



PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS



Limeira - SP



LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES



PREFEITURA MUNICIPAL DE LIMEIRA - SP

**ELABORAÇÃO DE ESTUDOS DE ATUALIZAÇÃO, REVISÃO E CONSOLIDAÇÃO DO
PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM
URBANA E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DO PLANO MUNICIPAL DE
SANEAMENTO BÁSICO**

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA.

2024

MARIO CELSO BOTION
PREFEITO DE LIMEIRA - SP



EMPRESA DE PLANEJAMENTO CONTRATADA



LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA.

CNPJ: 23.146.943/0001-22

Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210.

CEP 14.020-250 – Ribeirão Preto/SP

www.liderengenharia.eng.br



COORDENAÇÃO

Coordenador Geral

Robson Ricardo Resende

Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 99639-2

Coordenador de Arquitetura

Osmani Vicente Jr.

Arquiteto e Urbanista
CAU A23196-7

Coordenador de Engenharia Civil

Juliano Mauricio da Silva

Engenheiro Civil
CREA/PR 117165-D

EQUIPE TÉCNICA

Henrique Moraes Krüger

Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 122794-8

Guilherme Ribeiro Nogueira

Engenheiro Ambiental
CREA/SP 5070630877

Daniel Ferreira de Castro Furtado

Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 118987-6

Rafael Remoto Menezes

Engenheiro Ambiental
CREA/SP 5063887557

Carmen Cecília Marques Minardi

Economista
CORECON/SP 36677

Pedro Henrique Vicente

Engenheiro Civil
CREA/SP 5070395829

Paulo Guilherme Fuchs

Administrador
CRA/SC 21705

Mike Sam James Ferreira

Engenheiro Florestal
CREA/MG 142136158-2

Paula Evaristo dos Reis de Barros

Advogada
OAB/MG 107.935

Juliano Yamada Rovigati

Geólogo
CREA/PR 109.137/D

Carolina Bavia Ferrucio Bandolin

Assistente Social
CRESS/PR 10.952

Daniel Borges Couto

Engenheiro Civil
CREA/MG 280529



EQUIPE TÉCNICA DO MUNICÍPIO

Mário Celso Botion

Prefeito Municipal

Erika Christina Tank Moya

Vice Prefeita

Eng.º Dagoberto de Campos Guidi

Secretário de Obras e Serviços Públicos

Eng.º Tiago Bacarin Custódio

Diretor de Saneamento e Drenagem

Flávia Maiese Pizani Peruzza

Eng.^a Ambiental e de Segurança do Trabalho

Thaís Alice Quinalha

Tecnóloga em Edificações



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	26
ANÁLISE DE DADOS, ESTUDOS E PROJETOS EXISTENTES, CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E ESTUDO DEMOGRÁFICO	27
INTRODUÇÃO	28
1. IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM NATURAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	30
2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	31
3. PRINCÍPIOS DO PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	34
4. OBJETIVOS DO PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	35
5. ARCABOUÇO LEGAL.....	36
5.1. ÂMBITO FEDERAL	36
5.2. ÂMBITO ESTADUAL	38
5.3. ÂMBITO MUNICIPAL	39
6. CRITÉRIOS HIDROLÓGICOS	43
6.1. INTENSIDADE DA CHUVA	43
6.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO.....	43
6.3. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	44
6.4. DETERMINAÇÃO DA VAZÃO.....	45
6.4.1. Método Racional.....	45
6.4.2. Método Racional Modificado (I-PAI-WU).....	46
7. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	46
7.1. ÁREA DE ESTUDO	47
7.2. HORIZONTE DE PROJETO.....	52
7.3. ASPECTOS REGIONAIS, LOCALIZAÇÃO E ACESSO	52
7.4. HISTÓRICO.....	54
7.4.1. Formação Administrativa	55
7.5. ASPECTOS AMBIENTAIS	56
7.5.1. Clima	56
7.5.2. Temperatura	59



7.5.3.	Precipitação	60
7.5.4.	Umidade relativa	61
7.5.5.	Rede Hidrográfica	62
7.5.6.	Geologia.....	65
7.5.7.	Geomorfologia.....	67
7.5.8.	Solo.....	69
7.6.	ASPECTOS SOCIAIS	71
7.6.1.	Densidade demográfica	72
7.6.2.	Distribuição etária por gênero	73
7.6.3.	Índice de Desenvolvimento Humano – IDH	74
7.6.4.	Educação	75
7.6.5.	Saúde.....	77
7.7.	ECONOMIA.....	78
7.7.1.	Produto Interno Bruto (PIB).....	79
7.7.2.	Renda	80
7.7.3.	Vulnerabilidade social	81
8.	ESTUDO DEMOGRÁFICO	82
	DIAGNÓSTICO	87
	INTRODUÇÃO	88
9.	CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO... 90	
9.1.	ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	97
9.2.	ANÁLISE LINEAR.....	98
9.2.1.	Análise Areal	100
9.2.2.	Análise Hipsométrica	101
9.2.3.	Resultados da Análise Linear.....	101
10.	DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	108
10.1.	ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	109
10.1.1.	Uso e Ocupação do Solo Urbano.....	109
10.1.2.	Métodos para determinação da Vazão de Pico	122
10.2.	MICRODRENAGEM	130
10.3.	MACRODRENAGEM.....	136
10.4.	CADASTRO DE REDE	159
10.5.	PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DE MICRODRENAGEM	161



10.6.	ESTUDOS HIDRÁULICOS	164
10.6.1.	Modelagem Hidráulica	167
11.	ÁREAS DE RISCO E PONTOS CRÍTICOS	168
11.1.	PANORAMA DO ÚLTIMO PLANEJAMENTO	169
11.2.	PROBLEMÁTICA ATUAL	172
11.3.	SUSCEPTIBILIDADE A INUNDAÇÕES	184
12.	INDICADORES DE DRENAGEM.....	194
13.	ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA	199
13.1.	CADASTRO DE REDE.....	199
13.2.	MICRODRENAGEM.....	200
13.3.	MACRODRENAGEM.....	201
13.4.	LEGISLAÇÃO	202
13.5.	EDIFICAÇÕES EM ÁREAS DE RISCO.....	203
13.6.	ÁREA NECESSÁRIA PARA AMORTECIMENTO	204
14.	CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO	205
14.1.	CENÁRIO TENDENCIAL.....	206
14.2.	CENÁRIO DE REFERÊNCIA	207
14.3.	CENÁRIO ADVERSO.....	209
	PROGNÓSTICO	211
	INTRODUÇÃO	212
15.	HISTÓRICO DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL.....	214
16.	SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE DRENAGEM URBANA (SUDS)	219
16.1.	TRAMA VERDE-AZUL	223
17.	CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DAS MICROBACIAS URBANAS.....	227
18.	CAPACIDADE DE REÚSO	230
18.1.	TÉCNICAS DE REÚSO DE ÁGUA PLUVIAL	232
18.1.1.	Legislação Pertinente e padrões de qualidade de potabilidade e reúso.....	232
18.1.2.	Tipos de reúso.....	233
18.1.3.	Técnicas utilizadas para armazenamento e desinfecção de águas pluviais	234
18.1.4.	Armazenamento	237
18.1.5.	Desinfecção das águas pluviais coletadas	237
19.	TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS	238



20.	MEDIDAS ESTRUTURAIS	242
20.1.	DETENÇÃO E RETENÇÃO	245
20.2.	ÁREA DISPONÍVEL PARA INSTALAÇÃO OU AMPLIAÇÃO DOS DISPOSITIVOS	246
20.2.1.	Microbacia do Alto Ribeirão Tatu	247
20.2.2.	Microbacia do Córrego do Varga	251
20.2.3.	Microbacia Barroca Funda	252
20.2.4.	Microbacia do Médio Ribeirão Tatu.....	253
20.2.5.	Microbacia do Córrego Granufo	254
20.2.6.	Microbacia do Baixo Tatu.....	254
20.3.	INFILTRAÇÃO NA FONTE	260
20.4.	RECUPERAÇÃO DE MATAS CILIARES E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE.....	264
20.5.	PARQUES LINEARES	266
20.6.	EQUIPAMENTOS RETENTORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS	269
20.7.	DIQUES	273
20.8.	PÔLDERES.....	274
21.	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS	275
21.1.	REGULAMENTO DO USO DA TERRA	277
21.2.	CADASTRO DA REDE DE DRENAGEM.....	282
21.2.1.	Levantamento de campo para complementação dos cadastros	283
21.2.2.	Cartografia das bacias	284
21.2.3.	Serviços de topografia	284
21.2.4.	Metodologia.....	284
21.2.5.	Batimetria	285
21.2.6.	Critérios para o traçado da rede de drenagem.....	287
21.3.	CONTROLE NA FONTE	288
21.4.	EDUCAÇÃO AMBIENTAL E CONSCIENTIZAÇÃO PÚBLICA.....	289
21.4.1.	Programa de Atualização e Equalização do Conhecimento (PAEC)	292
21.4.2.	Programa de Especialização e Operacionalização	292
21.4.3.	Espaços Formais de Ensino.....	293
21.4.4.	Espaços Não Formais de Ensino	294
21.5.	AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA.....	295



21.5.1. Sistemas de alerta e previsão de inundações	295
21.6. REGULAMENTAÇÃO E LEGISLAÇÃO.....	302
21.7. TAXA DE DRENAGEM.....	303
22. MEDIDAS PARA CORRETO DESCARREGAMENTO NOS CORPOS D'ÁGUA	315
22.1. QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS	317
22.2. DISSIPADORES DE ENERGIA.....	333
22.2.1. Bacia de Dissipação	333
22.2.2. Dissipadores de Jato	336
22.2.3. Degraus	337
22.2.4. Rampas Dentadas.....	338
22.2.5. Bloco de Impacto.....	340
23. OBJETIVOS, METAS, PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES	342
23.1. OBJETIVO 1 - MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIA- MENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO.....	343
23.2. OBJETIVO 2 - IMPLEMENTAR MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA.	346
23.3. OBJETIVO 3 - IMPLEMENTAR MEDIDAS ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA.....	351
23.4. OBJETIVO 4 - CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)	355
23.5. OBJETIVO 5 - IMPLANTAÇÃO DA TAXA DE DRENAGEM	357
23.6. TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES.....	359
24. FONTES DE FINANCIAMENTO	361
24.1. RECURSOS ORDINÁRIOS.....	362
24.2. RECURSOS EXTRAORDINÁRIOS.....	363
24.2.1. Ação Orçamentária 10SG.....	363
24.2.2. Os programas de financiamento reembolsáveis.....	365
24.2.3. Programas de financiamento não reembolsáveis.....	367
25. MECANISMOS E PROCEDIMENTOS PARA A AVALIAÇÃO SISTEMÁTICA DA EFICIÊNCIA E EFICÁCIA DAS AÇÕES PROGRAMADAS	371
25.1. INDICADOR DE EXECUÇÃO DO PMMDUMAP	378



DIMENSIONAMENTO, ANÁLISE E SELEÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM	379
INTRODUÇÃO	380
26. SISTEMA DE DRENAGEM URBANA.....	381
26.1. DRENAGEM URBANA DE LIMEIRA	382
26.2. CADASTRO DA REDE DE DRENAGEM.....	383
27. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM	384
27.1. FATORES E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO	385
27.1.1. Fatores de dimensionamento.....	385
27.1.2. Critérios de dimensionamento.....	385
27.2. MICRODRENAGEM	386
27.2.1. Componentes.....	388
27.2.2. Dimensionamento	391
27.2.3. Dispositivos de controle de vazão.....	412
27.3. MACRODRENAGEM.....	414
27.3.1. Canais e galerias	415
27.3.2. Dispositivos de armazenamento	419
BIBLIOGRAFIA.....	427
ANEXOS.....	450
ANEXO 1 – MEMORIAL DE CÁLCULO DOS PROJETOS, PROGRAMAS E AÇÕES	451
1. OBJETIVO 1 - MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO	451
1.1. META 1, 4 E 6 - ATINGIR UM ÍNDICE DE CADASTRAMENTO DE 70%; ATINGIR E MANTER UM ÍNDICE DE CADASTRAMENTO DE 85% E ATINGIR E MANTER UM ÍNDICE DE CADASTRAMENTO DE 98%.....	451
1.2. META 3 - ELABORAR E ATUALIZAR A MODELAGEM HIDRÁULICA PARA OS DIFERENTES PONTOS DE INTERESSE E REDE DE MICRO E MACRODRENAGEM DO MUNICÍPIO.....	454
2. OBJETIVO 2 - IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	455



2.1.	META 1, ATIVIDADE 3 - REVISÃO DO PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCO	455
2.2.	META 4 - IMPLEMENTAR O SISTEMA DE ALERTA E PREVISÃO DE INUNDAÇÕES	455
2.2.1.	Atividade 1 - Aquisição de 11 sinalizadores luminosos	455
2.2.2.	Atividade 2 - Aquisição de 3 estações fluviométricas e pluviométricas automáticas	456
2.2.3.	Coleta e interpretação dos dados. Modelagem matemática para previsão do tempo e avaliação de alerta.....	456
2.3.	META 5 – ELABORAR O PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM DRENAGEM.....	457
2.3.1.	Atividade 1 - Programa de Atualização e Equalização do Conhecimento (PAEC)	457
2.3.2.	Atividade 2 – Programa de Especialização e Operacionalização.....	457
2.3.3.	Atividade 3 - Edição e publicação da cartilha de drenagem	458
3.	OBJETIVO 3 - IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA.....	459
3.1.	META 1 - ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS PARA ADEQUAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS 01, 03 E 05	459
3.2.	META 2 – REALIZAR O DESASSOREAMENTO E DRAGAGEM DO TRECHO DO RIBEIRÃO TATU A MONTANTE E A JUSANTE DO PONTO CRÍTICO 02.	459
3.3.	META 3 - RECUPERAR 25% DAS ÁREAS DE APP DE MARGEM DE RIO.	460
3.3.1.	Atividade 1 - Elaborar e executar Plano de Recuperação de Áreas Degradadas para as APPs das exutórias das microbacias do Médio Ribeirão Tatu e Granufo.....	460
3.3.2.	Atividade 2 - Elaboração de Plano de Recuperação de Área Degradada para a APP do Ribeirão Tatu no trecho da microbacia do Alto Ribeirão Tatu. ...	461
3.4.	META 4 - IMPLANTAR PROJETOS PILOTO DE DISPOSITIVOS RETENTORES DE SÓLIDOS NAS BOCAS COLETORAS	461



3.4.1.	Atividade 1 - Testar os dispositivos de retenção de sólidos nas bocas coletoras da Vila Queiroz, Jardim São Paulo, Jardim Santa Cecília, Jardim São Luiz, Jardim Glória, Vila Camargo e Vila Paulista	461
3.4.2.	Meta 5 - Elaboração de estudos e projetos para adequação e implantação dos dispositivos de microdrenagem em 25% dos bairros que ainda não dispõe de GAP.	462
3.5.	META 6 - IMPLEMENTAR 25% DOS DISPOSITIVOS DE AMORTECIMENTO NAS MICROBACIAS CRÍTICAS	462
3.5.1.	Atividade 1 - Implementação de 25% dos dispositivos de amortecimento na microbacia do Alto Ribeirão Tatu	462
3.6.	META 7 - RECUPERAR 50% DAS ÁREAS DE APP.....	463
3.6.1.	Atividade 1 - Execução de Plano de Recuperação de Área Degradada para a APP do Ribeirão Tatu no trecho da microbacia do Alto Ribeirão Tatu.....	463
3.7.	META 9 - IMPLEMENTAR 50% DOS DISPOSITIVOS DE AMORTECIMENTO NAS BACIAS CRÍTICAS	464
3.7.1.	Atividade 1 – Implementação de 25% dos dispositivos de amortecimento nas microbacias Barroca Funda e Varga.....	464
3.7.2.	Atividade 2 - Implementação de mais 25% dos dispositivos de amortecimento na microbacia Alto do Ribeirão Tatu	465
3.8.	META 10 - IMPLEMENTAR 90% DOS DISPOSITIVOS DE AMORTECIMENTO NAS BACIAS CRÍTICAS	466
3.8.1.	Atividade 1 - Implementação de mais 50% dos dispositivos de amortecimento na microbacia Alto do Ribeirão Tatu	466
3.9.	META 11 - RECUPERAR 75% DAS ÁREAS DE APP	466
3.9.1.	Atividade 1 – Elaborar e executar Plano de Recuperação de Áreas Degradadas para a APP do Ribeirão Tatu no trecho da microbacia do Médio Ribeirão Tatu.....	466
ANEXO 2 – ROTAS ALTERNATIVAS		476



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Divisão hidrográfica nacional.	48
Figura 2 – Regiões Hidrográficas de abrangência no Estado de São Paulo.....	50
Figura 3 – Mapa de distribuição de UGRHI do Estado de São Paulo.	51
Figura 4 – Mapa de localização e acesso do Município de Limeira.	53
Figura 5 – Mapa do Brasil de acordo com a classificação de Köppen-Geiger.	58
Figura 6 – Média de temperaturas no Município de Limeira.	60
Figura 7 – Média de precipitação no Município de Limeira.	61
Figura 8 – Umidade relativa do ar no Município de Limeira.	62
Figura 9 – UGRHIs do Estado de São Paulo.	63
Figura 10 – UGRHI 05 – CBH – PCJ.	64
Figura 11 – Mapa geológico do Município de Limeira.....	66
Figura 12 – Mapa geomorfológico do Município de Limeira.....	68
Figura 13 – Mapa pedológico do Município de Limeira.	70
Figura 14 – Densidade Demográfica do Município de Limeira.....	73
Figura 15 – Educação no Município de Limeira.	76
Figura 16 – Comparativo de fluxo escolar entre Limeira, o Estado de São Paulo e o Brasil.	77
Figura 17 – Projeções populacionais dos planos anteriores.	83
Figura 18 – Faixa de crescimento para os diferentes setores censitários de Limeira/SP.	86
Figura 19 – Mapa de Bacias Hidrográficas do Município de Limeira.....	91
Figura 20 – Mapa de microbacias com influência na área urbana.	96
Figura 21 – Mapa de uso e ocupação do solo de Limeira.....	112
Figura 22 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Córrego do Varga.	114
Figura 23 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Córrego Barroca Funda.....	115
Figura 24 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Alto Ribeirão Tatu.	116
Figura 25 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Córrego Vista Alegre.	118



Figura 26 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Baixo Ribeirão Tatu.	119
Figura 27 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Córrego do Granufo.	120
Figura 28 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Médio do Ribeirão Tatu.	121
Figura 29 – Curva I-D-F de Limeira.	125
Figura 30 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).	129
Figura 31 – Presença de resíduos nas bocas coletoras.	132
Figura 32 – Bacia de retenção do Parque das nações.	138
Figura 33 – Bacia de retenção do Parque das Nações.	141
Figura 34 – Piscinão do Tiro de Guerra.	142
Figura 35 – Exutórias das Microbacias do Alto Tatu e do Varga.	147
Figura 36 – Exutória da Microbacia Barroca Funda.	149
Figura 37 – Exutórias das Microbacias do Médio Tatu e Granufo.	152
Figura 38 – Exutória da Microbacia Vista Alegre.	155
Figura 39 – Exutória da Microbacia do Baixo Tatu e da Bacia do Ribeirão Tatu.	158
Figura 40 – Mapa de Limeira com a divisão das regiões.	164
Figura 41 – Ponto Crítico 01.	173
Figura 42 – Ponto Crítico 02.	176
Figura 43 – Ponto Crítico 03.	177
Figura 44 – Ponto Crítico 05.	180
Figura 45 – Mapa dos Pontos Críticos de drenagem.	183
Figura 46 – Mapa de Susceptibilidade da Microbacia do Baixo Tatu.	186
Figura 47 – Mapa de Susceptibilidade da Microbacia do Córrego Barroca Funda.	187
Figura 48 – Mapa de Susceptibilidade da Microbacia do Córrego do Varga.	188
Figura 49 – Mapa de Susceptibilidade da Microbacia do Córrego Vista Alegre.	189
Figura 50 – Mapa de Susceptibilidade da Microbacia do Córrego Granufo.	190
Figura 51 – Mapa de Susceptibilidade da Microbacia do Médio Tatu.	191
Figura 52 – Mapa de Susceptibilidade da Microbacia do Alto Tatu.	192
Figura 53 – Evolução das cidades quanto à gestão das águas urbanas.	218
Figura 54 – Objetivo dos SUDS.	220



Figura 55 – Exemplo de sistema de captação para reaproveitamento de águas pluviais	234
Figura 56 – Exemplo de equipamento para remoção de sólidos.....	235
Figura 57 – Condutores de água pluvial vertical e horizontal	236
Figura 58 – Técnicas compensatórias e suas segmentações.....	242
Figura 59 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem - Alto Tatu.....	250
Figura 60 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem – Varga.....	255
Figura 61 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem – Barroca Funda.....	256
Figura 62 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem – Médio Tatu.	257
Figura 63 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem – Granufo.	258
Figura 64 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem – Baixo Tatu.	259
Figura 65 – Diferentes dispositivos de retenção e infiltração na fonte.....	262
Figura 66 – Poço de infiltração, vala de infiltração, trincheira de infiltração e filtro gramado.....	263
Figura 67 – Áreas de Preservação Permanente - APPs	265
Figura 68 – Evolução das estruturas de retenção de resíduos sólidos	271
Figura 69 – SCS.....	272
Figura 70 – CDS.....	272
Figura 71 – Diques.....	273
Figura 72 – Exemplo ilustrado de Pôlder.	275
Figura 73 – Cartilha de Educação Ambiental em drenagem	290
Figura 74 – Estação fluviométrica automática.....	297
Figura 75 – Sinalização luminosa de atenção	298
Figura 76 – Ponto crítico 01 – Equipamentos, dispositivos e rotas alternativas	299
Figura 77 – Ponto crítico 02 – Equipamentos, dispositivos e rotas alternativas	300
Figura 78 – Ponto crítico 05 – Equipamentos, dispositivos e rotas alternativas	301



Figura 79 – Distribuição percentual de municípios com ou sem cobrança ou ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU.....	306
Figura 80 – Distribuição percentual dos tipos de mecanismos de cobrança ou ônus indireto.....	307
Figura 81 – Bacia USBR Tipo 1.....	334
Figura 82 – Bacia USBR Tipo 2.....	335
Figura 83 – Bacia de USBR tipo 3.....	335
Figura 84 – Bacia USBR Tipo 4.....	336
Figura 85 – Dissipador de jato.....	337
Figura 86 – Escada hidráulica.....	338
Figura 87 – Degrau vertical.....	338
Figura 88 – Rampa dentada.....	339
Figura 89 – Rampa dentada com dissipador de impacto associado.....	340
Figura 90 – Dissipador por bloco de impacto.....	341
Figura 91 – Diagrama simplificado do sistema de drenagem urbana.....	382
Figura 92 – Rede coletora.....	389
Figura 93 – Exemplo de localização da caixa de ligação.....	391
Figura 94 – Composição das seções de escoamento de uma sarjeta.....	392
Figura 95 – Fator de redução da capacidade teórica da sarjeta.....	393
Figura 96 – Tipos de bocas coletoras.....	394
Figura 97 – Modelo de boca coletora com grelha.....	397
Figura 98 – Representação da variação da altura da lâmina d'água em tubulações.....	401
Figura 99 – Diagrama de Forster e Skrinde para a determinação das variáveis y_3 e h	411
Figura 100 – Canal em concreto – Seção trapezoidal mista.....	416
Figura 101 – Canal escavado – Seção mista.....	416
Figura 102 – Canal em concreto – Seção retangular mista.....	417
Figura 103 – Reservatório <i>in-line</i> e <i>off-line</i>	425
Figura 104 – Orçamento para impressão da cartilha de drenagem.....	459
Figura 105 – Orçamento de empresa especializada.....	467
Figura 106 – Orçamento de empresa especializada.....	470
Figura 107 – Orçamento de empresa especializada.....	473



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de Coeficiente de <i>run off</i>	45
Tabela 2 – Dados climatológicos do Município de Limeira.....	61
Tabela 3 – Série histórica do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH.	74
Tabela 4 – IDH nos componentes nos censos de 2000 e 2010 para o Município de Limeira.	75
Tabela 5 – Serviços de saúde oferecidos no Município de Limeira.....	77
Tabela 6 – Classificação pela renda domiciliar <i>per capita</i> no Município de Limeira. .	80
Tabela 7 – Classificação com base no CadÚnico do Governo Federal no município.	80
Tabela 8 – Vulnerabilidade social do Município de Limeira.....	81
Tabela 9 – Projeção populacional do PDAE de 2022 (habitantes).....	84
Tabela 10 – Projeção populacional da SEADE (habitantes).	84
Tabela 11 – Grau de Urbanização previsto pela SEADE.	85
Tabela 12 – Dados extraídos das Microbacias.....	102
Tabela 13 – Área das classes de uso e ocupação do solo utilizadas.....	110
Tabela 14 – Intensidade de precipitação (mm/h) para diferentes Tr – Estação de Limeira.	124
Tabela 15 – Variação Coeficiente de <i>run off</i>	126
Tabela 16 – Valores do coeficiente de escoamento superficial direto.....	128
Tabela 17 – Coeficientes de deflúvio corrigidos para as microbacias urbanas.	128
Tabela 18 – Vazão de projeto pelo método I-PAI-WU – Estação de Limeira.	130
Tabela 19 – Cronograma de serviços preventivos de limpeza de bocas coletoras de águas pluviais.....	163
Tabela 20 – Série histórica dos indicadores SNIS.	196
Tabela 21 – Área necessária para dispositivos de amortecimento nas microbacias estudadas.....	204
Tabela 22 – Coeficiente volumétrico de escoamento e capacidade de infiltração para as diferentes microbacias estudadas.	229
Tabela 23 – Totais dos programas, projetos e ações.....	360
Tabela 24 – Espaçamento dos poços de visita.	398
Tabela 25 – Peso específico para diferentes tipos de solo.	404



Tabela 26 – Cargas móveis para trem tipo 45 (450 kN/m).	405
Tabela 27 – Parâmetros da equação proposta para a determinação das cargas da Tabela 26.....	405
Tabela 28 – Fator de equivalência para embasamento de tubulações.....	406
Tabela 29 – Carga mínima sobre tubulações de concreto para a formação de trincas.	407
Tabela 30 – Parâmetros para a determinação do tipo de bacia de amortecimento.	409
Tabela 31 - Resultados dos custos das metas 1, 4 e 6 do objetivo 1.	453



LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estágios do desenvolvimento sustentável urbano nos países desenvolvidos.	33
Quadro 2 – Legislação municipal aplicável à drenagem urbana.	39
Quadro 3 – Características das Regiões Hidrográficas.....	48
Quadro 4 – Segmentos de canais por ordem de hierarquia fluvial.....	97
Quadro 5 – Áreas de Risco identificadas no Plano anterior.	170
Quadro 6 – Áreas e Setores de Risco identificados no Plano anterior.....	171
Quadro 7 – Fatores Contribuintes para Enchentes e Inundações.....	184
Quadro 8 – Fases da trajetória da drenagem urbana e suas principais características no Brasil	216
Quadro 9 – Importância relativa de restrições à implantação e à operação das técnicas.	243
Quadro 10 – Possibilidades de uso das técnicas.....	244
Quadro 11 – Categorias de medidas não estruturais.	276
Quadro 12 – Principais tipos de poluentes urbanos, suas fontes e impactos produzidos.	316
Quadro 13 – Parâmetros gerais de qualidade.....	322
Quadro 14 – Principais nutrientes encontrados em corpos hídricos.	325
Quadro 15 – Matéria orgânica presente em corpos hídricos.....	326
Quadro 16 – Principais variáveis inorgânicas encontradas em corpos hídricos.....	327
Quadro 17 – Principais metais encontrados em corpos hídricos.....	330
Quadro 18 – Principais compostos orgânicos encontrados em corpos hídricos.	332
Quadro 19 – Síntese do Objetivo 1.	345
Quadro 20 – Síntese do Objetivo 2.	349
Quadro 21 – Síntese do objetivo 3.	353
Quadro 22 – Síntese do objetivo 4.	356
Quadro 23 – Síntese do Objetivo 5.	358
Quadro 24 – Acompanhamento do Plano	374
Quadro 25 – Exemplo de preenchimento do quadro de Acompanhamento.....	377
Quadro 26 – Determinação da metodologia aplicada às estruturas de controle de fundo	412



Quadro 27 – Determinação da metodologia aplicada às estruturas de controle de superfície.	413
Quadro 28 – Classificação dos dispositivos de armazenamento ou retenção.	419



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Histórico Produto Interno Bruto do Município de Limeira (R\$ x 1.000). ..79	
Gráfico 2 – Vazão de projeto pelo método I-PAI-WU – Estação de Limeira. 130	
Gráfico 3 – Totais dos programas, projetos e ações por prazo de execução..... 360	



LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Área da Bacia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
APP	Área de Preservação Permanente
Aw	Clima tropical, com inverno seco
APRM	Área de Preservação e Recuperação de Mananciais
ARA	Articulação Regional Amazônica
BB	Banco do Brasil
BDiA	Banco de Dados e Informações Ambientais
BID	Banco Internacional de Desenvolvimento
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
C	Coeficiente de <i>run off</i> ou Coeficiente de Deflúvio
CA	Coeficiente de Aproveitamento
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CDS	<i>Continuous Deflective Separation</i>
CF	Constituição Federal
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CadÚnico	Cadastro Único
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Cui	Custo Unitário das Áreas Impermeáveis
DAEE	Departamento de Água e Energia Elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
Dd	Densidade de Drenagem
DGPS	<i>Differential Global Positioning System</i>
DH	Densidade Hidrográfica
DHN	Divisão Hidrográfica Nacional
DMAPU	Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Eps	Extensão do percurso superficial
ETM	Equipe Técnica Municipal
FDD	Fundo de Direito Difuso
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FNCA	Fundo Nacional de Compensação Ambiental
FNMA	Fundo Nacional do Meio Ambiente
FPM	Fundo de Participação do Municípios



Fr	Número de Froude
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FunBEA	Fundo Brasileiro de Educação Ambiental
GAP	Galerias de Águas Pluviais
Gcp	Gradiente do canal principal
GNSS	<i>Global Navigation Satellite Systems</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
Hb	Altura da bacia
Hcp	Altura do canal principal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
I - D - F	Intensidade – Duração – Frequência
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
I – PAI - WU	Método Racional Modificado
IPTU	Imposto Predial Territorial Urbano
ISSQN	Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza
ITBI	Imposto sobre a Transmissão Onerosa de Bens Imóveis
ITR	Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural
IVS	Índice de Vulnerabilidade Social
K	Coefficiente de Distribuição Espacial da Chuva
Kc	Coefficiente de Compacidade da Bacia
Lb	Comprimento da Bacia
Lcp	Comprimento do Canal Principal
LVd	Latossolo Vermelho Distrófico
LVwf	Latossolo Vermelho Acriférico
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
NA	Nível da Água
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OD	Oxigênio Dissolvido
P	Perímetro da Bacia
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PAEC	Programa de Atualização e Equalização do Conhecimento
PCJ	Piracicaba, Capivari e Jundiá
PDAE	Plano Diretor de Água e Esgoto
PDTA	Plano Diretor Territorial - Ambiental
PEAD	Programa de Educação Ambiental em Drenagem



PEO	Programa de Especialização e Operacionalização
PESB/SP	Plano Estadual de Saneamento Básico de São Paulo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PLANCON	Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil de Limeira
PMMDUMAP	Plano de Microdrenagem, Macrodrenagem e de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais
PMRH	Plano Municipal de Recursos Hídricos
PMRR	Plano Municipal de Redução de Riscos
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPA	Plano Plurianual
PPD	Programa de Parcelamento de Débitos
PVAd	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico
PVC	Policloreto de Vinila
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SCS	<i>Stormwater Cleaning Systems</i>
SEADE	Sistema Estadual de Análise de Dados
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SGB	Serviço Geológico do Brasil
SGM	Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIMA	Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente
SindusCon	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SP	Estado de São Paulo
SUDS	<i>Sustainable Urban Drainage Systems</i>
SUS	Sistema Único de Saúde
TAC	Termo de Ajuste de Conduta
TC	Tempo de Concentração
Tr	Tempo de Retorno
TVA	Trama Verde-Azul
UBS	Unidades Básicas de Saúde
UGHRI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UPA	Unidade de Pronto Atendimento



USBR	<i>Unites State Bureau of Reclamation</i>
ZIE	Zona de Intervenção Estratégica
ZPM	Zona de Proteção aos Mananciais
ZUE	Zonas de Urbanização Específica



APRESENTAÇÃO

Este produto consiste na revisão e consolidação do Plano de Microdrenagem, Macro-drenagem e de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais do Plano de Saneamento Básico do Município de Limeira, SP.

O Plano de Microdrenagem, Macro-drenagem e de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais é um dos componentes de planejamento urbano, sendo, portanto, de interesse público de caráter municipal. Cabe ressaltar que o Plano é elaborado através das diretrizes estabelecidas pela Política Nacional do Saneamento Básico – Lei Federal 11.445/2007 e, principalmente, pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico, Lei 14.026 de 15 de julho de 2020 que modifica e atualiza a lei anterior, assim como para atender as demandas da municipalidade.

O Plano tem como princípio também orientar as ações do Poder Público na elaboração de projetos e na execução de obras de drenagem, bem como na promoção de ações preventivas e corretivas sobre as causas e os efeitos dos processos e possíveis problemas advindos do escoamento das águas pluviais, visando proteger a população e as atividades econômicas sediadas na área urbana do município.

Desta forma, apresenta-se a seguir a caracterização municipal, os critérios e parâmetros para elaboração dos estudos para o presente plano, a análise dos principais planos, leis e decretos, o diagnóstico e prognóstico, assim como o dimensionamento e a análise da configuração do sistema, todos relacionados à drenagem urbana do Município de Limeira, SP, visando assim, ações para a melhoria da qualidade de vida para a população do município.



ANÁLISE DE DADOS, ESTUDOS E PROJETOS EXISTENTES, CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E ESTUDO DEMOGRÁFICO



INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado, somado à falta de planos de expansão e urbanização adequados, são causas de alterações significativas no comportamento das águas nos sistemas das bacias hidrográficas. Estas alterações acarretam em impactos negativos como aumento na frequência e no nível das inundações, alteração na qualidade da água e intensificação de processos erosivos. O planejamento urbano que negligencia ou menospreza um rígido controle do uso e ocupação do solo, a instalação de sistemas de drenagem condizentes com as características da bacia e do regime pluviométrico e que dá mais valor às ações estruturais ao invés de estruturantes, tende a trazer problemas no que diz respeito à qualidade de vida da população local.

Com relação à drenagem urbana, pode-se dizer que existem duas ações comuns que são fontes de danos socioambientais (PMPA, 2005):

- Os projetos de drenagem urbana tinham, a princípio, como objetivo escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério aumenta em várias ordens de magnitude a vazão máxima, a frequência e o nível de inundação de jusante;
- As áreas ribeirinhas, que o rio utiliza durante os períodos chuvosos como zona de passagem da inundação, têm sido ocupadas com construções e aterros, reduzindo a capacidade de escoamento. A ocupação destas áreas resulta em prejuízos evidentes quando o rio inunda seu leito maior.

O sistema de drenagem urbana deve ser considerado como composto por dois sistemas distintos, que necessitam ser planejados e projetados sob critérios diferenciados: o sistema inicial de drenagem, ou Microdrenagem, composto pelos pavimentos das ruas, guias, sarjetas, bocas coletoras, rede de galerias de águas pluviais e, também, canais de pequenas dimensões, dimensionado para o escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno; e o Sistema de Macrodrenagem, constituído, em geral, por canais (abertos ou de contorno fechado) de maiores dimensões, projetados para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. (PMSP, 1999).

Além desses dois sistemas tradicionais, cada vez mais, difunde-se o uso de medidas sustentáveis, que buscam o controle do escoamento na fonte através da



infiltração ou retenção no próprio lote, das águas pluviais coletadas, de modo a manter as condições naturais pré-existent de vazão para um risco definido.



1. IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM NATURAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Em um ecossistema natural, sem o processo de urbanização e livre de ações antrópicas, o ciclo hidrológico ocorre de maneira equilibrada e harmoniosa, em que cada elemento da bacia hidrográfica desempenha sua função específica. Por exemplo, as florestas reduzem o escoamento da chuva nas encostas, enquanto as matas ciliares e zonas ripárias protegem as margens dos rios contra processos erosivos e assoreamentos. O ambiente natural favorece o processo de infiltração, que reduz o escoamento superficial e garante a manutenção das vazões de base dos cursos d'água. Assim, estabelece-se uma conexão intrínseca entre a qualidade e a quantidade de água disponível em uma bacia hidrográfica, que é determinada pelo equilíbrio entre os escoamentos superficiais, subsuperficiais e subterrâneos (MIGUEZ et al., 2016).

Durante o processo de urbanização, de maneira geral, a etapa inicial envolve frequentemente a supressão de cobertura vegetal, resultando em uma série de efeitos adversos que desequilibram o ciclo hidrológico. Além da diminuição da umidade atmosférica decorrente da redução da evapotranspiração, a remoção da vegetação expõe o solo a processos erosivos. O solo desprovido de cobertura enfrenta uma maior compactação durante os períodos de chuva, ocasionando uma redução em sua capacidade natural de absorção, o que é agravado pela ausência dos "canais" de infiltração anteriormente estabelecidos por meio dos sistemas radiculares das plantas (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).

Assim, as modificações topográficas resultantes das terraplenagens eliminam as áreas naturais de retenção de água. A movimentação de terra altera as características do solo, tornando-o mais suscetível ao carreamento de sedimentos. Isso, por sua vez, causa o assoreamento dos canais naturais de drenagem. Além disso, a impermeabilização do solo causada pela implantação de vias e edificações contribui para a perda da capacidade de infiltração e retenção de água no solo (MIGUEZ et al., 2016).

Como consequência dessas alterações, observa-se um aumento significativo do escoamento superficial. Devido às mudanças significativas no ciclo hidrológico urbano, torna-se necessário implementar sistemas artificiais de drenagem que possam lidar de forma eficiente com o aumento do volume de água escoado. No entanto, ao focar exclusivamente na rápida gestão do pico de vazão, o processo de infiltração é prejudicado, resultando em uma redução significativa da vazão de base. Isso tem um



impacto direto na quantidade de água que normalmente flui pelo curso d'água ao longo do ano, acarretando perdas em todo o ecossistema fluvial (MIGUEZ et al., 2016). A vulnerabilidade das áreas urbanas em relação à ocorrência de chuvas intensas ou cheias fluviais está principalmente relacionada a:

- Assoreamento de rios, canais e valas;
- Ausência de galerias pluviais;
- Lançamento indevido de resíduos sólidos nos sistemas de drenagem;
- Subdimensionamento dos sistemas e dispositivos de drenagem;
- Condição topográfica e geológica da superfície;
- Ocupação desordenada de margens dos cursos d'água.

A urbanização desordenada pode agravar os problemas relacionados às enchentes dos rios, pelo significativo aumento da vazão de pico que se acumula nos canais dos cursos d'águas, que acabam transbordando e, assim, tornando-se inundações podendo causar inúmeros danos ao ambiente urbano construído. Além disso, existe o potencial impacto na saúde daqueles expostos às águas pluviais, especialmente devido às deficiências nos sistemas de coleta de esgoto e gerenciamento de resíduos sólidos durante tais eventos (SÃO PAULO, 2012; SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).

Resumidamente, a cidade se torna vulnerável e exposta a riscos e prejuízos decorrentes do seu próprio modelo de desenvolvimento urbano, sendo agravados pelos processos acelerados, desorganizados e pela falta de investimentos típicos da urbanização em países em desenvolvimento, como o Brasil (MIGUEZ et al., 2016).

2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

No final do século XIX e parte do século XX, a gestão da água nas áreas urbanas se restringia ao abastecimento, distribuição da água à população e remoção dos efluentes para um local distante, descartando-os na natureza sem qualquer tipo de tratamento. Esse período pode ser denominado como higienista, devido à preocupação dos especialistas em saúde pública em evitar a disseminação de enfermidades e reduzir as doenças transmitidas pela água, afastando-as das pessoas. Nesse



intervalo, a solução sempre foi coletar a água a montante e descartar o esgoto a jusante. As águas pluviais eram planejadas para escoar pelas vias até os rios (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021 MIGUEZ et al., 2016).

Esse panorama era aceitável quando as cidades possuíam até 20 mil habitantes e se encontravam afastadas umas das outras, de modo a evitar a contaminação de uma cidade pela outra. As metrópoles expandiram-se, aproximaram-se umas das outras pelo processo de conurbação, e a abordagem de desenvolvimento continuou na fase higienista, resultando no que é conhecido como ciclo de contaminação, em que a cidade anteriormente localizada a montante contamina a cidade subsequente a jusante, que por sua vez deverá poluir a cidade seguinte (BRASIL, 2011).

A percepção da inevitável crise ambiental e dos danos causados ao meio ambiente pela sociedade fez com que os governos e órgãos regulamentadores estabelecessem regras e diretrizes para a geração de resíduos, efluentes e emissões atmosféricas, obrigando as organizações e aglomerados urbanos a controlarem seus impactos. Contudo, a abordagem reativa de fim-de-tubo, *End-of-pipe* em inglês, não se mostrou eficaz em termos de viabilidade e competitividade, já que representa custos com equipamentos e medidas de controle no fim do processo produtivo ou com tratamento e disposição de resíduos. O meio ambiente era visto, então, como um empecilho ao desenvolvimento econômico (SENAI, 2003; ARAUJO, 2002, *apud* NOGUEIRA, 2017). De mesma forma, os gestores municipais preferiram investir em outras áreas que não o saneamento básico, vistas como prioritárias à época, sem perceber que a negligência ao tratamento correto das questões sanitárias acabava por onerar e sobrecarregar os demais sistemas das cidades, principalmente os serviços de saúde pública.

As nações desenvolvidas progrediram da fase higienista para a fase corretiva, implementando o tratamento de esgoto residencial e controlando as inundações urbanas por meio de medidas de retenção (amortecimento). O sistema de esgotamento sanitário foi amplamente implantado, resultando em uma melhoria do ambiente urbano, embora ainda não tenha recuperado completamente sua condição natural. Observou-se que, além do esgoto sanitário, havia também a carga do despejo pluvial e a necessidade de um manejo adequado dos resíduos sólidos, uma vez que esses processos são fortemente interligados, pois os resíduos não gerenciados acabam entrando no sistema de drenagem e interferindo no mesmo. (BRASIL, 2011).

O Quadro 1 apresenta os estágios de desenvolvimento sustentável urbano nos países desenvolvidos.

Quadro 1 – Estágios do desenvolvimento sustentável urbano nos países desenvolvidos.

Intervalo	Abordagem	Descrição
Até 1970	Higienista	Foco no abastecimento de água. Não havia tratamento de esgoto, apenas transferência para jusante do escoamento pluvial por canalização.
1970 - 1990	Corretiva	Tratamento de esgoto, amortecimento quantitativo da drenagem e controle do impacto existente da qualidade da água pluvial. Envolve principalmente a atuação sobre os impactos.
1990 – Atualidade	Sustentável	Planejamento da ocupação do espaço urbano, obedecendo aos mecanismos naturais de escoamento; Controle dos micros poluentes, da poluição difusa e o desenvolvimento sustentável do escoamento pluvial através da recuperação da infiltração.

Fonte: BRASIL, 2011. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O impacto proveniente da situação supracitada requer investimentos substanciais para seu controle, pois está distribuído e disseminado pela cidade, configurando um tipo de poluição difusa. Na busca por soluções, percebeu-se que não era suficiente lidar com o problema apenas no "fim do tubo" (*End-of-pipe* na terminologia internacional), depois que este já ocorreu e está nos canais, mas também era necessário trabalhar preventivamente na origem do desenvolvimento urbano e na gestão dos efluentes. Para procurar uma solução ecologicamente viável, é essencial o manejo integrado da infraestrutura urbana, começando pela determinação da ocupação do território com o favorecimento de suas funções naturais, sempre que possível, como a permeabilidade do solo e o sistema natural de escoamento (BRASIL, 2011).

A concepção de planejar a urbanização de certa região tendo em vista a dinâmica hidrológica, surge da compreensão de que existem desafios a serem enfrentados. Atualmente, há uma convicção, embasada principalmente em experiências internacionais e algumas nacionais, de que a metodologia mais sensata, eficiente e sustentável para lidar com as questões da drenagem urbana é por meio de uma abordagem ampla e integrada no tempo e no espaço. A implementação prática dessa abordagem ocorre por meio dos Planos de Manejo de Águas Pluviais Urbanas (BRASIL, 2011).

Um Plano de Gestão de Águas Pluviais é um documento técnico prospectivo, com o objetivo de orientar as ações e o processo de tomada de decisão relacionados



aos problemas de enchentes em uma bacia hidrográfica, buscando soluções tanto para as áreas já urbanizadas como para aquelas que ainda serão ocupadas. Nesse sentido, é fundamental que o Plano seja embasado em informações adequadas e confiáveis, além de empregar as melhores tecnologias disponíveis, a fim de enfrentar efetivamente os desafios que se apresentam (SÃO PAULO, 2012).

Este estudo tem como objetivo consolidar as práticas mais eficientes, tanto anteriores quanto atuais, estruturantes e estruturais, na implementação de técnicas de controle de enchentes, como uma medida para aumentar a segurança contra eventos hidrológicos extremos e promover a melhoria da qualidade de vida da sociedade e do meio ambiente que a sustenta.

3. PRINCÍPIOS DO PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), antigo Ministério das Cidades, estabelece diretrizes para a gestão sustentável das águas pluviais e recomenda que os municípios elaborem um Plano de Manejo de Águas Pluviais como uma ferramenta de planejamento para implementar soluções de baixo impacto e de forma eficaz (BRASIL, 2011).

Preconiza-se que o desenvolvimento de um Plano sustentável englobe um escopo mais abrangente e adequado para o planejamento urbano, em comparação com a simples adoção de princípios que priorizam soluções como armazenamento temporário e infiltração das águas pluviais. O desenvolvimento urbano sustentável deve ser fundamentado nos princípios da abordagem interdisciplinar e do planejamento integrado da drenagem em conjunto com os demais sistemas de infraestrutura urbana (BRASIL, 2011).

Em consonância com o disposto pelo MDR e as diretrizes do novo paradigma sustentável da drenagem urbana, os princípios adotados para o Plano de Microdrenagem, Macrodrenagem e de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais (PMMDU-MAP) de Limeira são os que seguem:



- Priorização de medidas não estruturais para a manutenção das características naturais de drenagem das bacias e, apenas quando inevitável, medidas estruturais para correção de problemas pontuais;
- Evitar o aumento do escoamento superficial devido à ocupação da bacia e a mudança da cobertura e uso do solo, por meio da adoção de medidas de controle em cada empreendimento urbano para que a cheia natural não se intensifique;
- Integração com os demais eixos e sistemas de saneamento básico municipal, adotando medidas de controle do carreamento de sedimentos e resíduos sólidos, bem como a redução da carga poluidora das águas pluviais direcionadas para os canais de Macro drenagem;
- Visão holística no diagnóstico dos problemas de inundação e abordagem interdisciplinar nas propostas para sua solução;
- Ordenar a ocupação do território municipal através do correto direcionamento das áreas de expansão da malha urbana e da densidade das áreas já ocupadas;
- Adoção de medidas que utilizem a bacia hidrográfica como unidade básica de gestão, evitando que os problemas decorrentes da urbanização sejam transferidos para jusante;
- Compor o planejamento de desenvolvimento da cidade como um componente da infraestrutura urbana integrado aos outros sistemas.

4. OBJETIVOS DO PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Partindo dos princípios supracitados, o presente Plano tem como objetivos gerais:

- Planejar a distribuição temporal e espacial da água pluvial com base nas tendências de expansão da ocupação urbana do território municipal;
- Garantir a correta ocupação ou restrição das áreas de risco de inundação por meio de regramentos dentro do arcabouço legislativo municipal;
- Reduzir os prejuízos tangíveis e intangíveis oriundos das inundações;
- Garantir o manejo sustentável das águas pluviais e da rede hídrica do município por meio de mecanismos de gestão e planejamento urbano;



- Melhorar as condições sanitárias do meio ambiente urbano e consequentemente da população residente, dentro das premissas da sustentabilidade econômica, financeira e social;
- Planejar os investimentos necessários para a implementação do Plano, inclusive com a hierarquização dos investimentos e ações prioritárias;
- Manter e incrementar programa de limpeza e manutenção permanente do sistema de galerias da cidade;

5. ARCABOUÇO LEGAL

De acordo com o art. 5º, inciso II, da Constituição Federal (CF), “ninguém será obrigado a fazer ou deixar de fazer alguma coisa senão em virtude de lei”. A interpretação do dispositivo revela um princípio amplo e conceitual, a partir do qual inferimos que apenas a legislação tem o poder de estabelecer direitos, obrigações e restrições, sendo os indivíduos sujeitos aos comandos legais que regulam suas atividades.

Partindo do pressuposto que se deve realizar exatamente o que a legislação prevê em seus ordenamentos, faz-se essencial a correta identificação das leis relacionadas a qualquer assunto a ser discutido, antes mesmo de sua abordagem técnica.

Assim sendo, serão retratados neste capítulo os dispositivos jurídicos federais, estaduais e municipais (leis, normas e regulamentos) relacionados à gestão das águas pluviais, embasando juridicamente o planejamento das ações a serem propostas para a implementação do plano de drenagem.

5.1. ÂMBITO FEDERAL

A Constituição é a lei mais importante de um país pois sintetiza os direitos e deveres fundamentais da nação que a criou. Dela derivam todas as outras leis, normativas e regulamentações, as quais, necessariamente, devem seguir as diretrizes por ela estabelecidas. A Constituição Federal (CF) de 1988 ficou conhecida como a "Constituição Cidadã", pois marca a conquista da democracia entre todos os cidadãos do país, após anos sob um regime de ditadura militar (ROCHA, 2008).

A CF brasileira, em seu art. 255, enuncia:



Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988)

A Carta Magna de 1988 estabelece o Poder Público Municipal como responsável pela formulação da política urbana. Conforme previsto no Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001), a política urbana tem como objetivo regularizar o uso da propriedade urbana, estabelecendo diretrizes para a ordenação e controle do uso do solo, com a finalidade de proteger a população contra riscos de desastres e evitar a utilização excessiva ou inadequada da infraestrutura urbana.

Conforme estabelecido no artigo 8º da Lei Federal nº 11.445/2007, que trata da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), modificado pela Lei nº 14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento Básico, os municípios são responsáveis pelos serviços públicos de saneamento e, de acordo com o artigo 9º, devem formular a Política Pública de Saneamento e elaborar o Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB (BRASIL, 2020).

A mesma legislação define o eixo de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas como o conjunto das atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, incluídas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes do sistema (BRASIL, 2020).

Fica evidente, portanto, a obrigatoriedade e a necessidade legal da elaboração do presente documento, o qual seguirá o preconizado no artigo 19 da Lei Federal nº 11.445/2007, contendo, no mínimo:

- I - Diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;
- II - Objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais;
- III - Programas, projetos e ações necessários para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;



IV - Ações para emergências e contingências;

V - Mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.

5.2. ÂMBITO ESTADUAL

Na esfera estadual temos como principal regramento relacionado ao presente trabalho a Política Estadual de Saneamento, Lei Nº 7.750, de 31 de março de 1992, que estabelece as diretrizes e o conteúdo mínimo para o Plano Estadual de Saneamento, o qual contém as metas para o Estado, direcionando assim as metas para os municípios. A Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), contratou a consultoria especializada Maubertec Tecnologia em Engenharia Ltda., em 25/06/2021, com apoio financeiro do Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO, para elaboração do 1º Plano Estadual de Saneamento Básico de São Paulo – PESB/SP, o qual teve seu quinto relatório aprovado em fevereiro de 2023 e está com o sexto, e último, em fase de elaboração.

Especificamente para o eixo da drenagem, cita-se a Lei nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007, popularmente conhecida como “Lei das Piscininhas”, na qual se estabelecem normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais em todo território estadual.

Ainda, temos os Planos de Bacias Hidrográficas, elaborados e publicados pelos Comitês de Bacias Hidrográficas de suas respectivas Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs). O Município de Limeira pertence à dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, conhecida como UGRHI – PCJ.

O Plano de Recursos Hídricos das Bacias PCJ 2020 a 2035, aprovado por meio da Deliberação dos Comitês nº 332/20, consolida informações sobre a situação das Bacias (Diagnóstico), estudos de tendências e possibilidades para o futuro dos recursos hídricos da região (Prognóstico), simulações de cenários futuros de qualidade e quantidade dos recursos hídricos e um Plano de Ações robusto com a definição de metas intermediárias a serem alcançadas pelos municípios da região, até 2035, visando a sustentabilidade hídrica das Bacias PCJ.



5.3. ÂMBITO MUNICIPAL

As bases para a prestação dos serviços de saneamento no Município de Limeira são preconizadas pela Lei Complementar n.º 895, de 04 de março de 2022, a qual estabelece a Política Municipal de Saneamento Básico e institui o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), englobando, entre outras providências, o eixo da drenagem urbana e manejo das águas pluviais. Insta salientar que o volume que contém o referido eixo, dentro do PMSB, ainda é o de 2013/2014, o qual será atualizado por meio dos trabalhos desenvolvidos na presente contratação.

O Município de Limeira instituiu, através da Lei nº 3.877, de 28 de dezembro de 2004, e suas alterações, a Política Municipal e o Sistema Municipal de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, além de outras disposições e definições, estabelecendo a área mínima vegetada de acordo com o tamanho do lote urbano a ser preservada após ocupação, com o objetivo de manter as condições de absorção de parte das águas pluviais.

Após a breve descrição dos mais importantes dispositivos legais acima, o Quadro 2 mostra a legislação municipal que formará o arcabouço legal para o desenvolvimento dos estudos e proposições do presente Plano.

Quadro 2 – Legislação municipal aplicável à drenagem urbana.

Legislação	Descrição
Lei Complementar nº 222 de 15 de dezembro de 1999	Dispõe sobre a Política Municipal de Recursos Hídricos, diretrizes e normas para a preservação, proteção e recuperação da Zona de Proteção aos Mananciais - ZPM e dá outras providências.
Lei nº 3.877, de 28 de dezembro de 2004	Institui a Política Municipal de Recursos Hídricos, estabelece normas e diretrizes para recuperação, preservação e conservação dos recursos hídricos, cria o Sistema Municipal de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e dá outras providências
Lei Complementar nº 442 de 12 de janeiro de 2.009	Dispõe sobre o Plano Diretor Territorial- Ambiental do Município de Limeira e dá outras providências.
Lei nº 5.979, de 07 de março de 2018	Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de critérios de acessibilidade nos projetos de drenagem urbana.



Legislação	Descrição
Lei nº 6.445, de 16 de setembro de 2020	Dispõe sobre a responsabilidade de instalação de sistema de captação, armazenamento e utilização de águas pluviais e de energia solar em prédios públicos no âmbito do Município de Limeira e dá outras providências.
Lei Complementar nº 895, de 04 de março de 2022.	Estabelece a Política Municipal de Saneamento Básico e Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico, e dá outras providências.

Fonte: Limeira, 2023; adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Além da legislação exposta acima, também serão considerados no desenvolvimento deste Plano, as informações contidas nos estudos sobre a drenagem urbana de Limeira nos trabalhos listados abaixo:

- **Plano Diretor Territorial – Ambiental (PDTA) (2019)**

O principal objetivo do Plano Diretor Territorial – Ambiental (PDTA) é regular os processos de desenvolvimento urbano, orientar seus programas e projetos e condicionar as ações dos agentes públicos e privados na totalidade do território Municipal. Este plano também determina os critérios que irão permitir a ocupação do território e visa a compatibilização das atividades com o meio físico através da conservação do solo, estabilização de encostas, controle de erosão e do assoreamento do sistema de drenagem durante a implantação do empreendimento.

O PDTA do Município de Limeira dispõe sobre as Zonas de Intervenção Estratégicas (ZIE), que se caracterizam como grandes áreas localizadas estrategicamente em regiões do município, como Vale do Tatu e demais vales, regiões ou imóveis a serem recuperados ou ocupados. Dentre elas figura a ZIE – 1: “áreas destinadas à constituição de parques públicos e lagoas de contenção e detenção e demais dispositivos de Macrodrenagem urbana” (LIMEIRA, 2019).

Sobre os objetivos gerais e diretrizes da infraestrutura, são referidos no PDTA a pavimentação das vias públicas, o sistema de drenagem de águas pluviais, o sistema de abastecimento de água, o sistema de coleta e tratamento de esgoto, a rede de distribuição de energia elétrica e iluminação pública, rede de distribuição de gás e rede de telecomunicações. O mesmo determina como ações para a pavimentação e drenagem superficial:



- a) A revisão do Plano Diretor de Macrodrenagem e elaboração do Plano de Microdrenagem para eliminar os pontos críticos de inundação e planejar as áreas a serem urbanizadas, considerando estudo hidrológico e inventário de áreas de contenção;
- b) Utilização das ZIEs total ou parcialmente para implantação de bacias de contenção ou detenção e demais dispositivos de drenagem;
- c) Tempo de recorrência de 100 anos para Macrodrenagem urbana e demais requisitos legais e das normas pertinentes;
- d) Tempo de recorrência de 10 anos para Microdrenagem urbana.

Outras diretrizes determinadas pelo PDTA são:

- I. Manter e incrementar programa de limpeza e manutenção permanente do sistema de galerias da cidade;
- II. Analisar e emitir parecer para propostas alternativas de micro drenagem urbana e rural, conforme normas pertinentes;
- III. Integrar o Plano Diretor de Saneamento, juntamente com estudos e propostas para os sistemas de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos e resíduos sólidos.

- **Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) (2012)**

Pretende orientar as ações de gerenciamento de risco por parte da administração municipal, sobretudo no que diz respeito ao convívio com os riscos identificados e procedimentos a serem adotados durante eventos de crise, provocados por chuvas intensas.

- **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)**

Visa atender o artigo 19 da Lei Federal nº 11.445/2007 (atualizada pela Lei Federal 14.026/2020) que orienta sobre o conteúdo mínimo dos planos de serviços públicos de saneamento básico. Neste plano é descrito o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais das áreas que compõem o Saneamento Básico



Municipal, que são: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza pública urbana e manejo dos resíduos sólidos, drenagem urbana e manejo das águas pluviais.

O PMSB do Município de Limeira foi desenvolvido em 5 volumes que estão listados abaixo:

- Volume 1 – “Caracterização da área de planejamento” (2013);
- Volume 2 e 3 – “Sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário” (2022);
- Volume 4 – “Drenagem urbana e manejo das águas pluviais” (2013);
- Volume 5 – “Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos” (2021).

Os Volumes 2 e 3 – “Sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário”, foram atualizados em 2022 pela concessionária de municípios e serviços através de uma empresa de consultoria contratada. O Volume 5 – “Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos” também foi revisado e atualizado no ano de 2021.

- **Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil de Limeira (PLANCON) (2017)**

Estabelece os procedimentos a serem adotados pelos órgãos envolvidos direta ou indiretamente na resposta a emergências e desastres naturais relacionados a estes eventos. Foi elaborado para a proteção e defesa civil contra deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos no Município de Limeira.

- **Plano Municipal de Recursos Hídricos de Limeira (PMRHL) (2016 – 2020)**

Dispõe sobre a identificação das necessidades em relação a utilização dos recursos hídricos, associada à definição de programas e projetos que visam à recuperação e conservação das Bacias Hidrográficas do Município de Limeira. Foram propostas, metas e ações que tendem a resultar em melhorias na gestão dos recursos hídricos municipais, com as ações sendo divididas em estruturais e estruturantes.



6. CRITÉRIOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos devem ser conduzidos de forma que seja possível o dimensionamento criterioso e econômico considerando o desempenho de todo o sistema de drenagem. A análise hidrológica fundamental é de suma importância para a compreensão das metodologias e equações que auxiliam na caracterização das bacias hidrográficas alvos deste estudo, objetivando a estimativa de vazões de enchente utilizadas no dimensionamento de obras hidráulicas.

6.1. INTENSIDADE DA CHUVA

As equações da intensidade da chuva, ou intensidade pluviométrica, são fórmulas que dependem de estudos hidrológicos realizados na região de estudo. Esses estudos têm por objetivo a obtenção de uma equação que melhor descreve o regime de chuvas do local. A determinação da intensidade da chuva é realizada por meio de modelos estatísticos, que utilizam a observação de extensas séries de medidas pluviométricas para formular as curvas I-D-F (Intensidade-Duração-Frequência) a partir de eventos críticos.

Para a determinação da intensidade de chuva de cada município, utiliza-se a equação de chuva dada pela relação de parâmetros locais ajustados para cada região, o período de retorno e o tempo de concentração, estes calculados para cada realidade também.

Segundo a ABNT NBR 10844 (ABNT, 1989), a intensidade pluviométrica indica “o quociente entre a altura pluviométrica precipitada num intervalo de tempo e este intervalo” (ABNT, 1989). Já o conceito de período de retorno (T_r), pode ser expresso como o “número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica é igualada ou ultrapassada apenas uma vez” (ABNT, 1989).

6.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração (T_c) de uma bacia pode ser definido, de acordo com a ABNT NBR 10844 como o “intervalo de tempo decorrido entre o início da chuva e o momento em que toda a área de contribuição passa a contribuir para determinada



seção transversal de um condutor ou calha” (ABNT, 1989), ou seja, corresponde ao tempo que a partícula de água de chuva que cai no ponto mais remoto da bacia leva para atingir a seção em estudo, escoando superficialmente.

A literatura técnica especializada apresenta diversas equações para o cálculo do tempo de concentração de bacias de drenagem.

Assim, o tempo de concentração deverá ser determinado por metodologia e modelos usuais através de expressões de reconhecida validade que mais se adequem a realidade do município como, por exemplo, a equação da California Culverts Practice – Fórmula Empírica (DAEE, 2005).

6.3. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Este coeficiente exprime a relação entre o volume de escoamento livre superficial e o total precipitado. É, por definição, a grandeza, no Método Racional, que requer maior acuidade na sua determinação, tendo em vista o grande número de variáveis que influem no volume escoado, tais como infiltração, armazenamento, evaporação, detenção, tornando necessariamente, uma adoção empírica do valor adequado.

Para a microdrenagem urbana, o método mais utilizado é o do coeficiente de *run off*, o qual consiste na utilização de valores tabelados de relação entre escoamento superficial e volume precipitado. Por exemplo, um coeficiente de *run off* de 0,90 significa que 90% da precipitação são escoadas superficialmente e somente 10% são computados como infiltração ou perdas iniciais. É um método bastante simples e que não considera perdas por evapotranspiração, acumulação em depressões da superfície, entre outras.

Este método de separação do escoamento é utilizado juntamente com um método de transformação de chuva em vazão denominado de Método Racional. Wilken (1978), apresentou uma tabela com proposição de valores de coeficiente de *run off* (C), conforme a Tabela 1 abaixo.



Tabela 1 – Valores de Coeficiente de *run off*.

Zonas	C (coeficiente)
Área Edificadas	0,70
Solo Exposto	0,35
Vegetação Rasteira	0,20
Vegetação Densa	0,05

Fonte: WILKEN (1978). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Assim sendo, o cálculo do coeficiente de escoamento superficial pelo coeficiente de *run off* é utilizado para determinar os coeficientes de deflúvio para as bacias urbanas ponderando os valores estabelecidos sendo que, quanto mais próximo de 1,00 é esse valor, maior a tendência em escoar a água da chuva completamente para a área em questão analisada, e quanto mais próximo de 0,00, maior a infiltração que se dá no solo da área classificada.

6.4. DETERMINAÇÃO DA VAZÃO

6.4.1. Método Racional

O método mais comum para a determinação da vazão de projeto de bacias naturais é a partir de procedimentos estatísticos. Já para o cálculo de vazão de projeto para pequenas bacias, são aplicados modelos de transformação chuva-vazão (ou indiretos), nos quais a vazão é calculada a partir das chuvas. Para o uso desse modelo, a bacia precisa ter as seguintes características (DAEE, 2005):

- A bacia deve ter área até 2,00 km² ou 200 ha;
- A bacia deve ter características físicas homogêneas;
- Em toda a área de drenagem da bacia, a precipitação deve ser uniforme.

O Método Racional é um dos mais utilizados em território brasileiro. Sua simplicidade de aplicação e resultados obtidos são geralmente satisfatórios, o que o torna bem aceitável uma vez que as condições básicas são atendidas. De acordo com Reis (2017), o nome do método “Racional” é para contrapor os métodos antigos que eram empíricos e, portanto, não racionais.



O trabalho de Kuichling (1889) mostrou que a relação entre a vazão de precipitação e a vazão excedente é igual a área impermeabilizada da bacia quando toda a área está contribuindo. Ele chamou esta razão (Q/I) de valor racional, dando origem a denominação atual, chamada de Fórmula Racional. Mais dois parâmetros cruciais para o bom resultado do método ainda são obtidos de forma bastante empírica: o tempo de concentração e o coeficiente de *run off*.

O método é usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando a área da seção de estudo, a intensidade de precipitação e o coeficiente de escoamento superficial.

6.4.2. Método Racional Modificado (I-PAI-WU)

O Departamento de Água e Energia Elétrica - DAEE recomenda o Método Racional para bacias com área de até 2,00 km² ou 200 ha e que não disponham de série histórica de dados fluviométricos. Para áreas maiores, o método apresenta distorções, superestimando as vazões de cheias, sendo assim, deve-se adotar outro método para obter dados mais condizentes com a realidade da bacia de estudo.

Assim, pode-se utilizar o Método Racional Modificado que é um aperfeiçoamento do Método Racional e considera fatores intervenientes da bacia hidrográfica, como sua forma, a distribuição da chuva e o armazenamento. A aplicação desse método é mais precisa, porque considera variáveis importantes no desenvolvimento de uma cheia (SCHLICKMANN e BACK, 2019).

7. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A caracterização geral compreende um conjunto de informações pertinentes sobre a área de estudo, contendo um breve histórico do Município de Limeira, sua localização, suas principais vias de acesso, os aspectos ambientais regionais e a situação socioeconômica onde são apresentados os aspectos demográficos, juntamente com o índice de desenvolvimento humano municipal e os aspectos econômicos.



7.1. ÁREA DE ESTUDO

O ciclo hidrológico é o processo natural de movimentação contínua da água na Terra. Inclui a evaporação da água da superfície e sua subsequente condensação na atmosfera, formando nuvens. A água retorna à superfície na forma de precipitação, como chuva ou neve. Parte da água infiltra no solo, alimentando aquíferos subterrâneos, enquanto o restante flui sobre a superfície como escoamento superficial, eventualmente alcançando rios, lagos e oceanos. A água evaporada e transpirada pelas plantas completa o ciclo ao retornar para a atmosfera. (REBOUÇAS, 2001).

O volume de água no Brasil distribui-se pelos aquíferos subterrâneos, lençóis freáticos e rios, bem como lagos, riachos e córregos.

Uma bacia hidrográfica é uma área geográfica delimitada por divisores de água naturais, na qual a água de precipitação é coletada e escoada para um único ponto de saída, como um rio ou lago. É uma unidade fundamental para o estudo e gestão dos recursos hídricos.

Uma definição técnica da bacia hidrográfica pode ser encontrada no Glossário de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA), que define a bacia hidrográfica como "uma área de terreno drenada por um curso d'água e seus afluentes, cujos limites são definidos pelas divisórias topográficas, onde a precipitação é coletada e escoada superficialmente para o curso d'água principal" (ANA, 2017).

Todo o território nacional é subdividido por bacias hidrográficas, onde o conjunto de uma ou mais bacias hidrográficas, formam as regiões hidrográficas. A DHN - Divisão Hidrográfica Nacional foi definida em conformidade com a Resolução n° 32 de 2003 pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos. A Resolução citada expõe sobre as 12 regiões hidrográficas, conforme o mapa da Figura 1.

Figura 1 – Divisão hidrográfica nacional.



Fonte: Brasil, 2003. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O Quadro 3 mostra as principais características de cada uma das regiões hidrográficas citadas.

Quadro 3 – Características das Regiões Hidrográficas.

REGIÕES HIDROGRÁFICAS	CARACTERÍSTICAS GERAIS
Região Hidrográfica Amazônica	É constituída pela Bacia Hidrográfica do rio Amazonas situada no território nacional e, também, pelas bacias dos rios existentes na Ilha de Marajó, além daquelas dos rios situados no Estado do Amapá que deságuam no Atlântico Norte.
Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia	É constituída pela Bacia Hidrográfica do rio Tocantins até a sua foz no Oceano Atlântico.
Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental	É constituída pelas Bacias Hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia, exclusive, e a leste pela Região Hidrográfica do Parnaíba.
Região Hidrográfica do Parnaíba	É constituída pela Bacia Hidrográfica do rio Parnaíba.



REGIÕES HIDROGRÁFICAS	CARACTERÍSTICAS GERAIS
Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental	É constituída pelas Bacias Hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela Região Hidrográfica do Parnaíba e ao sul pela do São Francisco.
Região Hidrográfica do São Francisco	É constituída pela Bacia Hidrográfica do rio São Francisco.
Região Hidrográfica Atlântico Leste	É constituída pelas Bacias Hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico - trecho Leste, estando limitada ao norte e a oeste pela Região Hidrográfica do São Francisco e ao sul pelas Bacias Hidrográficas dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, inclusive.
Região Hidrográfica Atlântico Sudeste	É constituída pelas Bacias Hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico - trecho Sudeste, estando limitada ao norte pela bacia do rio Doce, inclusive, a oeste pelas Regiões Hidrográficas do São Francisco e do Paraná e ao sul pela bacia do rio Ribeira, inclusive.
Região Hidrográfica do Paraná	É constituída pela Bacia Hidrográfica do rio Paraná situada no território nacional.
Região Hidrográfica do Uruguai	É constituída pela Bacia Hidrográfica do rio Uruguai situada no território nacional, estando limitada ao norte pela Região Hidrográfica do Paraná, a oeste pela Argentina e ao sul pelo Uruguai.
Região Hidrográfica Atlântico Sul	É constituída pelas Bacias Hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Sul, estando limitada ao norte pelas bacias dos rios Ipiranguinha, Irirí, Candapuí, Serra Negra, Tabagaça e Cachoeira, inclusive, a oeste pelas Regiões Hidrográficas do Paraná e do Uruguai e ao sul pelo Uruguai.
Região Hidrográfica do Paraguai	É constituída pela Bacia Hidrográfica do rio Paraguai situada no território nacional.

Fonte: Brasil, 2003. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O território do Estado de São Paulo é abrangido por 3 das 12 Regiões Hidrográficas: Bacia do Paraná (85% do território), Bacia do Atlântico Sudeste (14% do território) e a Bacia do Atlântico Sul (1% do território), como ilustrado pelo mapa da Figura 2 (BRASIL, 2006).

Figura 2 – Regiões Hidrográficas de abrangência no Estado de São Paulo.



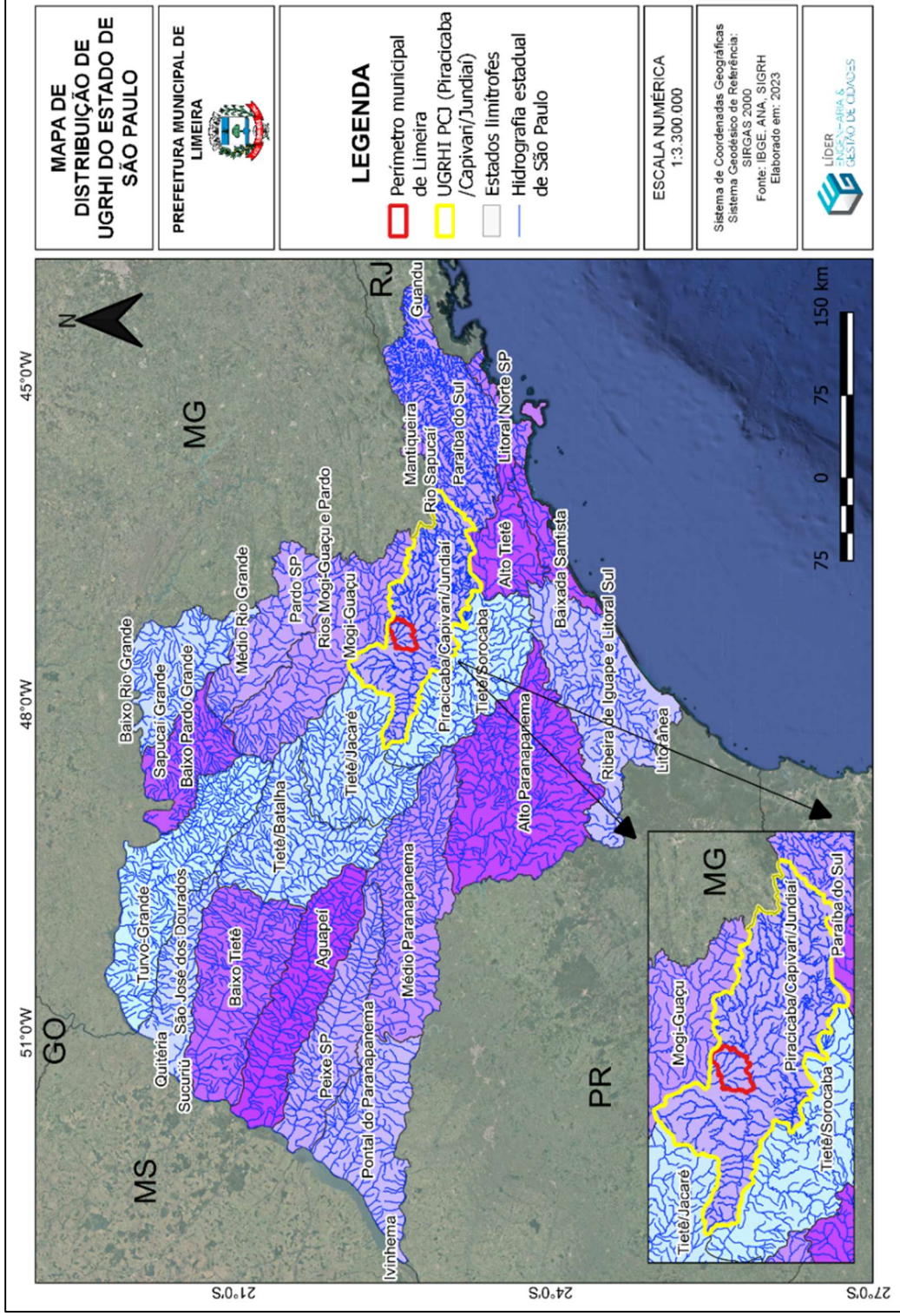
Fonte: Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, 2021.
Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A Bacia do Rio Paraná apresenta a maior porção situada dentro do Estado de São Paulo e caracteriza-se pelo alto potencial de navegação e hidrelétrico, com seus principais rios sendo o Rio Tietê, o Rio Grande e o Rio Paranapanema. A Bacia do Atlântico Sudeste localiza-se na porção territorial mais próxima ao litoral paulista com rios que possuem suas nascentes localizadas na Serra do Mar. Enquanto a Bacia do Atlântico Sul no Estado de São Paulo é formada por rios de curta extensão que desaguam no mar (BRASIL, 2006).

O Estado de São Paulo, além da divisão das regiões geográficas também é dividido em 22 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHs, nas quais foram distribuídos os 645 municípios paulistas. A divisão dos municípios foi realizada considerando as características ambientais, socioeconômicas, administrativas e hidrológicas, com o objetivo principal de otimizar o trabalho de gerenciamento.

A Figura 3 mostra a divisão das UGRHs no Estado de São Paulo, bem como a localização do Município de Limeira em relação à unidade de gerenciamento de recursos hídricos em que este está inserido.

Figura 3 – Mapa de distribuição de UGRHI do Estado de São Paulo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



O Município de Limeira, área de estudo deste projeto, encontra-se inserido na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, conhecido como UGRHI – PCJ. As Bacias PCJ situam-se entre as coordenadas geográficas Lat. 22° e 23,5° e Long. 46° e 49°, abrangendo 76 municípios em uma área total de 15.377 km² de extensão (COMITÊS PCJ, 2020). O Rio Piracicaba possui forte influência hídrica sobre Limeira, considerando que ele é o exultório da contribuição das vazões das bacias hidrográficas que incidem sobre seu perímetro municipal.

7.2. HORIZONTE DE PROJETO

O horizonte de projeto adotado para o presente planejamento é de 30 anos, período entre 2023 e 2053, que corresponde a solicitação de prazo da Prefeitura Municipal de Limeira.

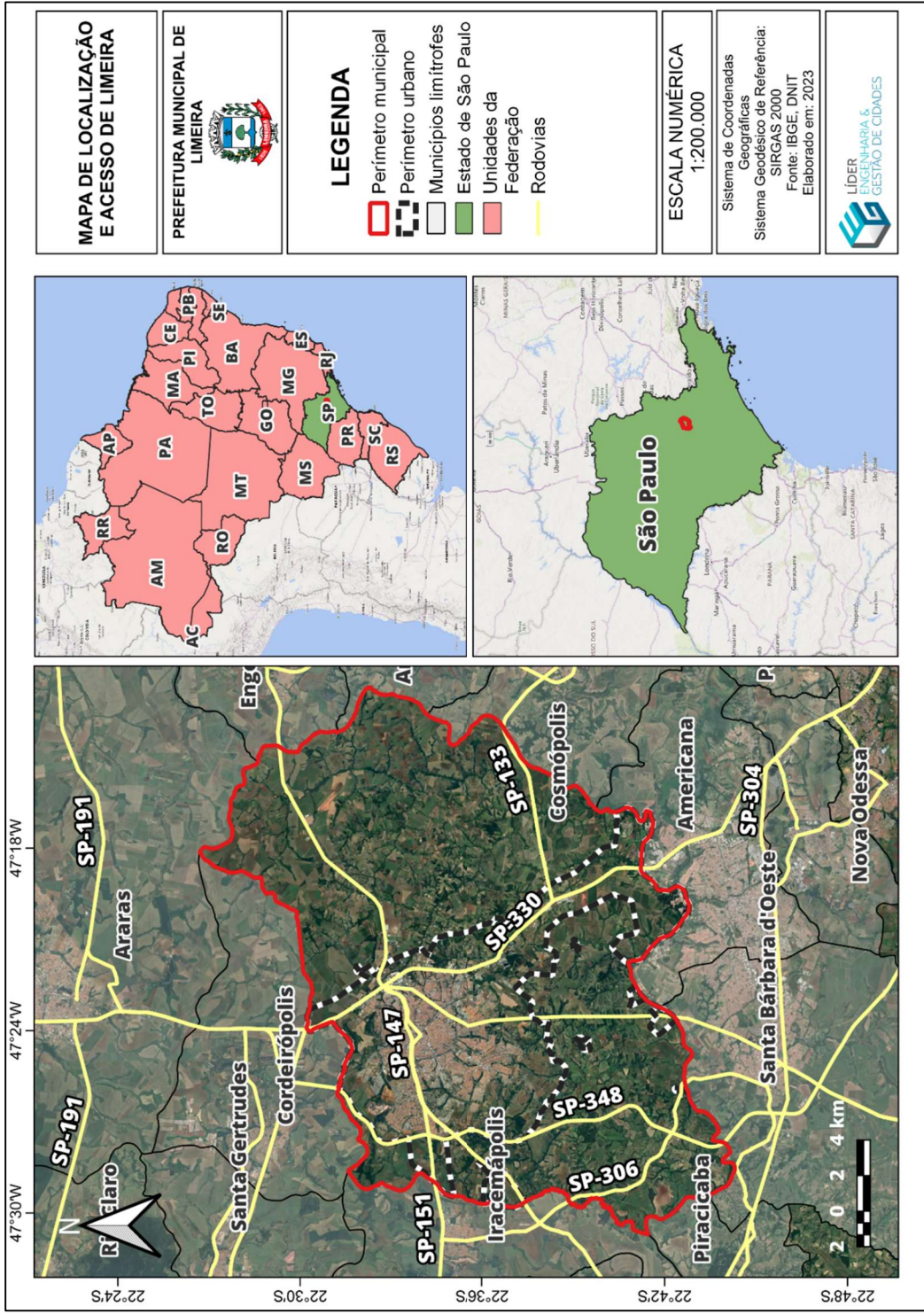
7.3. ASPECTOS REGIONAIS, LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O Município de Limeira está localizado no Estado de São Paulo, a aproximadamente 150 km da capital, São Paulo. Possui altitude média de 567 metros, e está localizado nas coordenadas geográficas de 22° 33' 52" de latitude Sul e 47° 24' 17" de longitude Oeste (CIDADE-BRASIL, 2022).

A área territorial de Limeira corresponde a aproximadamente 581 km² e de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE a população em 2010 era de 276.022 habitantes. Nesse sentido, a densidade demográfica era de 475,32 habitantes/km². Os habitantes nascidos no município possuem o gentílico de “limeirense”.

Os municípios vizinhos que compõem a região são: ao norte, Cordeirópolis e Araras; a leste, Artur Nogueira, Engenheiro Coelho e Cosmópolis; ao sul, Americana e Santa Bárbara d'Oeste e a oeste, Iracemápolis e Piracicaba (IBGE, 2023). As principais vias de acesso ao Município de Limeira são a Rodovia Bandeirantes (SP - 348), Rodovia Anhanguera (SP-330), Washington Luiz (SP-310) e Rodovia Mogi Mirim/Piracicaba (SP-147), ainda, em caráter secundário, existem a Rodovia Deputado João Herrmann Neto (SP – 133) e a SP – 306, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Mapa de localização e acesso do Município de Limeira.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



7.4. HISTÓRICO

As origens de Limeira, de acordo com a Prefeitura Municipal (*apud* IBGE) remontam à abertura do caminho para Goiás, que foi aberto pela primeira vez em 1682 por Bartolomeu Bueno da Silva, mais conhecido como “O Anhanguera”, e reaberto em 1722 por seu filho, que ia de São Paulo às minas de Goiás. Como não haviam estradas e as tropas se locomoviam a pé ou usando burros e mulas, um problema sério era a alimentação, que em parte era fornecida pela própria mata, como caça e algumas frutas. Para sanar essa questão, geralmente um pequeno grupo partia antes levando ramos de mandioca e grãos de milho, que eram alimentos nativos já cultivados há séculos pelos índios, e abriam uma clareira na mata em algumas paragens. Eles plantavam uma pequena roça que forneceria o alimento para quando o grupo maior ali chegasse (IBGE, 2023).

Esses locais de roça, ao longo deste caminho, foram chamados de ranchos ou pousos. Um desses pousos era o “Rancho do Morro Azul”, no sertão do Tatuibi, junto ao Ribeirão Tatu, que era um local perfeito para esses espaços por possuir terras férteis ao seu redor e água, além de servir também de ponto de referência, pois era avistado mesmo de grandes distâncias.

No final do século 18 e início do século 19, as terras do Tatuibi foram sendo ocupadas por posseiros vindos de povoados da região, que diferentemente dos caboclos e indígenas, tinham a ideia de se fixarem nesse local. Nessa mesma época o governo passa a doar sesmarias e, com a vinda dos agora “donos legais” das terras, muitos desses grupos acabaram sendo empurrados mais para o interior, após Rio Claro, onde era o limite entre o “civilizado” e o “selvagem” (IBGE, 2023).

As sesmarias acabaram sendo divididas e dando origem a várias fazendas onde, já em meados de 1815, iniciou-se o plantio da cana-de-açúcar para comercialização. Esta precisava ser escoada, portanto, em 1823 o governo provincial autorizou a abertura de uma estrada ligando o Morro Azul a Campinas. Junto à estrada foram sendo construídas estalagens para os tropeiros, casas, vendas e também a construção das pontes, sendo aberta em 1826. O Capitão Luís Manoel da Cunha Bastos doou 112,50 alqueires para que fosse formado um povoado e que fosse construída ali uma capela para que seus moradores pudessem se reunir, rezar e ouvirem a missa. A capela então marca o ano de fundação da cidade (IBGE, 2023).



Quanto à origem do nome Limeira, não se pode precisar com certeza. Mas, nas correspondências da época, o que se percebe é que os nomes de Tatuíbi e Limeira eram ambos usados para se referir à povoação. As laranjas, limões e limas foram introduzidas em São Paulo pelos portugueses já em 1540, sendo que documentos e livros que retratam o Brasil do início da colonização citam a excelente adaptação climática das árvores cítricas na costa brasileira. Na primeira metade do século XIX, o Brasil foi alvo de grande interesse dos pesquisadores europeus, surgindo na época muitos estudos e livros sobre a flora brasileira. Não foram poucos os viajantes que mencionaram a existência de laranjeiras selvagens no interior do Brasil, levando muitos a acreditar que a laranja era uma fruta nativa. Portanto, é possível dizer que na região do Morro Azul haviam árvores cítricas cujas sementes haviam sido transportadas pelo homem ou por pássaros e outros animais e dando origem à um ou mais pés de lima que, por serem frutas conhecidas dos europeus há muitos séculos, chamaram a atenção o suficiente a ponto de serem usadas para dar nome ao local (IBGE, 2023).

7.4.1. Formação Administrativa

A seguir são apresentados, em tópicos, o histórico dos principais eventos pertinentes a criação do Município de Limeira.

- Distrito criado com a denominação de Nossa Senhora das Dores de Tatuíbi, por Decreto em 09 de dezembro de 1830, subordinado ao Município de Piracicaba.
- Elevado à categoria de município com a denominação de Nossa Senhora das Dores de Tatuíbi, pela Lei Provincial n.º 25, de 08 de março de 1842, desmembrado do Município de Piracicaba. Constituído do distrito sede. Instalado em 22 de julho de 1844.
- Elevado à condição e sede do município com a denominação de Limeira, pela Lei Provincial n.º 13, de 18 de abril de 1863.
- Pela Lei n.º 645, de 07 de agosto de 1899, é criado o distrito de Cordeiro e anexado ao Município de Limeira.
- Em divisão administrativa referente ao ano de 1911, o município é constituído de 2 distritos: Limeira (Antigamente nomeada como Nossa Senhora das Dores de Tatuíbi) e Cordeiro.



- Assim permanecendo nos quadros de apuração do recenseamento geral de 1 de setembro de 1920.
- Pela Lei n.º 1931, de 29 de outubro de 1923, é criado o distrito de Iracemópolis e anexado ao Município de Limeira.
- Em divisão administrativa referente ao ano de 1933, o município é constituído de 3 distritos: Limeira, Cordeiro e Iracemópolis.
- Assim permanecendo em divisões territoriais datadas de 31 de dezembro de 1936 e 31 de dezembro de 1937.
- Pelo Decreto-Lei Estadual n.º 14.334, de 30 de novembro de 1944, o distrito de Cordeiro passou a denominar-se Cordeirópolis. O mesmo decreto-lei cria o distrito de Tatu anexando-o ao Município de Limeira.
- No quadro fixado para vigorar no período de entre os anos de 1944 e 1948, o município é constituído de 4 distritos: Limeira, Cordeiro, Iracemópolis e Tatu.
- Pela Lei Estadual n.º 233, de 24 de dezembro de 1948, houve um desmembramento do Distrito de Cordeirópolis (Antigamente nomeado como Cordeiro) em relação ao Município de Limeira. Elevado à categoria de município.
- Em divisão territorial datada de 1 de julho de 1950, o município é constituído de 3 distritos: Limeira, Iracemópolis e Tatu.
- Pela Lei Estadual n.º 2.456, de 30 de dezembro de 1953, houve um desmembramento do distrito de Iracemópolis, em relação ao Município de Limeira. A lei estadual acima citada extingui o distrito de Tatu, sendo seu território anexado ao distrito sede do Município de Limeira.
- Em divisão territorial datada de 1 julho de 1960, o município é constituído do distrito sede.
- Assim permanecendo em divisão territorial datada de 2009.

7.5. ASPECTOS AMBIENTAIS

7.5.1. Clima

A classificação climática é uma tentativa de reunir o maior número de elementos possíveis que possam caracterizar os diferentes climas existentes em grupos



distantes como, por exemplo: temperatura, precipitação, radiação e vento. É feita a partir de zonas, como as zonas polares, temperadas, tropical, subtropical e equatorial.

O sistema de classificação climática mais utilizado na climatologia, ecologia e geografia é o de Köppen–Geiger, que é uma classificação genérica lançada pela primeira vez no ano de 1900. Nela, Köppen relacionava o clima com a vegetação, a partir de critérios numéricos que definiriam os tipos climáticos, porém, em algumas ocasiões esta classificação não apresenta parâmetros para distinguir quanto às regiões e biomas distintos.

Segundo Ayoade (1996), este primeiro modelo baseava-se nas zonas de vegetação do mapa feito por Alphonse de Candolle. O modelo foi revisado em 1918, dando maior atenção à temperatura, à precipitação pluvial e às suas características sazonais. Estabeleceu-se assim, cinco tipos climáticos principais designados pelas letras maiúsculas:

- A** - Climas tropicais chuvosos;
- B** - Climas secos;
- C** - Climas temperados chuvosos e moderadamente quentes;
- D** - Climas frios com neve-floresta;
- E** - Climas polares.

Sendo:

- A** - O mês mais frio têm temperatura média superior a 18°C. A precipitação pluvial é maior que a evapotranspiração anual, prejudicando a sobrevivência de algumas plantas tropicais;
- B** - A evapotranspiração média anual é maior do que a precipitação anual;
- C** - A temperatura média varia entre -3°C e 18°C no mês mais frio;
- D** - Com temperatura média abaixo de -3°C o mês mais frio e temperatura média maior do que 10°C para o mês mais quente;
- E** - Temperatura média menor do que 10°C para o mês mais moderadamente quente.

Seguido desta classificação, adicionou-se um grupo de climas de terras-altas, que ficou representado pela letra H. Esta classificação ainda passou a ter duas

subdivisões. A primeira realizada pela distribuição sazonal de precipitação, como podemos visualizar abaixo:

f – Úmido o ano todo (A, C, D);

m – De monção, breve estação seca com chuvas intensas durante o resto do ano (A);

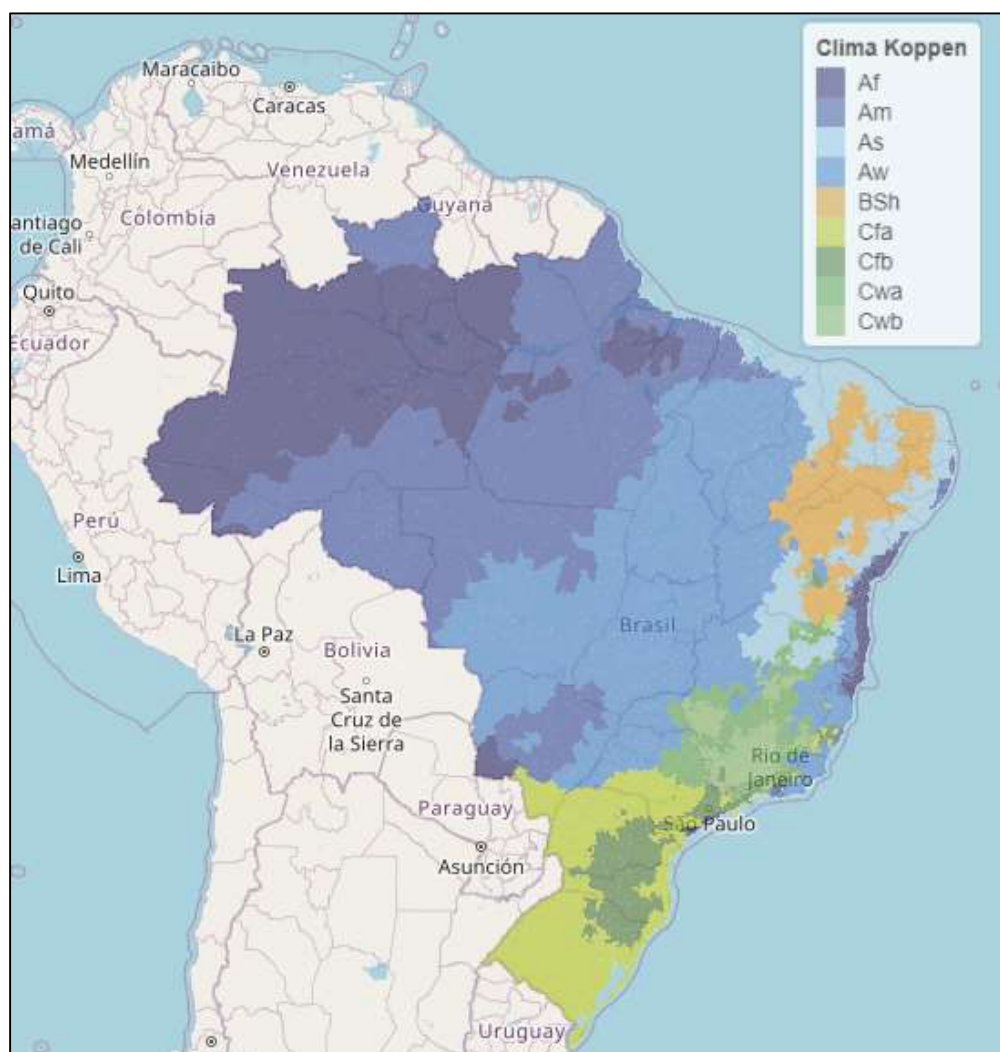
w – Chuva de verão (A, C, D);

S – Estação seca de verão (B);

W – Estação seca de inverno (B).

A Figura 5 mostra o mapa do Brasil de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger.

Figura 5 – Mapa do Brasil de acordo com a classificação de Köppen-Geiger.



Fonte: Köppen Brasil, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



Após este entendimento sobre a classificação climática de Köppen-Geiger, é possível classificar o clima predominante de um município, pois, sabe-se que o clima de uma região é determinante para as atividades econômicas nela desenvolvidas.

No caso do Estado de São Paulo, este é caracterizado por possuir clima bem diversificado em função da sua topografia acidentada, como morros, serras, vales, entre outros. Especificamente sobre o Município de Limeira, ele apresenta pluviosidade média anual entre 1.100 e 1.400 mm e, dentro da classificação de Köppen-Geiger, a região se encontra na divisão Aw – Clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C.

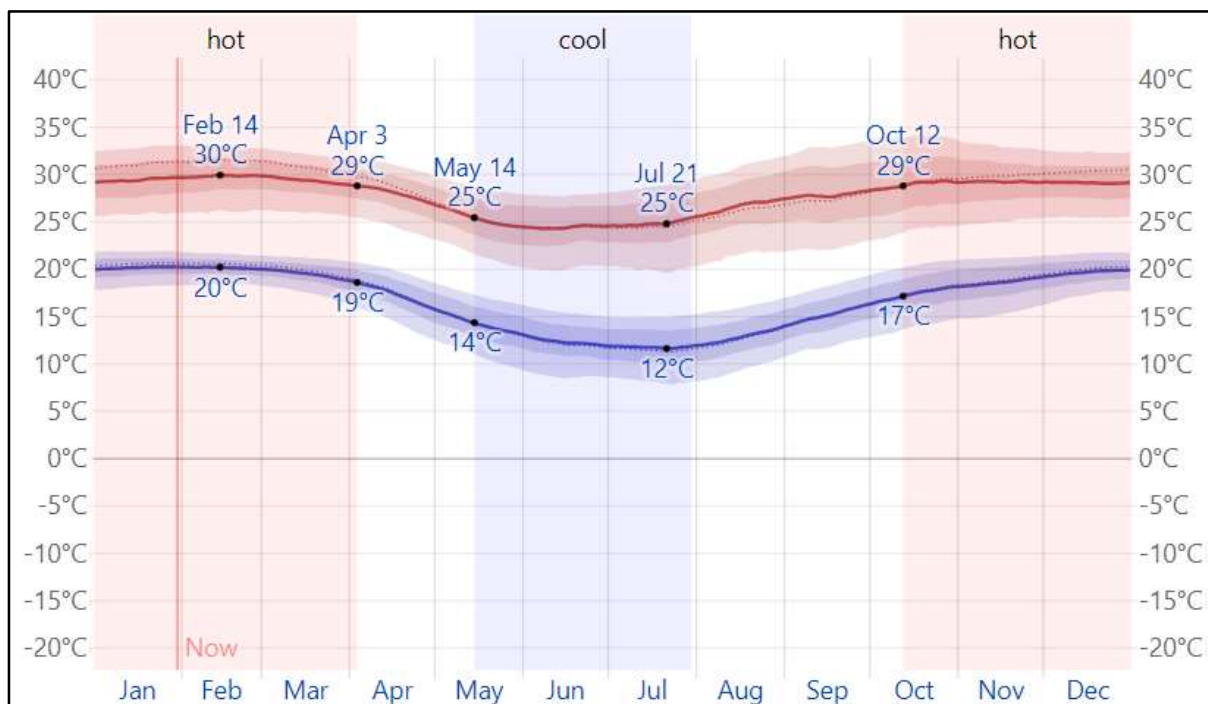
7.5.2. Temperatura

A estação quente tem 5,7 meses de duração e ocorre entre 12 de outubro a 3 de abril, com temperatura máxima média diária acima de 29°C. O mês mais quente é fevereiro, com temperatura média máxima de 30°C e mínima de 20°C.

Já a estação mais fria tem 2,5 meses de duração e ocorre entre 14 de maio a 30 de julho, com temperatura máxima média diária de 25°C. O Mês mais frio do ano em Limeira é junho, com temperaturas mínimas média de 12°C e máximas de 24°C.

A Figura 6 abaixo, representa a média das temperaturas do Município de Limeira durante um ano.

Figura 6 – Média de temperaturas no Município de Limeira.



Fonte: INMET, 2016. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

7.5.3. Precipitação

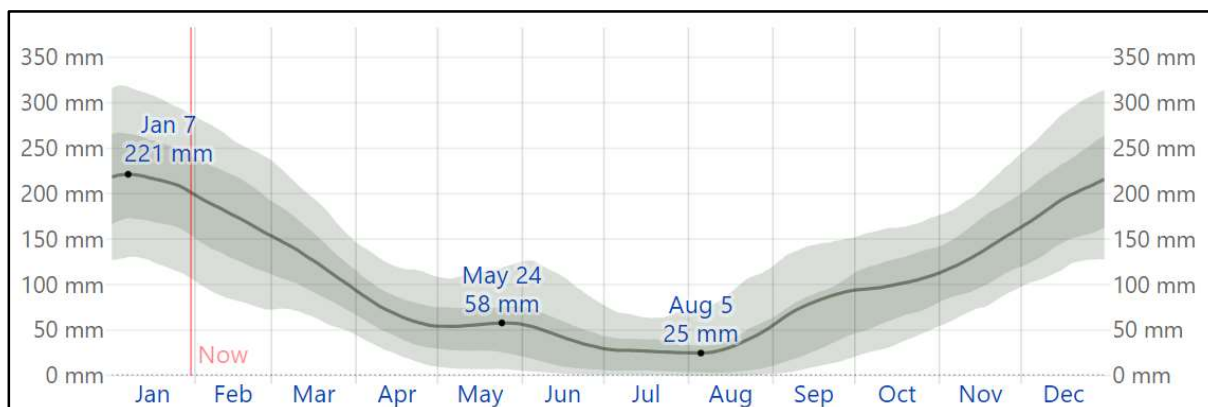
A precipitação é um fenômeno que inclui a chuva, neve, neblina, granizo, orvalho ou outros fenômenos relacionados à queda de água no céu. A unidade de medida utilizada para calcular a quantidade ocorrida de precipitação em um determinado local é o mm/m².

No Município de Limeira, o mês mais chuvoso é janeiro, com média de 217 milímetros de precipitação de chuva e o mês menos chuvoso é julho, com média de 27 milímetros de precipitação de chuva. A estação de maior precipitação dura 5,2 meses e varia de outubro a março. O mês com maior número de dias com precipitação em Limeira é o mês de janeiro, com média de 20,3 dias com precipitação (WEATHER SPARK, 2023).

A média de precipitação do Município de Limeira é evidenciada através da Figura 7 abaixo.



Figura 7 – Média de precipitação no Município de Limeira.



Fonte: Weather Spark, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A estação seca ocorre entre os meses de março e outubro, durando em média 6,8 meses. Julho é o mês com menor número de dias com precipitação em Limeira, sendo em média 3,3 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação.

Desta forma, a Tabela 2, inserida abaixo, apresenta os dados climatológicos do Município de Limeira.

Tabela 2 – Dados climatológicos do Município de Limeira.

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura	Média (°C)	23,9	24,1	23,3	22,1	19,2	18,2	18,1	19,6	21,9	23,1	22,9	23,7
	Mínima (°C)	20,2	20,2	19,5	17,6	14,5	13,2	12,8	13,7	16,3	18,1	18,6	19,7
	Máxima (°C)	28,5	28,9	28,0	27,1	24,6	24,1	24,4	26,5	28,4	29,1	28,1	28,5
Chuva (mm)		295	217	183	76	61	39	38	34	77	135	190	231
Umidade (%)		77%	76%	77%	73%	70%	70%	65%	58%	58%	64%	71%	75%
Dias chuvosos (d)		17	14	14	7	5	3	3	3	6	11	12	15
Horas de sol (h)		9,1	9,4	8,8	8,5	8,1	8,3	8,6	9,3	9,3	9,3	8,8	9,0

Fonte: Climate-data, 1991-2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

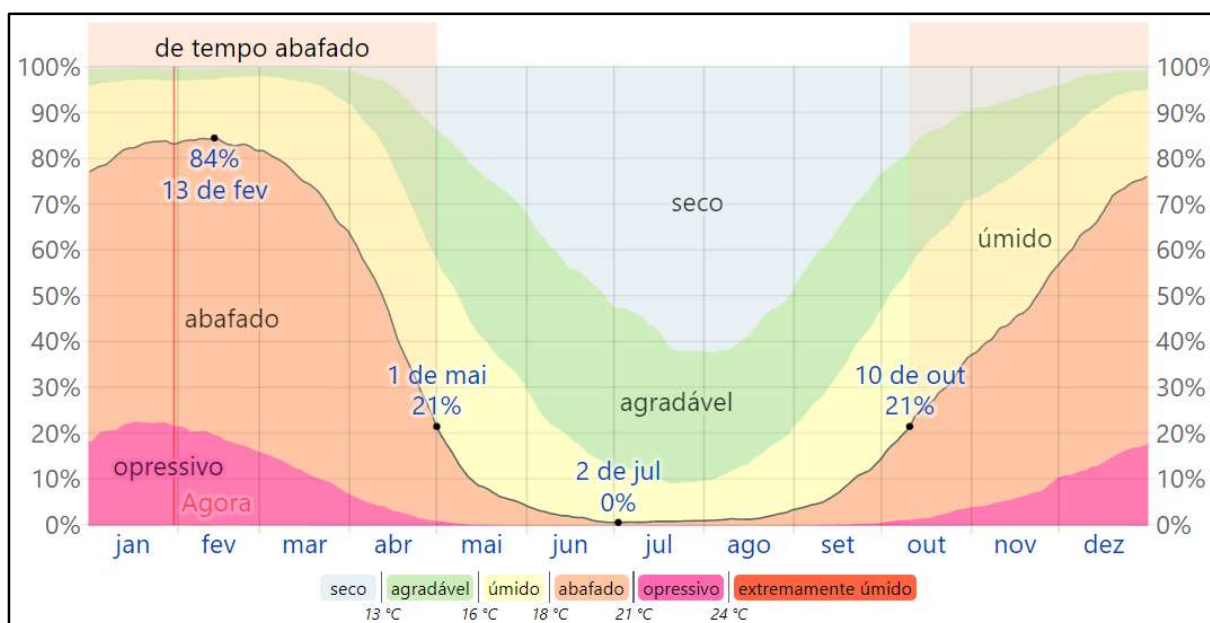
7.5.4. Umidade relativa

A umidade relativa é uma das formas de expressar o conteúdo de vapor existente na atmosfera. A presença de vapor d'água na atmosfera contribui para a redução

da amplitude térmica, que é a diferença entre a temperatura mínima e máxima registrada.

O Município de Limeira apresenta variação sazonal extrema na sensação de umidade. A umidade relativa mais baixa durante o ano é em julho, e o mês com maior umidade é fevereiro. Na Figura 8, é representada a umidade relativa do ar no Município de Limeira

Figura 8 – Umidade relativa do ar no Município de Limeira.



Fonte: Weather Spark, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

7.5.5. Rede Hidrográfica

O Estado de São Paulo tem seu território dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHIs (Figura 9), onde estão contemplados todos os 645 municípios do estado. Esta divisão surgiu da necessidade de viabilizar e otimizar fluxos técnico, político e administrativo de forma que ambas as divisões, por bacia hidrográfica e UGRHI, coexistissem na política estadual e foi concebida através de critérios hidrológicos, ambientais, socioeconômicos e administrativos.

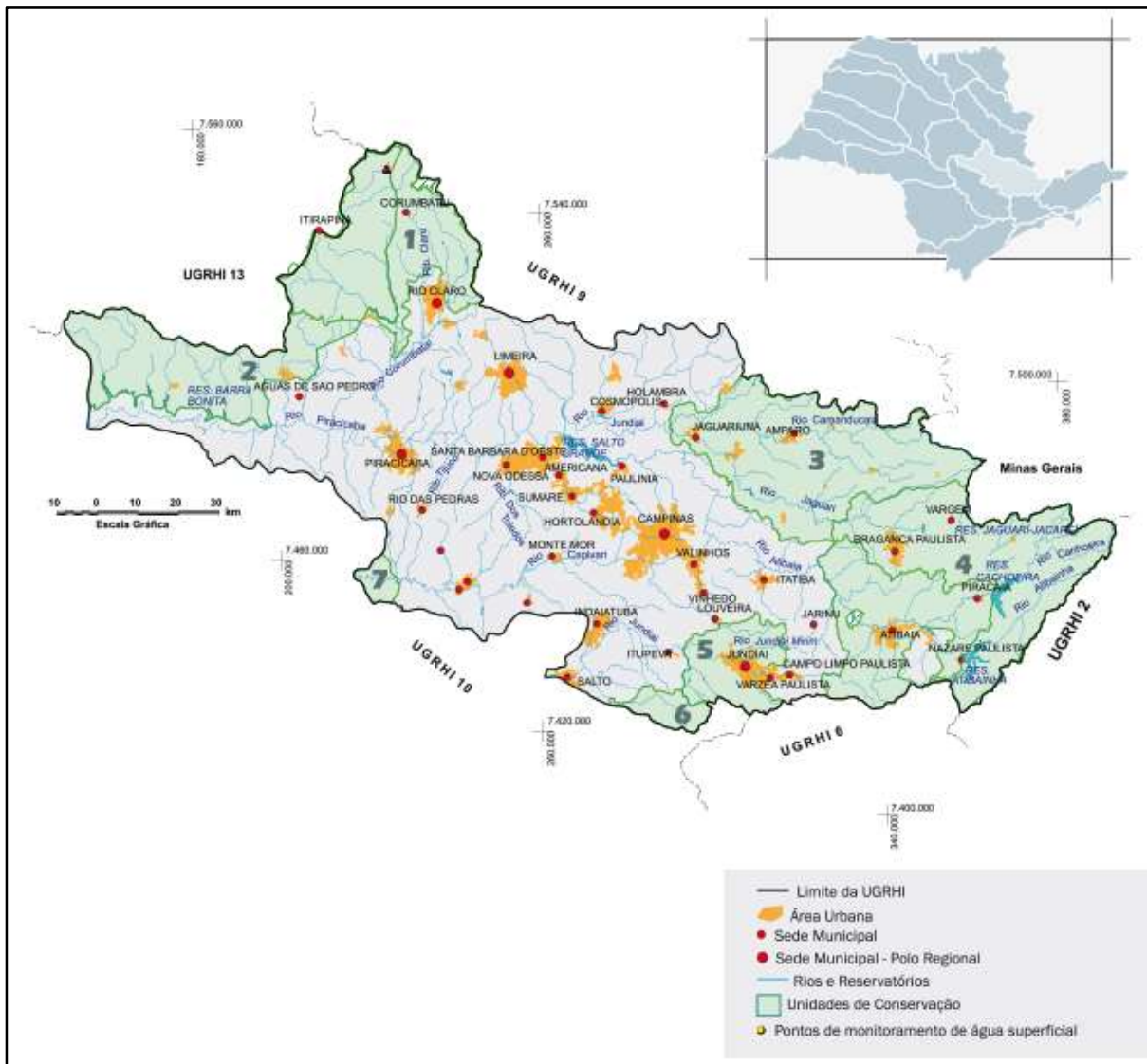
Figura 9 – UGRHIs do Estado de São Paulo.



Fonte: SigRH, 2023, adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Neste sentido, o Município de Limeira está inserido na UGRHI 05, gerida pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ), com uma área de quase 14.17 km². A região da CBH-PCJ é uma das mais críticas do estado quanto à qualidade e quantidade das águas, ela possui população residente de 5.418.961 habitantes, tendo como principais rios o Atibaia, Atibainha, Cachoeira, Camanducaia, Capivari, Jaguari, Jundiá e Piracicaba. A UGRHI 05 é ilustrada na Figura 10.

Figura 10 – UGRHI 05 – CBH – PCJ.



Fonte Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – SIGRH, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Passam pelo município dois rios principais, que são os rios Piracicaba e o Jaguari, sendo este último, a fonte de captação de água que abastece a cidade. Outro corpo hídrico importante que atravessa a área urbana da cidade é o Ribeirão Tatu, parcialmente canalizado.

Como principais atividades econômicas da UGRHI 05 estão a agropecuária e a produção industrial. Em Limeira o destaque vai para a produção industrial de joias folheadas (SIGRH, 2023).



7.5.6. Geologia

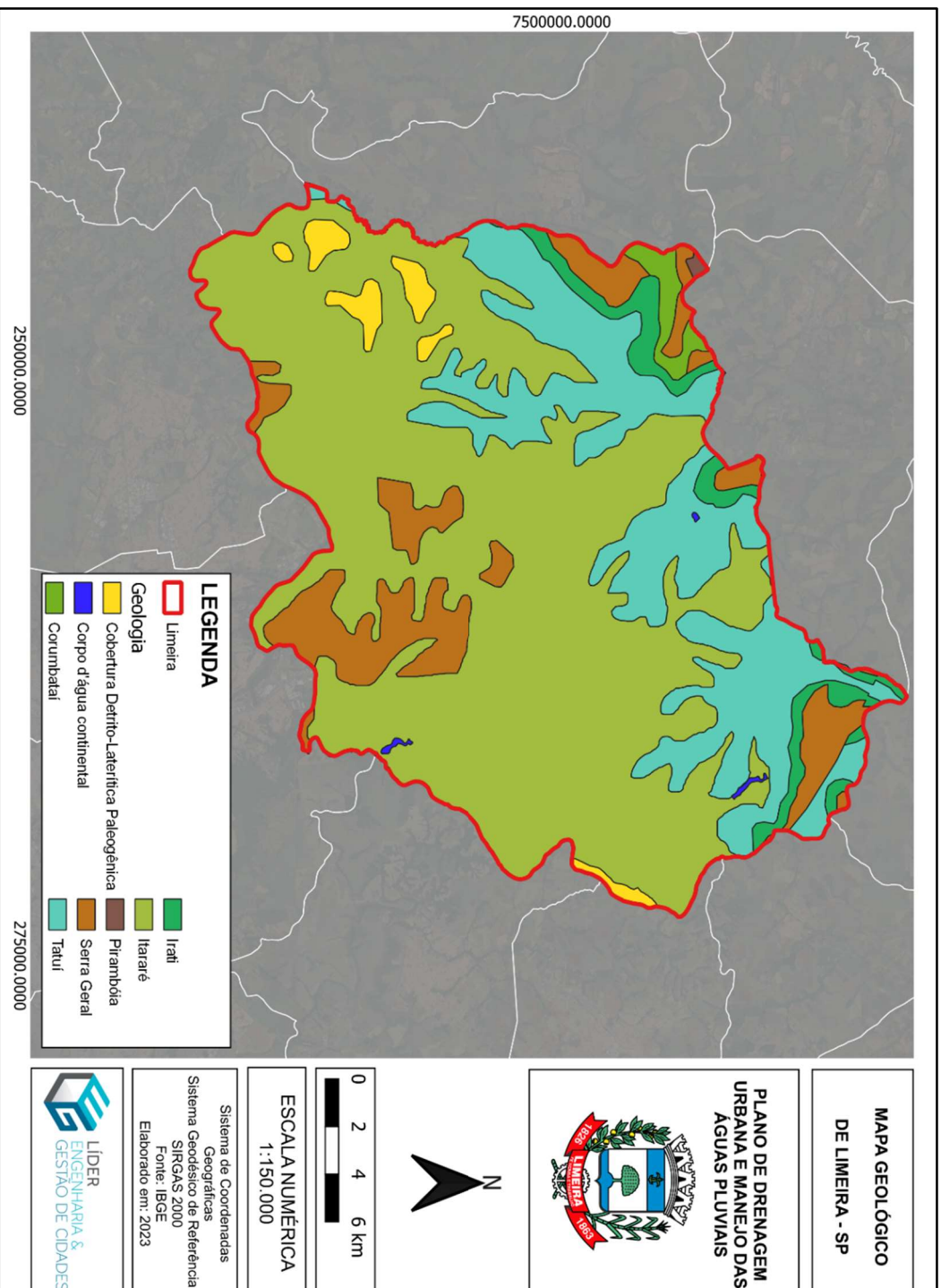
Para o Município de Limeira foi realizado o levantamento no Banco de Dados e Informações Ambientais (BDiA), e analisadas as unidades geológicas que estão presentes no território do município. O Estado de São Paulo guarda grandes contrastes quanto aos aspectos geológicos. Pode-se destacar dois domínios importantes: a porção do embasamento cristalino com coberturas sedimentares restritas e intrusões mesocenoicas e a porção da Bacia do Paraná representada por sequência de rochas sedimentares e vulcânicas com importantes intrusões mesozoicas (SigRH, 2000).

Dessa forma, identificou-se a presença das unidades litoestratigráficas Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica (E3dl), Corumbataí (P3T1c), Irati (P1pir), Itararé (C2P1i), Piramboia (T23p), Serra Geral (k1(B)sg) e Tatuí (P1tt). Também foram identificadas, no território municipal de Limeira, as seguintes subprovíncias estruturais: Paraná (87,80%), Serra Geral (9,94%) e Cobertura Cenozoica Indiscriminada (2,14%). O restante corresponde as massas de água (0,12%) presentes no município.

Neste sentido, na Figura 11 tem-se tais posicionamentos geográficos.



Figura 11 – Mapa geológico do Município de Limeira.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



7.5.7. Geomorfologia

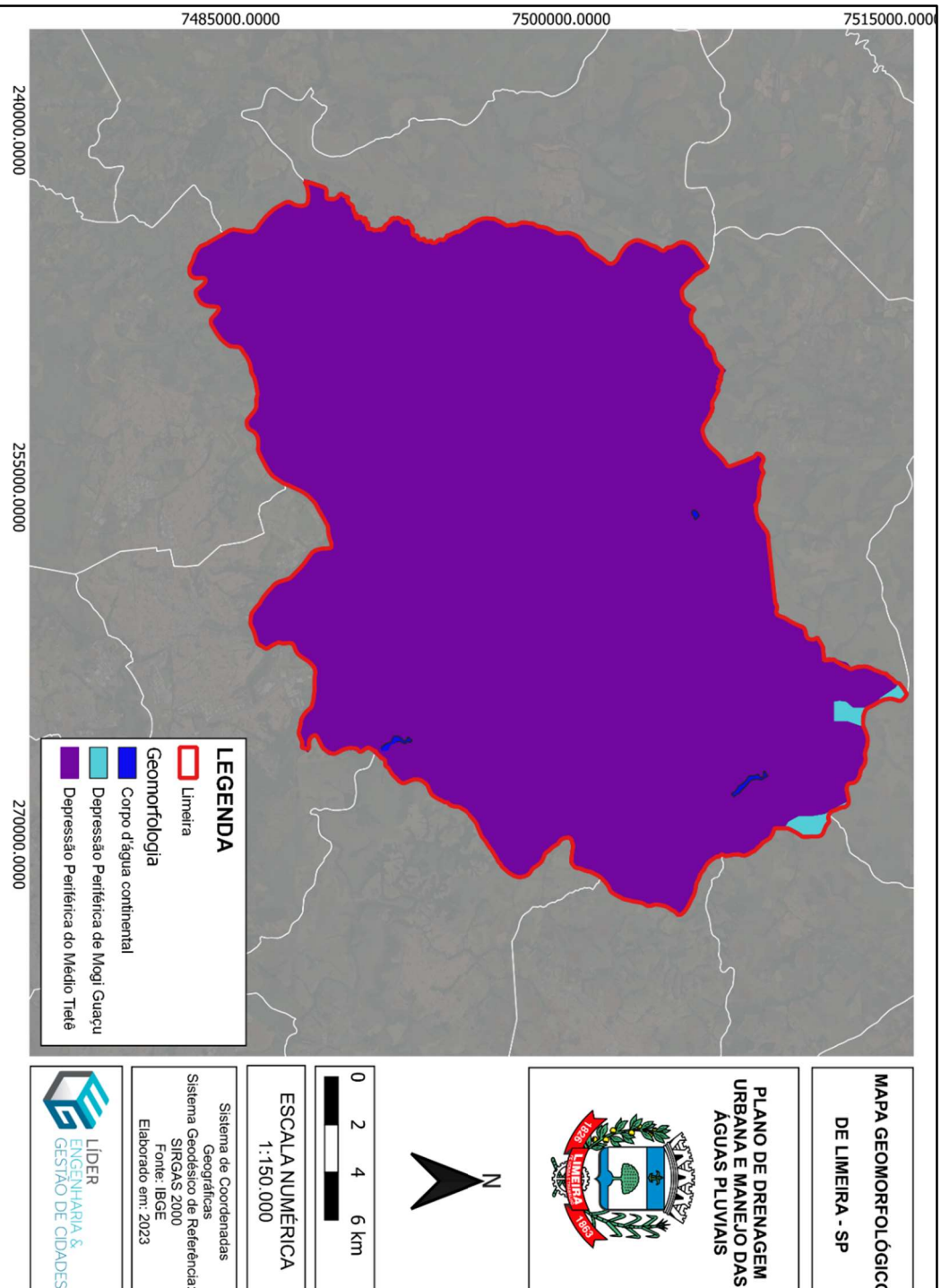
O relevo é o conjunto de saliências e reentrâncias que compõem a superfície terrestre. É um componente da litosfera relacionado com o conjunto rochoso subjacente e com os solos que o recobre.

No Brasil existem três unidades geomorfológicas principais, que são os planaltos, planícies e depressões. No Estado de São Paulo, do Atlântico para o interior, ocorrem faixas diferenciadas de relevo. Correspondendo a 90% da área do estado, os planaltos têm na sua formação e distribuição, as superfícies de aplainamento ou de erosão com diversas origens que podem estar associadas à processos de flutuações climáticas e deformações tectônicas cenozoicas. Segundo Almeida (1964) a divisão geomorfológica do estado é dividida em cinco grandes províncias: Planalto Atlântico, Província Costeira, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental.

Contudo, a partir dos dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e do Banco de Dados e Informações Ambientais (BDiA), foi possível analisar as unidades geomorfológicas onde o Município de Limeira está localizado, a maior parte está sobre a unidade geomorfológica Depressão Periférica do Médio Tietê (99,32%), seguido por uma pequena parte ao norte sobre a formação Depressão Periférica de Mogi Guaçu (0,56%). Os corpos de água continentais (0,12%) completam a composição geomorfológica do município. Sendo assim, na Figura 12 pode-se ver a geomorfologia completa do município.



Figura 12 – Mapa geomorfológico do Município de Limeira.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



7.5.8. Solo

No Município de Limeira, de acordo com o Banco de Dados e Informações Ambientais (BDiA), a cobertura do solo é composta por Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico – PVAd (44,95%) e por Latossolo Vermelho (44,95%), em sua maior parte Latossolo Vermelho Distrófico – LVd e em parte menor pelo Latossolo Vermelho Acriférico – LVwf.

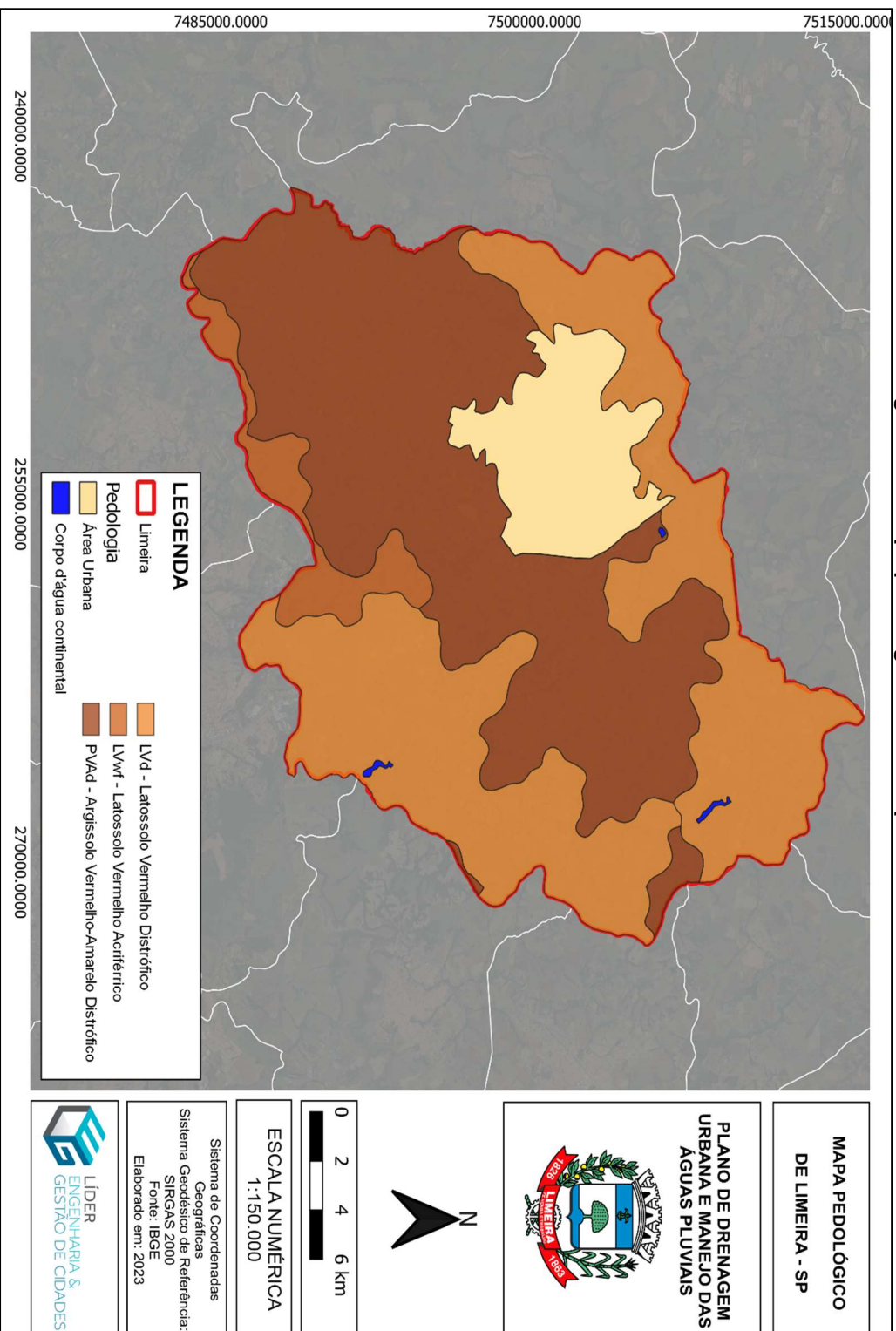
Os argissolos são formados por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa ou atividade alta, desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter aluminico. Os Argissolos Vermelho-Amarelo tem como característica não se enquadrarem em nenhuma das demais classes de argissolos. (EMBRAPA, 2018).

Os latossolos são um tipo de solo com estágio avançado de intemperismo. Sua formação é de material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. Para o Latossolo Vermelho, é um tipo de solo com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2018).

A Figura 13 apresenta o mapa pedológico do município.



Figura 13 – Mapa pedológico do Município de Limeira.



Fonte: Líder Engenharia de Gestão de Cidades, 2023.



7.6. ASPECTOS SOCIAIS

Neste capítulo serão analisados os principais indicadores socioeconômicos do Município de Limeira, com vista a compreender o processo de produção do espaço e a sua relação com a população e a economia do local, sendo:

- A caracterização demográfica;
- Os dados econômicos;
- Os indicadores de qualidade de vida.

Insta salientar que o Censo Populacional, conduzido pelo IBGE, é uma pesquisa de abrangência nacional que visa recolher informações detalhadas sobre a população brasileira. Ele é realizado a cada dez anos e constitui uma importante fonte de dados demográficos, socioeconômicos e culturais do país. Por meio do Censo, é possível obter informações precisas sobre a estrutura etária da população, distribuição geográfica, nível de escolaridade, renda, ocupação, entre outros indicadores relevantes.

Já o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM é um indicador que visa mensurar o nível de desenvolvimento humano dos municípios brasileiros. Ele é composto por três dimensões essenciais: renda, educação e longevidade. Cada uma dessas dimensões é avaliada a partir de diferentes indicadores, como o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, a taxa de alfabetização de jovens e adultos e a expectativa de vida ao nascer.

Tanto o IDHM quanto o Censo Populacional fornecem informações valiosas para a compreensão das desigualdades sociais e das necessidades específicas de cada região. Esses dados são utilizados para subsidiar a formulação de políticas públicas, direcionar investimentos, avaliar os impactos das ações governamentais e monitorar o progresso ao longo do tempo. Além disso, são essenciais para a produção de pesquisas acadêmicas, estudos socioeconômicos e para o planejamento estratégico em diversas áreas, como saúde, educação, infraestrutura e assistência social.

Embora já estejamos em 2023, os dados oficiais mais recentes do IDHM ainda são os de 2010, devido à não divulgação dos resultados do Censo de 2020 até o momento. Essa falta de atualização dos dados pode trazer algumas limitações para



as análises e tomadas de decisões, uma vez que, as transformações socioeconômicas e demográficas ocorridas nos últimos anos não são refletidas nos indicadores. No entanto, é importante aguardar a divulgação oficial do Censo de 2020 para que as informações mais recentes estejam disponíveis, e possam contribuir de maneira efetiva para a compreensão e planejamento do desenvolvimento humano no Brasil.

A seguir, serão apresentadas informações referentes aos últimos dados oficiais publicados, os quais devem ser atualizados em consonância com a finalização e publicação do CENSO 2020, quando se dá a revisão do presente Plano Diretor de Macro drenagem e Manejo das Águas Pluviais.

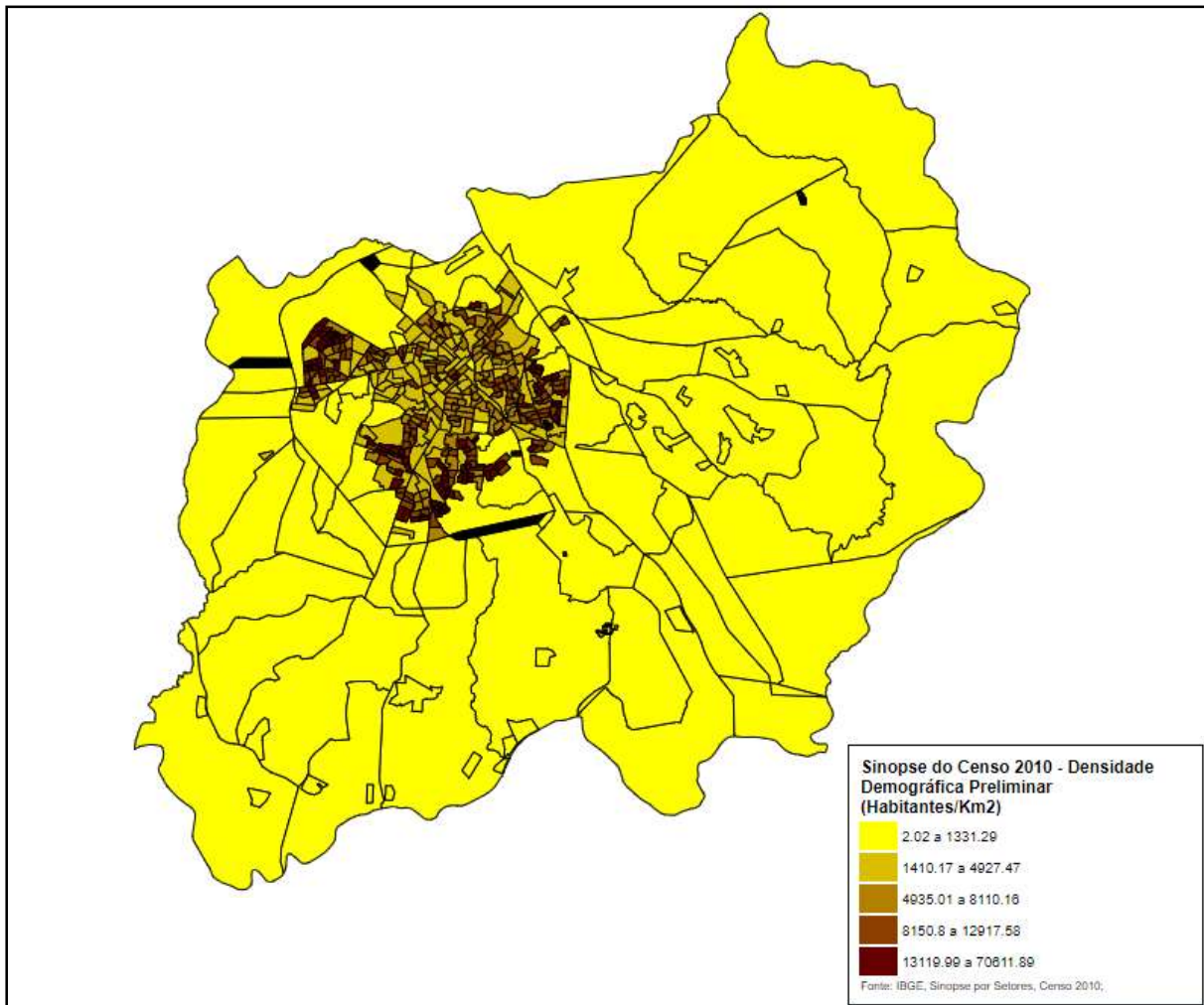
7.6.1. Densidade demográfica

Densidade demográfica, densidade populacional ou população relativa é a medida expressa pela relação entre a população e a superfície do território, geralmente aplicada a seres humanos e expressa em habitantes por quilômetro quadrado.

Neste sentido, no Município de Limeira, de acordo com o IBGE, a densidade demográfica no ano de divulgação do último censo oficial, era de 475,32 hab./km². Ressalta-se, que o resultado da densidade demográfica permite que o município desenvolva políticas públicas para atender as necessidades sociais e econômicas de uma determinada população.

Este dado permite avaliar também os impactos causados ao ambiente pelo excesso de pessoas em um determinado local, monitorando desta forma, o desmatamento, a poluição de rios e córregos, além da geração de resíduos. A Figura 14 traz a densidade demográfica do Município de Limeira, obtido no censo de 2010.

Figura 14 – Densidade Demográfica do Município de Limeira.



Fonte: IBGE, Sinopse por Setores, Censo 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

7.6.2. Distribuição etária por gênero

A composição por sexo da população de Limeira, focalizada segundo grupos etários, evidencia maior número de homens em relação as mulheres, ainda que haja pouca diferença entre eles. Neste sentido, na década de 2010, ano do último censo oficial, dos 276.022 habitantes, 135.628 eram homens e 140.394 eram mulheres, representando 49,14% e 50,86% respectivamente.

Salienta-se que a conformação etária constitui resultados dos efeitos combinados entre fecundidade, mortalidade e migração, gerando pressões de demanda diferenciadas sobre os serviços públicos de atendimento às necessidades básicas da população.



7.6.3. Índice de Desenvolvimento Humano – IDH

O cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), possui a finalidade de caracterizar a qualidade do desenvolvimento do cidadão através do estudo de três indicadores, sendo eles: a longevidade, a renda e a educação.

Para efeito de comparação, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), indica que o valor desse índice deve variar de 0,000 a 1,000, sendo que, quanto mais próximo de 1,000, melhor é a qualidade do desenvolvimento do indivíduo e, quanto mais próximo de 0,000, pior é o seu desenvolvimento.

Com isto, a Tabela 3 mostra a série histórica do IDH do Estado de São Paulo e IDHM dos Municípios de São Caetano do Sul e Limeira. O Município de São Caetano do Sul consta na tabela abaixo por ser o melhor IDH do estado, servindo assim, como modelo de comparação para Limeira.

Insta salientar que o IDH municipal é publicado juntamente com o CENSO populacional oficial, o qual teve sua última realização em 2010. Mesmo tendo sua periodicidade de publicação a cada 10 anos, o censo 2020 ainda não havia sido terminado até a data de revisão do presente Plano.

Tabela 3 – Série histórica do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH.

Ano	IDH São Paulo	IDH São Caetano do Sul	IDH Limeira
1991	0,578	0,697	0,561
2000	0,702	0,820	0,700
2010	0,783	0,862	0,775

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Através da tabela acima percebe-se um aumento de 10,71% no IDH do Município Limeira em comparação a 2000 e 2010. Enquanto que o IDH do Estado de São Paulo passou de 0,702 para 0,783 em dez anos, ou seja, neste período a evolução do índice foi de 11,54%.

Em 2010, o IDH do município ocupava a 178ª posição entre os 5.565 municípios brasileiros e a 90ª posição, entre os municípios do Estado de São Paulo.

Na Tabela 4 é apresentada a evolução do IDH de Limeira durante os censos realizados pelo IBGE nos anos de 2000 e 2010. Nota-se o grande avanço de qualidade



registrado pelo município com o IDH aumentando de 0,700 para 0,775. Mostra-se também a significância em cada setor individual, com maior destaque para o IDH referente a longevidade e educação no município.

Tabela 4 – IDH nos componentes nos censos de 2000 e 2010 para o Município de Limeira.

Indicadores	Ano	
	2000	2010
IDHM	0,700	0,775
IDHM Educação	0,593	0,719
% de 18 anos ou mais de idade com ensino fundamental completo	48,15	61,03
% de 4 a 5 anos na escola	54,53	92,67
% de 11 a 13 anos de idade nos anos finais de ensino fundamental ou om ensino fundamental completo	83,88	89,88
% de 15 a 17 anos de idade com ensino fundamental completo	58,89	71,65
% de 18 a 20 anos de idade com ensino médio completo	38,04	53,27
IDHM Longevidade	0,797	0,852
Esperança de vida ao nascer	72,79	76,11
IDHM Renda	0,726	0,761
Renda per capita	732,6	910,85

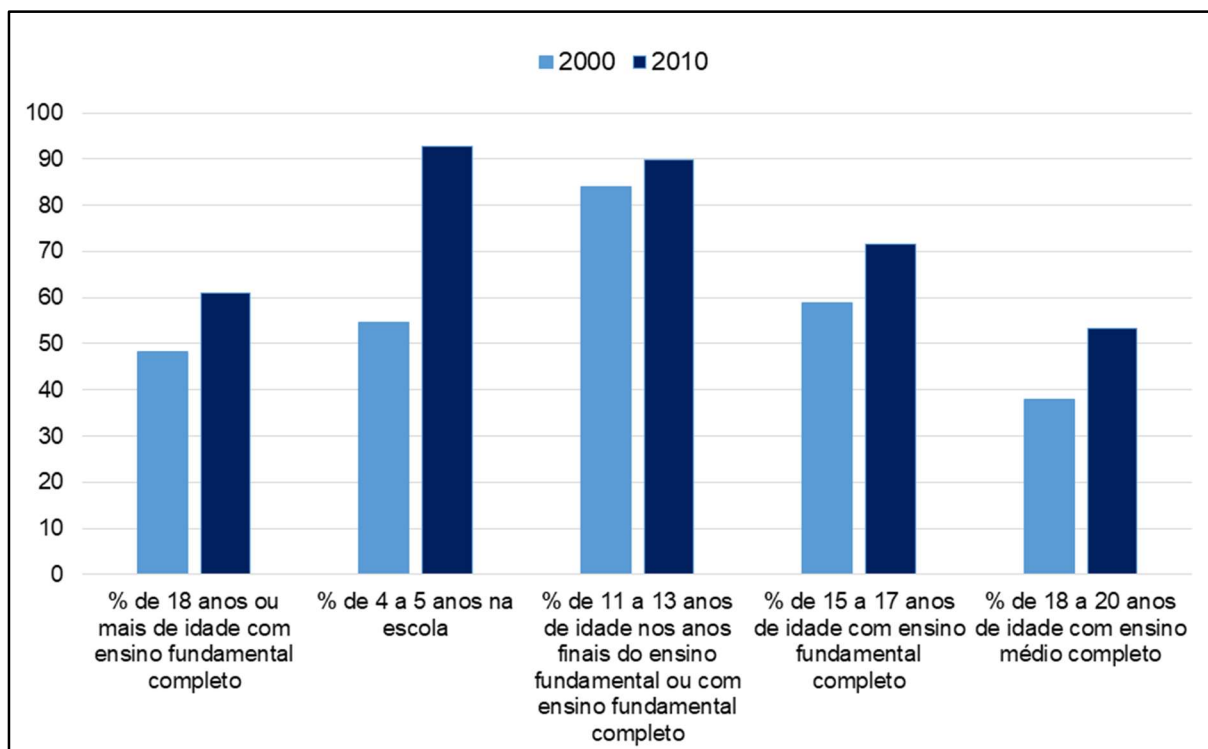
Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Ao considerar as dimensões que compõem o IDH, também entre 2000 e 2010, verifica-se que o IDH Longevidade apresentou alteração de 6,90%, o IDH Educação apresentou alteração 21,25% e IDH Renda apresentou alteração 4,82%.

7.6.4. Educação

Considerando o Censo de 2010, um percentual de 97,11% das crianças de 5 a 6 anos de idade frequentavam as escolas, sendo essa a faixa etária com maior fluxo escolar no município. Para as crianças de 11 a 13 anos, a proporção é reduzida para 89,88%. O público jovem que possui o ensino fundamental completo de 15 a 17 anos era de 71,65% nesta década e, por fim, a proporção de jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo era de 53,27%. A Figura 15, mostrada abaixo faz um comparativo da década de 2000 a 2010.

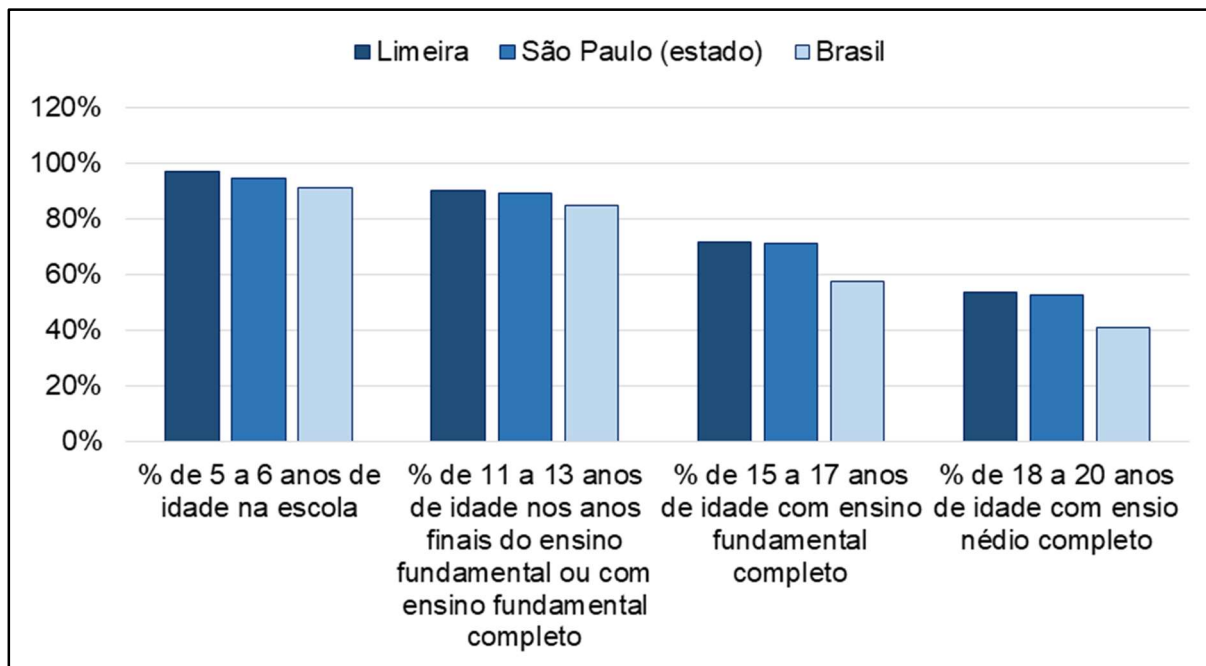
Figura 15 – Educação no Município de Limeira.



Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em uma análise de fluxo escolar por faixa etária entre o Brasil, o Estado de São Paulo e o Município de Limeira, na década de 2010, o município apresentou proporções superiores em todas as faixas etárias analisadas. A Figura 16 demonstra este comparativo.

Figura 16 – Comparativo de fluxo escolar entre Limeira, o Estado de São Paulo e o Brasil.



Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

7.6.5. Saúde

O Município de Limeira possui 32 Unidades Básicas de Saúde (UBS) atualmente, sendo uma Unidade de Pronto Atendimento (UPA), cinco hospitais públicos e privados, além de diversos outros dispositivos de suporte a saúde. A Tabela 5 abaixo mostra o somatório de todos os serviços de saúde oferecidos pelo município, de acordo com informações do SUS.

Tabela 5 – Serviços de saúde oferecidos no Município de Limeira.

Descrição	Instalações
Ambulatórios	2
Centros de Atenção Psicossocial / Terapias Integradas / Epidemiologia / Patologia / Controle de Zoonoses	7
Centros de Saúde Familiar	32
Policlínica	1
Unidade de Suporte Avançado	1
Unidade de Suporte Básico	3
Unidade de Pronto Atendimento	1

Fonte: SUS, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



7.7. ECONOMIA

Limeira está entre as 100 cidades mais ricas do Brasil, sendo a 24^a mais rica do Estado de São Paulo. O PIB *per capita* foi de R\$ 44.418,06 e sendo o PIB, a preços correntes, no total de R\$ 13.702.173,36 (x1000) (IBGE, 2020). Segundo o IBGE (2020), em 2020, o setor de serviços foi o que mais arrecadou no Município de Limeira, seguido pelos setores da indústria e da agropecuária.

Baseada na exploração agrícola, o município teve como principal fonte de renda a cultura de cana de açúcar, passando a produzir café na década de 1820, se tornando um dos principais polos deste cultivo no país. Após o ciclo do café entrar em declínio, devido à crise de 1929, a cafeicultura foi sendo abandonada e novas culturas surgiram em seu lugar, como o cultivo de laranja. A citricultura então passou a se desenvolver na região fazendo com que o Município de Limeira fosse considerado a capital da laranja na década de 1960. Entretanto, após o declínio desta cultura, a cana de açúcar voltou a ser a cultura predominante no município, seguida da cultura de legumes e verduras. Limeira também é destaque na produção de mudas em geral (LIMEIRA, 2021).

Estão situados em Limeira 4.000 estabelecimentos comerciais e 3.000 prestadoras de serviços compõem o setor comercial do município. Possui ainda três centros comerciais que possuem grandes lojas como âncoras. Há ainda um hipermercado e diversos supermercados de menor porte distribuídos geograficamente pelo município (LIMEIRA, 2021).

O setor industrial da cidade também passou por diversas mudanças. Produziu equipamentos para soldados durante a guerra do Paraguai, chapéus Prada e teve a indústria de papel Santa Cruz como umas das principais indústrias da cidade. Outras indústrias também prosperaram durante as décadas de 40 a 70, como as de subprodutos da citricultura, peças automotivas e insumos alimentícios. Atualmente a principal atividade industrial de Limeira é a produção de joias folheadas a ouro, tendo lugar de destaque ao responder por quase metade da produção deste setor no Brasil (LIMEIRA, 2021).



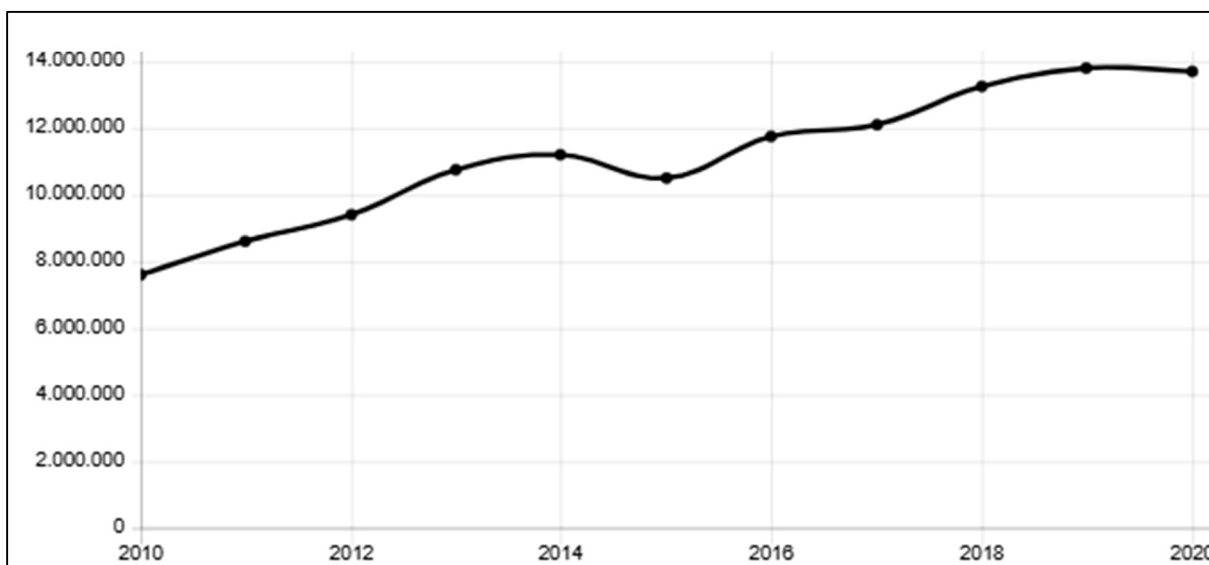
7.7.1. Produto Interno Bruto (PIB)

O Produto Interno Bruto (PIB), representa a soma em valores monetários de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região, sendo países, estados ou cidades, durante um período determinado de tempo. O PIB é um dos indicadores mais utilizados na macroeconomia com o objetivo de quantificar a atividade econômica de uma região.

Entretanto o PIB é apenas um indicador síntese de uma economia. Ele ajuda a compreender um país, mas não expressa importantes fatores, como distribuição de renda, qualidade de vida, educação e saúde. Um país tanto pode ter um PIB pequeno e ostentar um altíssimo padrão de vida, como registrar um PIB alto e apresentar um padrão de vida relativamente baixo.

Como mencionado anteriormente, de acordo com o IBGE, em 2020, o PIB *per capita* do Município de Limeira era de R\$ 44.418,06, enquanto que, na Capital, São Paulo, era de R\$ 60.750,09. Sendo assim, o Gráfico 1 apresenta a evolução do PIB de Limeira entre os anos de 2010 a 2020.

Gráfico 1 – Histórico Produto Interno Bruto do Município de Limeira (R\$ x 1.000).



Fonte: IBGE, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



7.7.2. Renda

Os valores da renda *per capita* mensal registrados nos anos de 2000 e 2010, evidenciam que houve crescimento da mesma no Município de Limeira entre os anos mencionados. A renda *per capita* mensal no município era de R\$ 732,60 em 2000, e de R\$ 910,85, em 2010, com base nos preços de agosto de 2010.

O Atlas do Desenvolvimento Humano classifica a população do Município de Limeira em extremamente pobres, pobres e vulneráveis à pobreza considerando a renda domiciliar *per capita* mensal (valores a preços de 01 de agosto de 2010). Neste sentido, a Tabela 6 demonstra a classificação.

Tabela 6 – Classificação pela renda domiciliar *per capita* no Município de Limeira.

Categoria	Extremamente pobres	Pobres	Vulneráveis a pobreza
Renda per capita	< R\$ 70,00	< R\$ 140,00	< R\$ 255,00
Proporção em 2000	2,16%	8,47%	24,60%
Proporção em 2010	0,85%	3,25%	13,48%

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Com base nas informações de pessoas que estão inscritas no Cadastro Único - CadÚnico do Governo Federal, a Tabela 7 apresenta a proporção de cada classificação mencionada anteriormente, após o recebimento do Bolsa Família.

Tabela 7 – Classificação com base no CadÚnico do Governo Federal no município.

Categoria	Extremamente pobre	Pobre	Vulneráveis a pobreza
Renda per capita	< R\$ 70,00	< R\$ 140,00	< R\$ 255,00
Proporção em 2014	15,08%	31,65%	39,15%
Proporção em 2017	6,10%	28,31%	56,91%

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano, 2017. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Quanto ao índice de desigualdade, o de “Gini” é uma das medidas de desigualdade de renda constantes do Atlas do Desenvolvimento Humano no país, em que seu valor pode variar entre 0,00 e 1,00, sendo que quanto maior o índice, maior a



desigualdade de renda existente. Assim sendo, o Município de Limeira passou de 0,52, em 2000, para 0,48, em 2010, indicando redução na desigualdade de renda.

7.7.3. Vulnerabilidade social

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), é um indicador que permite aos governos um detalhamento sobre as condições de vida de todas as camadas socioeconômicas do país, identificando àquelas que se encontram em vulnerabilidade e risco social.

A vulnerabilidade social diz respeito à suscetibilidade à pobreza e é expressa por variáveis relacionadas à renda, à educação, ao trabalho e à moradia das pessoas e famílias em situação vulnerável. Para estas quatro dimensões de indicadores mencionadas, destacam-se para o Município de Limeira os resultados apresentados a seguir, na Tabela 8.

Tabela 8 – Vulnerabilidade social do Município de Limeira.

Indicadores	Ano	
	2000	2010
Crianças e Jovens		
% de crianças de 0 a 5 anos de idade que não frequentam a escola	74,37	44,00
% de 15 a 24 anos de idade que não estudam nem trabalham em domicílios vulneráveis à pobreza	7,81	4,72
% de crianças com até 14 anos de idade extremamente pobres	4,01	1,65
Adultos		
% de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal	39,42	27,86
% de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade	10,28	12,22
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e dependentes de idosos	1,69	0,96
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e que gastam mais de uma hora até o trabalho	-	0,14
Condição de Moradia		
% da população que vivem em domicílios com banheiro e água encanada	98,06	97,54

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



Em análise a dinâmica da tabela, é relevante salientar que para os indicadores abaixo, houve redução no período de 2000 a 2010:

- Percentual de crianças extremamente pobres: de 4,01% para 1,65% (redução de 2,36%);
- Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam nem trabalham e são vulneráveis à pobreza: de 7,81% para 4,72% (redução de 3,09%);
- Percentual de crianças de 0 a 5 anos de idade que não frequentam a escola: de 74,37% para 44,00 % (redução de 30,37%);
- Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal: de 39,42% para 27,86% (redução de 11,56%).

8. ESTUDO DEMOGRÁFICO

As metas para a universalização do acesso e a promoção da saúde pública, que integram o Plano Municipal de Microdrenagem, Macrodrenagem e de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais de Limeira, consideram a estimativa de crescimento populacional para um horizonte de planejamento de trinta anos, conforme definido anteriormente. Para isso, se faz necessário prever a população do município no final do período determinado.

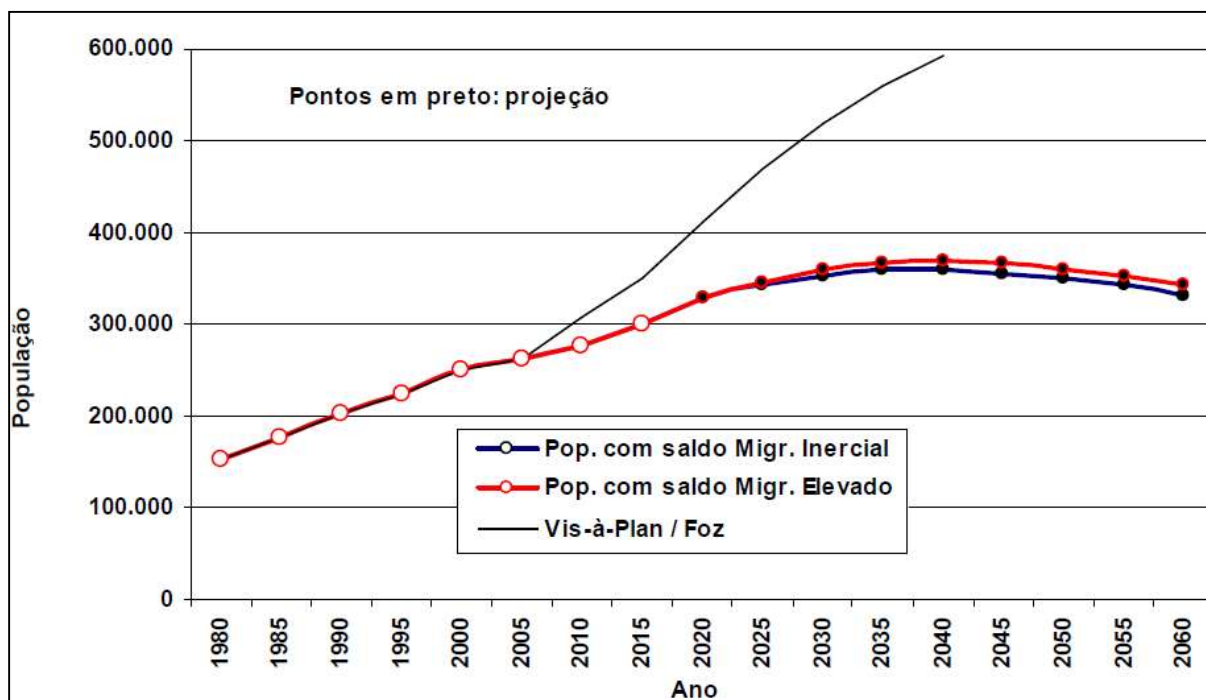
Através da análise dos dados populacionais do município é possível se analisar o comportamento de urbanização e ocupação do mesmo, facilitando a priorização das áreas de intervenção. Geralmente, existe uma tendência cada vez maior de crescimento e urbanização devido a fenômenos de migração do campo para a cidade, ou mesmo de pessoas de outros municípios à procura de melhores empregos e condições de vida mais satisfatórias. De modo contrário, o crescimento da população também pode se estabilizar ou mesmo decair, a depender das variáveis econômicas, sociais e ambientais, tanto locais como regionais.

Um estudo estatístico é uma metodologia desenvolvida para o tratamento de dados coletados, objetivando a classificação, apresentação, análise e interpretação das informações e sua utilização para a tomadas de decisão. Diversos são os métodos aplicáveis para o estudo do crescimento populacional, bem como as variáveis a serem utilizadas para alimentar os modelos de previsão.

Para o Município de Limeira, durante a revisão dos Planos Diretores de Água e Esgoto em 2022, foi elaborada projeção demográfica utilizando-se o Método dos Componentes Demográficos, o qual leva em consideração a tendência histórica de três variáveis demográficas básicas: fecundidade, mortalidade e saldos migratórios. O estudo partiu da macro para a micro análise, primeiramente projetando o crescimento da população total para depois avaliar seu comportamento nos diferentes setores censitários.

Devido a inexistência de dados oficiais do Censo de 2020 quando se dá a elaboração do estudo supracitado, foi adotada a projeção inercial, ou seja, aquela na qual se projetam os saldos migratórios, a fecundidade e a mortalidade considerados mais prováveis de acordo com sua tendência num intervalo histórico de 30 anos (LIMEIRA, 2022). O gráfico da Figura 17 mostra a projeção populacional usada para atualização dos eixos de água e esgoto do Plano Municipal de Saneamento Básico, elaborada pela empresa Arcadis, bem como a projeção elaborada para o Plano Diretor de Água e Esgoto (PDAE) de 2012 pela empresa Vis-à-Plan, a qual não levou em consideração as variáveis demográficas utilizadas para o estudo mais recente.

Figura 17 – Projeções populacionais dos planos anteriores.



Fonte: Limeira, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



A Tabela 9 mostra os valores da projeção populacional elaborada para a revisão do PDAE até o ano de 2040.

Tabela 9 – Projeção populacional do PDAE de 2022 (habitantes).

Ano	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Total	276.022	300.674	327.802	342.662	352.560	358.771	359.347
Urbana	267.785	291.471	317.337	331.469	339.787	345.376	345.804
Rural	8.237	9.203	10.465	11.193	12.774	13.395	13.543

Fonte: Limeira, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Já a SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, vinculada à Secretaria da Fazenda e Planejamento, considerada centro de referência nacional na produção e disseminação de análises e estatísticas socioeconômicas e demográficas, publica periodicamente em seu site uma projeção populacional atualizada, com base nos dados de nascimentos, óbitos e estimativas de movimentos migratórios. Insta salientar que a atualização dos dados da SEADE é mensal, ou seja, a projeção populacional para um mesmo ano pode se alterar em função da data de consulta.

A Tabela 10 mostra a projeção populacional encontrada no site da SEADE em fevereiro de 2023.

Tabela 10 – Projeção populacional da SEADE (habitantes).

Ano	Rural	Urbana	Total
2000	10.679	237.939	248.618
2005	10.928	251.980	262.908
2010	8.230	267.556	275.786
2015	7.468	279.414	286.882
2020	6.922	289.378	296.300
2025	6.517	296.659	303.176
2030	6.205	301.103	307.308
2035	5.949	302.587	308.536
2040	5.722	301.126	306.848
2045	5.517	297.495	303.012
2050	5.311	291.372	296.683

Fonte: SEADE, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



Já a Tabela 11 mostra o grau de urbanização estimado pela SEADE.

Tabela 11 – Grau de Urbanização previsto pela SEADE.

Ano	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Urbanização (%)	95,7	95,8	97,0	97,4	97,7	97,9	98,0	98,1	98,1	98,2	98,2

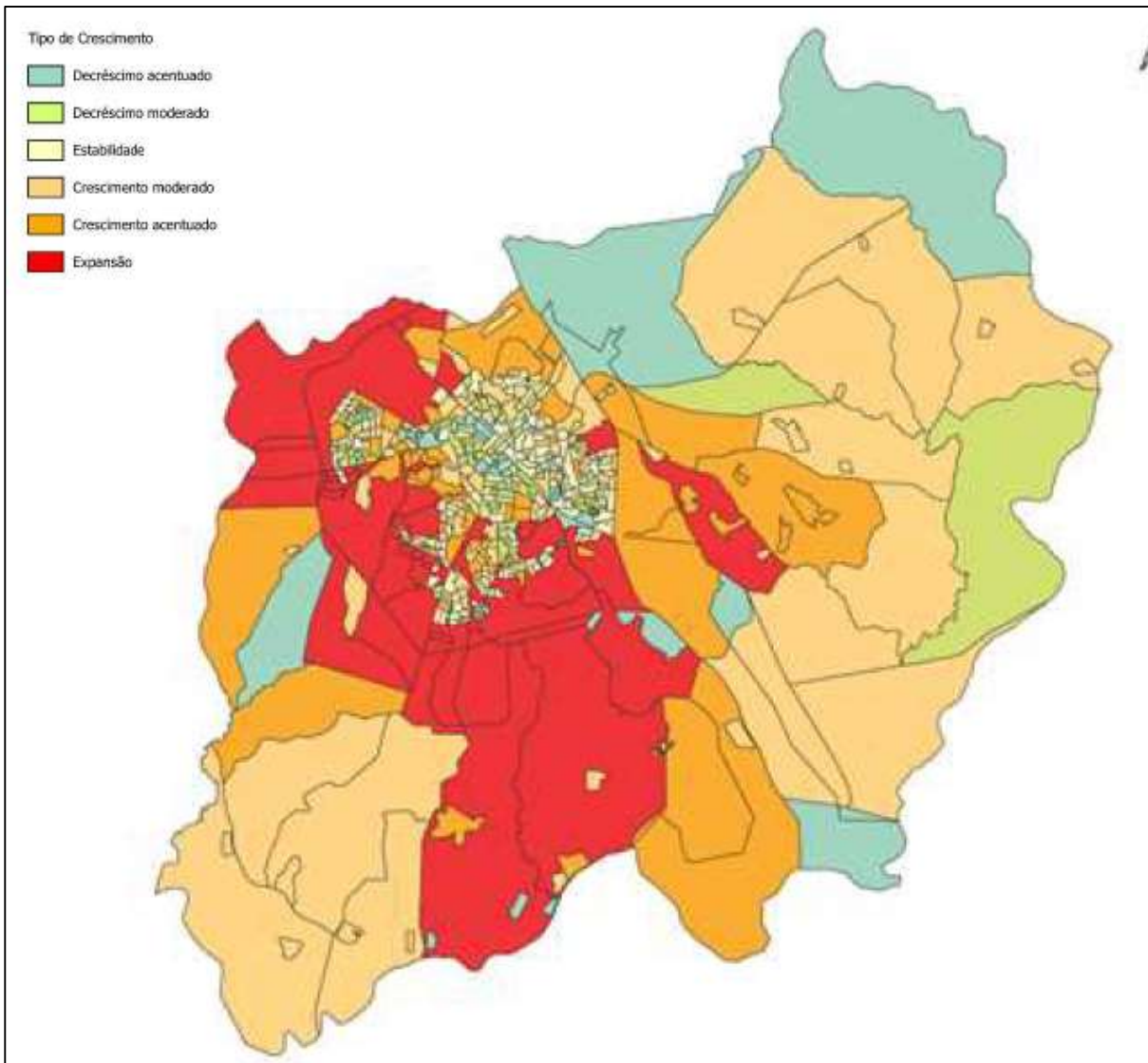
Fonte: SEADE, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Nota-se que, mesmo utilizando a mesma metodologia de projeção, ou seja, o Método dos Componentes Demográficos, os estudos apresentados no Plano de 2022 e pela SEADE em 2023 tem significativa diferença entre as estimativas populacionais. Um exemplo disso é que, enquanto o PDAE 2022 apresenta em 2040 uma população total de 359.347 habitantes, o SEADE traz em sua projeção, para o mesmo ano, um total de 306.848 habitantes, totalizando uma diferença de mais de 50.000 habitantes.

Dada a atualização mensal dos dados utilizados para suas projeções, infere-se que o SEADE tenha acesso a informações demográficas mais atuais e melhor representativas da realidade, sendo adotada então a projeção que consta no site da Fundação, em fevereiro de 2023, para os estudos a serem realizados no presente plano. Tal projeção consta na Tabela 10 em epígrafe.

Contudo, cabe salientar que mesmo com a flutuação da população final nos diferentes estudos, infere-se que a intensidade de adensamento e urbanização dos setores censitários e áreas de expansão tende a se manter, portanto, foi adotada a estimativa de densidade apresentada no PDAE de 2022, conforme mostra a Figura 18.

Figura 18 – Faixa de crescimento para os diferentes setores censitários de Limeira/SP.



Fonte: Limeira, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



DIAGNÓSTICO



INTRODUÇÃO

A expansão das áreas urbanas traz consigo uma série de desafios, e entre eles, destaca-se a gestão eficiente da drenagem pluvial. A drenagem urbana municipal desempenha um papel crucial no planejamento das cidades, além de garantir a segurança e o bem-estar dos seus habitantes. No entanto, as características únicas de cada região urbana impõem a necessidade de um diagnóstico detalhado e personalizado, a fim de desenvolver soluções eficazes e eficientes.

Este trabalho tem como objetivo explorar a complexidade das redes de drenagem urbana, analisando as características-chave que influenciam no seu funcionamento e impactam no ambiente urbano. A compreensão profunda das características hidrológicas, topográficas e geomorfológicas de uma área é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de drenagem eficazes. A análise das taxas de precipitação, escoamento superficial, permeabilidade e uso do solo oferece uma base sólida para o diagnóstico das necessidades específicas de cada município.

Além disso, a infraestrutura urbana existente, como redes de esgoto, pavimentação e edificações, influencia diretamente a capacidade de drenagem. A identificação de áreas de risco, pontos críticos de estrangulamento do fluxo d'água e locais propícios a alagamentos é parte integrante do diagnóstico da drenagem urbana. Essa análise permite a formulação de estratégias que consideram tanto as necessidades presentes quanto as futuras, levando em conta o crescimento urbano e os eventos climáticos.

No entanto, o desafio reside não apenas na identificação dessas características, mas também na integração das informações em um modelo abrangente que possa simular o comportamento do sistema de drenagem em diferentes cenários. A modelagem hidráulica e computacional emerge como uma ferramenta poderosa para prever o comportamento da drenagem urbana sob diferentes condições climáticas e de uso do solo. Isso permite a avaliação de alternativas de intervenção e seleção das estratégias mais eficazes para mitigar os efeitos das chuvas intensas.

Neste contexto, este produto se propõe a apresentar uma análise das características da drenagem urbana municipal, abordando as principais influências exercidas no seu funcionamento e eficácia. Ao compreender as particularidades de cada área urbana, é possível planejar e implementar soluções de drenagem que promovam a



resiliência urbana, minimizando riscos e planejando ambientes mais seguros e sustentáveis.

Neste plano, a componente drenagem e manejo de águas pluviais, em sua fase de diagnóstico, pretende analisar os sistemas de microdrenagem, macrodrenagem e de drenagem natural, apontar problemas existentes e potenciais e, além disso, elaborar cartas temáticas com base nos dados secundários e cartografia disponível da região, destacando temas de hidrografia, uso e ocupação dos solos, cobertura vegetal, características dos solos e topografia.

Ainda, através do estudo das microbacias urbanas, será apresentada a identificação das melhores e piores condições de escoamento das microbacias, assim como será estimado o volume de escoamento para cada exutória, de acordo com os períodos de retorno determinados.



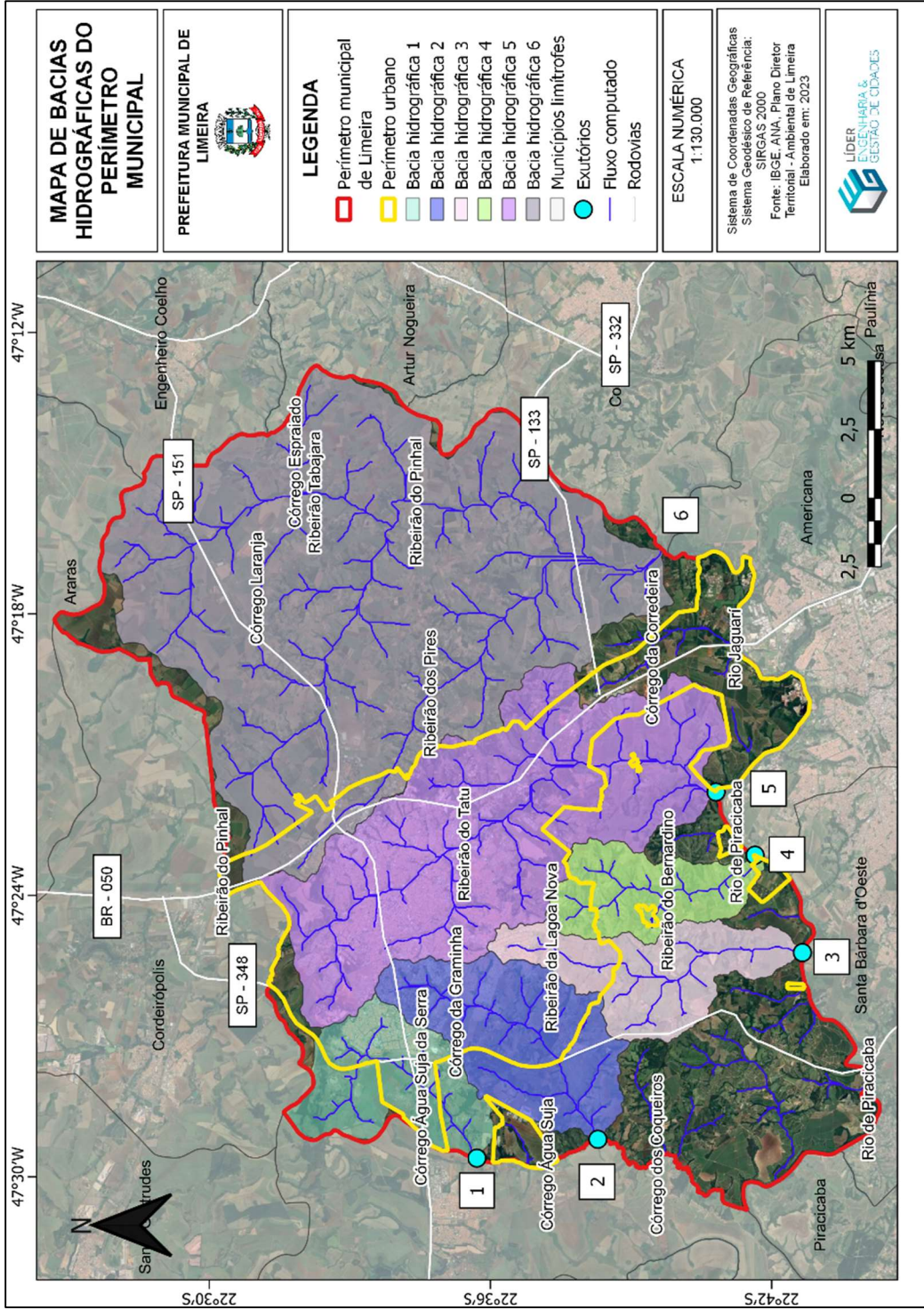
9. CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO

Limeira, assim como todas as cidades, é marcada pela presença de Bacias Hidrográficas que desempenham papéis importantes na dinâmica urbana. No município, as Bacias do Córrego da Água Suja da Serra, Córrego da Graminha, Ribeirão da Lagoa Nova, Ribeirão do Bernardino, Ribeirão Tatu e Ribeirão dos Pires/Pinhal são elementos essenciais da paisagem e do sistema hídrico municipal.

A caracterização dessas bacias é de suma importância para compreender a interação entre o desenvolvimento humano e o ambiente natural. A urbanização intensa tem impactado diretamente essas áreas, alterando a dinâmica natural de escoamento das águas pluviais e gerando desafios significativos para o manejo adequado dos recursos hídricos.

A Figura 19 ilustra a delimitação das Bacias Hidrográficas municipais de Limeira.

Figura 19 – Mapa de Bacias Hidrográficas do Município de Limeira.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



- **1 – Bacia Hidrográfica do Córrego da Água Suja da Serra**

Esta bacia localiza-se na região Noroeste do município, com o Córrego da Água Suja como o principal corpo hídrico receptor das águas provenientes dos afluentes e com extensão de aproximadamente de 7,67 km. A abrangência desta bacia hidrográfica sobre o perímetro urbano é baixa, com influência nas extremidades da região Oeste. A área de drenagem da bacia hidrográfica é de aproximadamente 28,18 km² com perímetro de 26,53 km.

- **2 – Bacia Hidrográfica do Córrego da Graminha**

Esta bacia está localizada na região Oeste do município e seu canal principal, receptor das contribuições hídricas dos afluentes da bacia, é o Córrego da Graminha, que possui extensão de aproximadamente 10,85 km. Possui influência baixa na região Sudoeste do perímetro urbano. A área de drenagem desta bacia hidrográfica é de aproximadamente 39,92 km² e perímetro de 30,98 km.

- **3 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Lagoa Nova**

Esta bacia está localizada na região Sul do município e seu canal principal é o Ribeirão da Lagoa Nova, o qual apresenta extensão de aproximadamente 12,71 km. Em relação ao perímetro urbano localiza-se na porção Sul do mesmo e apresenta baixa influência. A área de drenagem desta bacia hidrográfica é de aproximadamente 28,91 km² e perímetro de 33,84 km.

- **4 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Bernardino**

Esta bacia está localizada na região Sul do município e seu canal principal é o Ribeirão Bernardino, com extensão de aproximadamente 9,01 km. Localiza-se na região sul do perímetro urbano e possui baixa influência sobre o mesmo. A área de drenagem desta bacia hidrográfica é de aproximadamente 21,41 km² e perímetro de 24,78 km.



- **5 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu**

Esta bacia possui extensão do Norte ao Sul dentro do limite municipal e apresenta grande influência sobre o perímetro urbano, abrangendo a maior parte da área urbanizada do município. O canal principal desta bacia hidrográfica é o Ribeirão Tatu, que possui uma extensão de aproximadamente 20,44 km, com a área de drenagem de 111,08 km² e perímetro de 62,45 km.

A área urbana de Limeira é composta por várias residências e comércios, os quais tem seu efluente tratado antes do lançamento no Ribeirão Tatu. Em relação a Área de Proteção Permanente (APP) que se encontra na área urbana de Limeira, o Ribeirão Tatu, neste trecho é parcelado em áreas onde há vegetação, sendo algumas provenientes de ações de reflorestamento enquanto também há a ocorrência de áreas desprovidas de recobrimento vegetal.

A região sul da bacia hidrográfica do Ribeirão Tatu é composta por residências e chácaras associadas a atividades industriais, além de plantios agrícolas e florestais. Neste trecho do Ribeirão Tatu, também se encontra áreas de reflorestamento, o aterro sanitário municipal, horto florestal municipal e o zoológico municipal.

- **6 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Pires / Ribeirão do Pinhal**

Esta bacia está localizada em grande extensão na região Leste do limite municipal e apresenta baixa influência sobre o perímetro urbano do município. Apresenta rios de grande porte, sendo estes o Ribeirão dos Pires (16,71 km) e o Ribeirão do Pinhal (21,13 km) e, além destes, também conta com o Ribeirão Tabajara. A área de drenagem desta bacia é de aproximadamente 227,66 km² e perímetro de 75,39 km.

De acordo com o Plano de Recursos Hídricos de Limeira (2015) esta bacia em específico é de enorme importância para o município, pois é na área desta que ocorre a captação de água superficial para o abastecimento da população urbana. Visando garantir a preservação desta bacia hidrográfica, têm-se a Lei Complementar n° 212 de 2009 que dispõe sobre a Política Municipal de Recursos Hídricos de Limeira e estabelece diretrizes e normas para a proteção, preservação e recuperação da ZPM – Zona de Proteção aos Mananciais, a partir da criação da APRM – Área de Preservação e Recuperação de Mananciais. A referida lei expõe sobre a regulamentação do



uso e ocupação do solo da água e, de acordo com o Art. 9º, ficam criadas a Área de Restrição de Ocupação, Área de Recuperação Ambiental e Área de Ocupação Dirigida.

Entretanto, segundo a bibliografia existente e o diagnóstico prévio dos problemas relacionados à drenagem urbana no Município de Limeira, bem como as informações obtidas nas reuniões técnicas com a equipe municipal de acompanhamento do Plano, definiu-se a Bacia do Ribeirão Tatu para a aplicação dos estudos hidráulicos e hidrológicos prioritários no presente plano. As principais razões para tal delimitação, dentre outras, encontram-se descritas nos parágrafos que seguem.

Primeiramente, a Bacia do Ribeirão Tatu abrange quase toda a área urbanizada do perímetro urbano do município, o que significa que a maioria dos problemas relacionados à drenagem urbana na cidade ocorre nessa região. Além disso, ela contém o principal corpo hídrico dentro do perímetro municipal e deságua no Rio Piracicaba, tornando-a um elemento essencial para a gestão dos recursos hídricos da região.

Outra razão para esta escolha, é devido a pouca influência que as outras bacias hidrográficas contidas no perímetro municipal apresentam na área urbana de Limeira. Portanto, ao concentrar os esforços de gestão e planejamento na Bacia do Ribeirão Tatu, é possível garantir que as ações serão efetivas e direcionadas para a área que realmente precisa de intervenção.

A relevância desta bacia também pode ser afirmada tendo em vista que o plano de emergência da Defesa Civil considera as microbacias inseridas na Bacia do Ribeirão Tatu em seu planejamento. Isso demonstra a importância dessa bacia em termos de gestão de riscos e desastres naturais, uma vez que a região é propensa a inundações e outros eventos climáticos extremos.

Por fim, a tendência de expansão urbana da cidade para os próximos anos se detém aos limites da Bacia do Ribeirão Tatu. Isso significa que, ao investir em infraestrutura de drenagem e manejo de águas pluviais nessa região, é possível garantir que a expansão urbana ocorra de forma planejada e sustentável, evitando problemas futuros de alagamentos e inundações.

Em suma, a escolha da Bacia do Ribeirão Tatu como área de estudo delimitada para o Plano Diretor de Macrodrenagem e Manejo das Águas Pluviais do Município de Limeira é justificada por sua importância estratégica para a gestão dos recursos hídricos da região, sua vulnerabilidade a eventos climáticos extremos, sua influência



significativa na área urbana do município e sua relação com a expansão urbana planejada para os próximos anos.

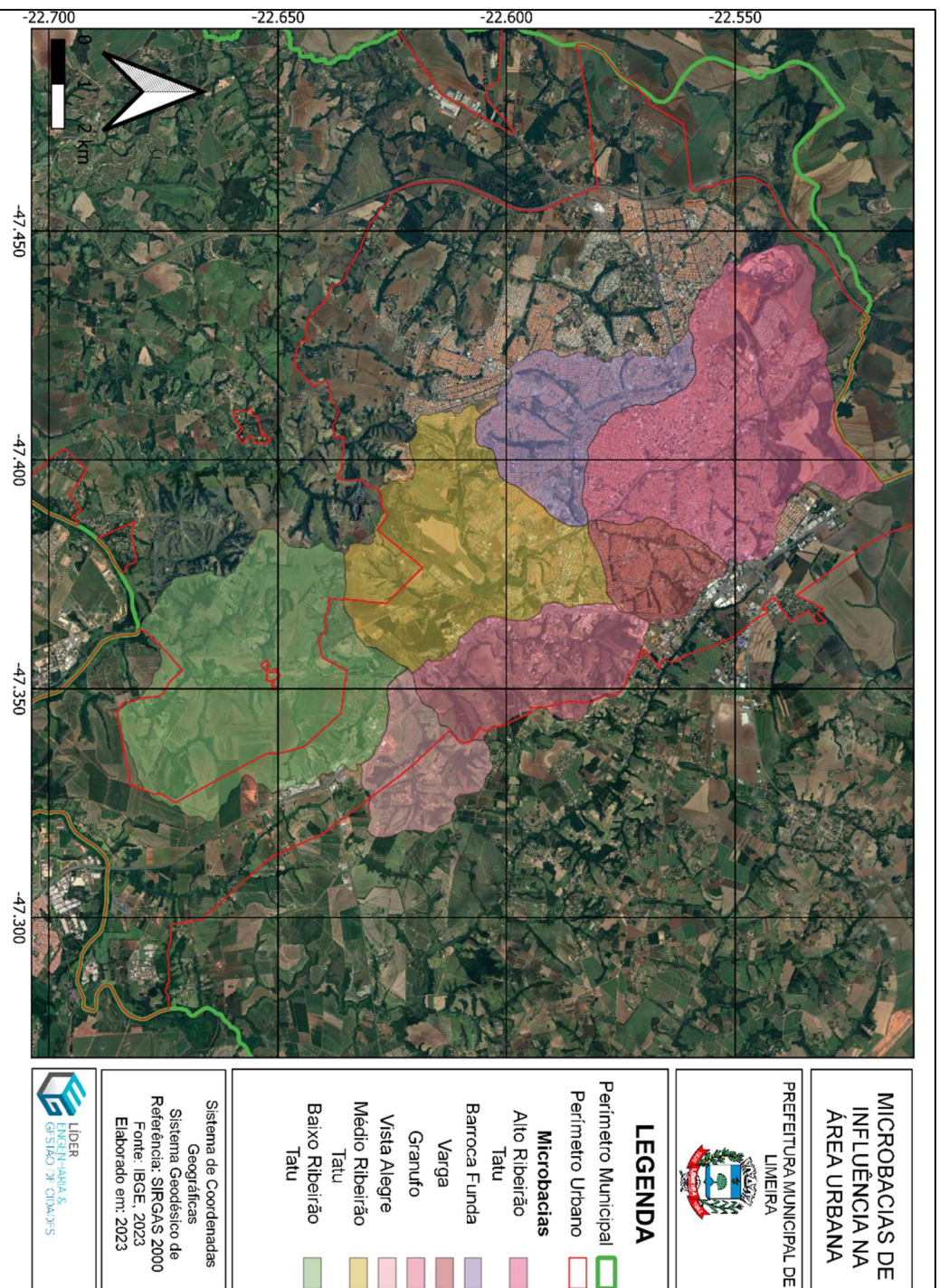
A Bacia do Ribeirão Tatu divide-se em 7 microbacias urbanas, sendo elas:

- Microbacia do Alto Ribeirão Tatu;
- Microbacia do Córrego da Barroca Funda;
- Microbacia do Córrego do Varga;
- Microbacia do Córrego do Granufo;
- Microbacia do Córrego Vista Alegre;
- Microbacia do Médio Ribeirão Tatu;
- Microbacia do Baixo Ribeirão Tatu.

A Figura 20 mostra a delimitação das microbacias supracitadas.



Figura 20 – Mapa de microbacias com influência na área urbana.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



9.1. ANÁLISE MORFOMÉTRICA

A metodologia utilizada para determinação dos parâmetros foi a proposta por Horton (1945), sendo a mesma aplicada, considerando as condições ambientais brasileiras definidas por Villela e Mattos (1975) e Christofolletti (1980). Os dados secundários utilizados foram armazenados em ambiente SIG, em que foram feitos os cálculos, por meio de ferramentas estatísticas e de geoprocessamento, fazendo uso dos softwares: *ESRI® Arc Map™ 10.4.1* e *Microsoft® Excel 2016*.

O principal objetivo do estudo morfométrico é demonstrar, mediante os cálculos de parâmetros, quais microbacias apresentam as melhores e piores condições de drenagem, de acordo com suas condições naturais. Neste estudo de caracterização morfométrica, optou-se pela utilização de microbacias com o objetivo de identificar as condições de drenagem natural, conseqüentemente o programa gerou um possível fluxo de drenagem através do modelo de elevação digital (MDE), de modo que os cálculos foram realizados sobre esses dados. As microbacias selecionadas foram as que apresentaram influência direta na dinâmica urbana do Município de Limeira.

A análise morfométrica expõe a classificação e ordenação dos principais fluxos de drenagem, obtendo assim a hierarquia fluvial para cada microbacia. Posteriormente deu-se procedência nas análises de aspectos lineares, areais e hipsométricos, conforme aponta no Quadro 4.

Quadro 4 – Segmentos de canais por ordem de hierarquia fluvial.

Hierarquia Fluvial			
Microbacias	Ordem	Quantidade	Extensão (km)
Microbacia Alto do Ribeirão Tatu	Primária	15	13,28
	Secundária	4	3,61
	Terciária	1	7,22
	Quaternária	-	-
Microbacia Córrego Barroca Funda	Primária	6	6,19
	Secundária	2	2,18
	Terciária	1	1,76
	Quaternária	-	-



Hierarquia Fluvial			
Microbacias	Ordem	Quantidade	Extensão (km)
Microbacia Córrego do Varga	Primária	4	2,55
	Secundária	1	1,89
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-
Microbacia Córrego do Granufo	Primária	6	3,89
	Secundária	1	5,25
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-
Microbacia Córrego Vista Alegre	Primária	4	2,86
	Secundária	1	2,78
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-
Microbacia Médio do Ribeirão Tatu	Primária	13	12,23
	Secundária	1	3,07
	Terciária	-	-
	Quaternária	1	5,93
Microbacia Baixo do Ribeirão Tatu	Primária	11	15,11
	Secundária	2	2,66
	Terciária	-	-
	Quaternária	1	7,24

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

9.2. ANÁLISE LINEAR

A análise linear é uma abordagem fundamental para compreender as características e o comportamento hidrológico das microbacias, considerando fatores como topografia, uso do solo e condições geológicas.

O Município de Limeira apresenta um contexto urbano diversificado, com áreas de diferentes graus de urbanização e impermeabilização do solo. A análise linear das microbacias urbanas visa fornecer subsídios técnicos para o planejamento adequado do manejo de águas pluviais, identificando trechos críticos, áreas de risco e oportunidades de intervenção visando a minimização dos impactos negativos.



Nesse capítulo, serão realizados estudos detalhados do perfil longitudinal dos rios e córregos que percorrem as microbacias urbanas, buscando identificar áreas de maior declividade, locais propensos a inundações e pontos de estrangulamento do escoamento. Além disso, serão avaliados outros parâmetros hidrológicos, como a densidade da rede de drenagem, a extensão dos cursos d'água e a relação entre a área de contribuição e o comprimento do canal principal.

A análise linear das microbacias urbanas de Limeira é fundamental para subsidiar a elaboração de estratégias eficientes de manejo de águas pluviais, proporcionando uma melhor compreensão dos processos hidrológicos e auxiliando na identificação de áreas prioritárias para a implementação de medidas de controle e mitigação de enchentes, visando a redução dos riscos e a proteção da população e dos bens materiais.

Ao compreender a dinâmica do escoamento de água nas microbacias urbanas, será possível direcionar as ações de planejamento, gestão e engenharia para o desenvolvimento de soluções efetivas e sustentáveis. A análise linear das microbacias urbanas é, portanto, um instrumento valioso para as tomadas de decisões embasadas e para a promoção da resiliência urbana diante dos desafios relacionados à drenagem e ao manejo de águas pluviais.

A seguir serão descritos alguns dos fatores analisados e seus métodos de obtenção.

- **Comprimento do canal principal (km) - L_{cp}**

É a distância que se estende ao longo do canal principal, desde sua nascente até a foz.

- **Altura do canal principal (m) - H_{cp}**

Para encontrar a altura do canal principal, subtrai-se a cota altimétrica encontrada na nascente pela cota encontrada na foz.



- **Gradiente do canal principal (m/km) - Gcp**

É a relação entre a altura do canal e o comprimento do respectivo canal, indicando a declividade do curso d'água, também, pode ser expresso em porcentagem.

- **Extensão do percurso superficial (km/km²) - Eps**

Representa a distância média percorrida pelas águas entre o interflúvio e o canal permanente.

9.2.1. Análise Areal

Na análise areal das bacias hidrográficas, estão englobados vários índices, nos quais, intervêm medições planimétricas, além de medições lineares. Podemos incluir os seguintes índices:

- **Comprimento da bacia (km) – Lb**

É calculado, através da medição de uma linha reta traçada ao longo do rio principal, desde sua foz até o ponto divisor da bacia.

- **Coefficiente de compacidade da bacia - Kc**

É a relação entre o perímetro da bacia e a raiz quadrada da área da bacia. Este coeficiente determina a distribuição do deflúvio, ao longo dos cursos d'água, e é em parte responsável pelas características das enchentes, ou seja, quanto mais próximo do índice de referência, que designa uma bacia de forma circular, mais sujeita a enchentes, será a bacia.

Pelos índices de referência, 1,0 indica que a forma da bacia é circular e 1,8 indica que a forma da bacia é alongada. Quanto mais próximo de 1,0 for o valor deste coeficiente, mais acentuada será a tendência para maiores enchentes. Isto porque, em bacias circulares, o escoamento será mais rápido, pois a bacia descarregará seu deflúvio direto com maior rapidez, produzindo picos de enchente de maiores



magnitudes. Já, nas bacias alongadas, o escoamento será mais lento e a capacidade de armazenamento maior.

- **Densidade hidrográfica (rios/km²) - Dh**

É a relação entre o número de segmentos de 1ª ordem e a área da bacia. Já Canali (1986) define três categorias de densidade hidrográfica:

- Dh baixa – menos de 5 rios/km²;
- Dh média – de 5 a 20 rios/km²;
- Dh alta – mais de 20 rios/km².

- **Densidade de drenagem (km/km²) - Dd**

É a relação entre o comprimento dos canais e a área da bacia. Segundo Villela & Mattos (1975), o índice varia de 0,5 km/km², para bacias com pouca capacidade de drenagem, até 3,5 km/km² ou mais, para bacias, excepcionalmente, bem drenadas.

9.2.2. Análise Hipsométrica

- **Altura da bacia (m) - Hb**

É a diferença altimétrica entre o ponto mais elevado da bacia (crista) e o ponto mais baixo (foz).

9.2.3. Resultados da Análise Linear

Analisou-se os parâmetros lineares, areais e hipsométricos das microbacias localizadas dentro do perímetro urbano da sede do Município de Limeira, cujos dados estão expostos na Tabela 12.



Tabela 12 – Dados extraídos das Microbacias.

Informações Analisadas		
	Parâmetros	Valor
Microbacia do Alto Ribeirão Tatu	Área da bacia - A (km ²)	27,48
	Perímetro da bacia - P (km)	25,82
	Comprimento do canal principal - Lcp (km)	6,73
	Altura do canal principal - Hcp (m)	23,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	3,41
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (km/km ²)	0,44
	Comprimento da bacia - Lb (km)	6,67
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,38
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/km ²)	0,55
	Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	0,88
	Altura da bacia - Hb (m)	117,00
Microbacia Córrego Barroca Funda	Área da bacia - A (km ²)	10,71
	Perímetro da bacia - P (km)	17,44
	Comprimento do canal principal - Lcp (km)	5,46
	Altura do canal principal - Hcp (m)	78,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	14,28
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (km/km ²)	0,47
	Comprimento da bacia - Lb (km)	3,98
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,49
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/km ²)	0,56
	Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	0,95
	Altura da bacia - Hb (m)	77,00
Microbacia Córrego do Varga	Área da bacia - A (km ²)	5,32
	Perímetro da bacia - P (km)	9,53
	Comprimento do canal principal - Lcp (km)	2,66
	Altura do canal principal - Hcp (m)	36,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	13,53
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (km/km ²)	0,42
	Comprimento da bacia - Lb (km)	2,98
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,16
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/km ²)	0,75
	Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	0,83
	Altura da bacia - Hb (m)	65,00



Informações Analisadas

	Parâmetros	Valor
Microbacia Córrego do Granufo	Área da bacia - A (km ²)	11,39
	Perímetro da bacia - P (km)	15,36
	Comprimento do canal principal - Lcp (km)	5,44
	Altura do canal principal - Hcp (m)	43,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	7,91
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (km/km ²)	0,40
	Comprimento da bacia - Lb (km)	5,46
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,27
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/km ²)	0,53
	Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	0,81
	Altura da bacia - Hb (m)	75,00
Microbacia Córrego Vista Alegre	Área da bacia - A (km ²)	6,79
	Perímetro da bacia - P (km)	11,95
	Comprimento do canal principal - Lcp (km)	3,17
	Altura do canal principal - Hcp (m)	33,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	10,41
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (km/km ²)	0,42
	Comprimento da bacia - Lb (km)	3,52
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,28
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/km ²)	0,59
	Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	0,83
	Altura da bacia - Hb (m)	63,00
Microbacia Médio Ribeirão Tatu	Área da bacia - A (km ²)	21,08
	Perímetro da bacia - P (km)	22,74
	Comprimento do canal principal - Lcp (km)	5,91
	Altura do canal principal - Hcp (m)	11,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	1,86
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (km/km ²)	0,51
	Comprimento da bacia - Lb (km)	5,43
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,39
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/km ²)	0,62
	Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	1,01
	Altura da bacia - Hb (m)	10,00



Informações Analisadas

Parâmetros		Valor
Microbacia Baixo Ribeirão Tatu	Área da bacia - A (km ²)	28,31
	Perímetro da bacia - P (km)	24,38
	Comprimento do canal principal - Lcp (km)	6,90
	Altura do canal principal - Hcp (m)	37,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	5,36
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (km/km ²)	0,45
	Comprimento da bacia - Lb (km)	6,44
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,28
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/km ²)	0,39
	Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	0,91
Altura da bacia - Hb (m)	35,00	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

• **Microbacia do Alto Ribeirão Tatu**

Apresenta a segunda maior área quando comparado com as demais microbacias, totalizando área de drenagem de 27,48 km² e apresenta o maior perímetro, com 25,82 km. Esta microbacia apresentou 15 rios de ordem primária, totalizando 13,28 km de extensão destes trechos, sendo a microbacia com maior índice dessa análise. A extensão do canal principal desta bacia foi o segundo maior em comparação com as demais, lembrando que para esta microbacia, o canal principal é próprio Ribeirão Tatu que corta a mesma em uma extensão de 6,73 km.

O comprimento desta microbacia foi dado como o maior entre todas, totalizando 6,67 km. O coeficiente de compacidade da microbacia apresentou o valor de 1,38, que quando comparado com os índices de referência, infere-se que esta microbacia possui formato com tendência circular, caracterizando maiores riscos de picos de enchentes. A densidade hidrográfica para esta microbacia foi classificada como baixa, dado o valor calculado de 0,55 rios/km². Analisando a altura das microbacias, esta obteve o maior valor de 117 m.



- **Microbacia Córrego Barroca Funda**

Apresenta área de drenagem de 10,71 km² e perímetro de 17,44 km. Esta microbacia apresentou o comprimento do canal principal, sendo este um afluente que deságua no Ribeirão Tatu, com extensão de 5,46 km. Possui em sua área 6 rios de primeira ordem primária que somam 6,19 km de extensão.

O coeficiente de compacidade desta microbacia apresentou o valor de 1,49 que, quando comparado com os índices de referência, infere-se que o formato desta bacia é alongado, indicando menor probabilidade de ocorrência de picos de enchente. A densidade hidrográfica foi classificada como baixa, visto que foram contabilizados 0,56 rios/km². Em relação à altura da bacia, esta microbacia obteve o segundo maior valor, apresentando altura de 77 m.

- **Microbacia Córrego do Varga**

Apresenta área de drenagem de 5,32 km² e perímetro de 9,53 km, sendo a menor área quando comparada com as demais analisadas. O comprimento do canal principal possui 2,66 km e é um afluente que deságua no Ribeirão Tatu. Em relação a quantidade de rios de ordem primária, foram quantificados 4, com seus trechos somando uma extensão de 2,55 km.

O coeficiente de compacidade desta microbacia apresentou o valor de 1,16 que quando comparado com os índices de referência infere-se que o formato desta bacia é circular, indicando maiores probabilidades da ocorrência de picos de enchente. A densidade hidrográfica foi classificada como baixa, visto o total de 0,75 rios/km². A altura da microbacia é de 65 m.

- **Microbacia Córrego Granufo**

Essa bacia apresenta uma área total de drenagem de 11,39 km² e perímetro de 15,36 km. Possui, interno ao seu perímetro, 6 rios de ordem primária que somam a extensão de 3,89 km. O canal principal desta microbacia é um afluente que deságua no Ribeirão Tatu e possui extensão de 5,44 km.



O coeficiente de compacidade desta microbacia apresentou o valor de 1,27 que, quando comparado com os índices de referência, infere-se que o formato desta bacia é alongado, indicando menores probabilidades da ocorrência de picos de enchente. A densidade hidrográfica classifica-se como baixa, visto o valor de 0,53 rios/km². Em relação à altura esta microbacia apresenta 75 m.

- **Microbacia Córrego Vista Alegre**

Apresenta área de 6,79 km² e perímetro de 11,95 km. Esta microbacia apresenta 4 rios de ordem primária em que a soma de todos resulta em 2,86 km de extensão. O canal principal é um afluente com extensão de 3,17 km que deságua no Ribeirão Tatu.

O coeficiente de compacidade desta microbacia apresentou o valor de 1,28 o que indica que a tendência do formato desta bacia é circular, indicando maiores probabilidades da ocorrência de picos de enchente. A densidade hidrográfica desta microbacia é de 0,59 rios/km² e altura da microbacia é de 63 m.

- **Microbacia Médio Ribeirão Tatu**

Apresenta área de 21,08 km² e perímetro de 22,74 km. Esta microbacia apresenta 13 rios de ordem primária que somam a extensão de 12,23 km. Apresenta 1 rio de ordem quaternária, visto a confluência de 2 rios de ordem terciária a montante da microbacia, o que faz com o que o Ribeirão Tatu, que é o canal principal desta bacia com extensão de 5,91km, receba esta classificação quanto à hierarquia fluvial.

O coeficiente de compacidade desta microbacia apresentou o valor de 1,39 que quando comparado com os índices de referência infere-se que o formato desta bacia é circular, indicando maiores probabilidades da ocorrência de picos de enchente. A densidade hidrográfica desta bacia é de 0,62 rios/km² e a altura desta microbacia é de 10 m.



- **Microbacia Baixo Ribeirão Tatu**

Apresenta área de 28,31 km² e perímetro de 24,38 km. Esta microbacia apresenta 11 rios de ordem primária que somam a extensão de 15,11 km. Assim como a microbacia 6, seu canal principal sendo este o próprio Ribeirão Tatu com extensão de 6,90 km, é classificado como de ordem quaternária, visto a confluência a montante de rios de ordem terciária.

O coeficiente de compacidade desta microbacia apresentou o valor de 1,28 que quando comparado com os índices de referência infere-se que o formato desta bacia é circular, indicando maiores probabilidades da ocorrência de picos de enchente. A densidade hidrográfica desta bacia é de 0,39 rios/km² e a altura desta microbacia é de 35 m.

Através da análise dos parâmetros morfométricos, pode-se inferir que todas as microbacias apresentadas possuem influência direta no perímetro urbano do município, contudo, destaca-se a Microbacia do Alto Ribeirão Tatu, a Microbacia do Córrego Barroca Funda e a Microbacia do Córrego do Granufo, que apresentam as maiores concentrações de área urbanizada.

As microbacias urbanas estudadas apresentaram densidades hidrográficas baixas (<1,0 rios/km²). A densidade hidrográfica é de suma importância, pois representa o comportamento hidrográfico em determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água.

As microbacias urbanas estudadas apresentaram, em sua maioria, capacidade de drenagem medianas, com exceção da Microbacia do Médio Ribeirão Tatu, que possui a maior densidade de drenagem entre as microbacias (1,01 km/km²). A Microbacia que apresenta as melhores condições naturais de drenagem é a do Médio Ribeirão Tatu, enquanto a Microbacia do Granufo apresenta a pior capacidade de escoamento natural.

Avaliando os valores referentes ao gradiente do canal principal de cada microbacia, observou-se que as microbacias urbanas possuem valores baixos referentes ao gradiente do canal principal, interferindo na velocidade de escoamento e demandando maior necessidade de dispositivos de drenagem.

Mediante os cálculos realizados, com exceção da Microbacia do Córrego do Granufo e da Microbacia do Córrego Barroca Funda, as microbacias possuem



Coeficiente de Compacidade (K_c) que indicam microbacias de forma circular, ocasionando maior risco de picos de enchentes.

10. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

O sistema tradicional de drenagem urbana deve ser considerado como composto por dois sistemas distintos, que necessitam ser planejados e projetados sob critérios diferenciados: o sistema inicial de drenagem, ou microdrenagem, composto pelos pavimentos das ruas, guias, sarjetas, bocas coletoras, rede de galerias de águas pluviais e, também, canais de pequenas dimensões, dimensionado para o escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno; e o sistema de macrodrenagem, constituído, em geral, por canais (abertos ou de contorno fechado) de maiores dimensões, projetados para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. (PMSP, 1999).

Além desses dois sistemas tradicionais, vem sendo difundido o uso de medidas chamadas sustentáveis, que buscam o controle do escoamento na fonte, através da infiltração ou retenção no próprio lote ou loteamento das águas pluviais, mantendo assim, as condições naturais pré-existentes de vazão para um determinado risco definido (ABRH, 1995; Tucci, 1995; Porto & Barros, 1995).

Um estudo hidráulico e um estudo hidrológico são duas abordagens distintas, mas complementares, na análise dos recursos hídricos. Embora os termos possam ser confundidos devido à sua semelhança, eles se referem a aspectos diferentes da análise da água e têm objetivos específicos.

O estudo hidrológico está relacionado a dinâmica da água: sua distribuição e o seu comportamento na Bacia Hidrográfica. Ele envolve a coleta e análise de dados sobre precipitação, evaporação, infiltração, escoamento superficial e subterrâneo, entre outros. O objetivo principal é compreender o comportamento das águas em uma determinada área, incluindo a quantificação dos volumes de água, a identificação de padrões de fluxo e a previsão de eventos extremos, como enchentes e secas. Essas informações são fundamentais para o planejamento de recursos hídricos, gestão de bacias hidrográficas e avaliação de disponibilidade de água.

Por outro lado, o estudo hidráulico concentra-se no comportamento do escoamento da água em sistemas de drenagem, canais, rios e outros cursos d'água. Ele



envolve o dimensionamento e a análise de estruturas hidráulicas, como canais, barragens, comportas, dispositivos de controle de enchentes e sistemas de drenagem urbana. O estudo hidráulico utiliza informações hidrológicas como entrada para analisar a capacidade e a eficiência dessas estruturas, avaliando o escoamento, as vazões, as pressões e outros parâmetros hidráulicos. Seu objetivo é projetar soluções adequadas para o manejo das águas, garantindo a eficiência do sistema de drenagem, a minimização de inundações e o aproveitamento sustentável dos recursos hídricos.

Em resumo, o estudo hidrológico é voltado para a análise do comportamento geral da água em uma bacia hidrográfica, enquanto o estudo hidráulico é mais específico e focado na análise do escoamento da água em estruturas e sistemas de drenagem. Ambos são essenciais para uma gestão adequada dos recursos hídricos e para o planejamento de ações relacionadas à água, como controle de enchentes, fornecimento de água potável e geração de energia.

10.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos devem ser conduzidos de forma que seja possível o dimensionamento criterioso e econômico considerando o desempenho de todo o sistema de drenagem. A análise hidrológica fundamental é de suma importância para a compreensão das metodologias e equações que auxiliam na caracterização das bacias hidrográficas alvos deste estudo, objetivando a estimativa de vazões de enchente utilizadas no dimensionamento de obras hidráulicas.

10.1.1. Uso e Ocupação do Solo Urbano

Neste ponto de análise, foram levantadas as informações de uso do solo urbano nas áreas das microbacias relevantes para o estudo hidrológico e que possuem influência direta e indireta na drenagem da área urbana do município. O processo foi realizado por meio da técnica de interpretação visual de imagens, na qual, a partir do estudo de imagens de satélite, realizou-se uma foto análise, avaliando-se os elementos e ordenando-os em grupos, seguindo para a fotointerpretação, que é a etapa em



que os elementos semelhantes da imagem foram generalizados por meio de representações (classificados utilizando polígonos de mesma cor).

Foram adotadas cinco classes para a classificação, considerando que cada uma delas possui uma maior tendência ao escoamento da água e menor tendência à infiltração. As classes de uso do solo utilizadas estão listadas a seguir:

- Solo Exposto;
- Vegetação Densa;
- Vegetação Rasteira;
- Solo Edificado;
- Vias.

Em seguida, as medidas de área e perímetro das microbacias e as áreas de cada classe criada foram calculadas por meio dos polígonos que as representam, sendo essas medidas apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 – Área das classes de uso e ocupação do solo utilizadas.

Microbacia do Alto do Ribeirão Tatu	Área (km²): 27,48	Perímetro (km): 25,82
	Solo edificado (km ²)	12,18
	Solo exposto (km ²)	2,94
	Vegetação densa (km ²)	3,15
	Vegetação rasteira (km ²)	5,45
	Vias (km ²)	3,76
Microbacia do Córrego Barroca Funda	Área (km²): 10,71	Perímetro (km): 17,44
	Solo edificado (km ²)	5,22
	Solo exposto (km ²)	0,65
	Vegetação densa (km ²)	1,21
	Vegetação rasteira (km ²)	1,52
	Vias (km ²)	2,11
Microbacia do Córrego do Varga	Área (km²): 5,32	Perímetro (km): 9,53
	Solo edificado (km ²)	2,68
	Solo exposto (km ²)	0,13
	Vegetação densa (km ²)	0,92
	Vegetação rasteira (km ²)	0,58
	Vias (km ²)	1,01



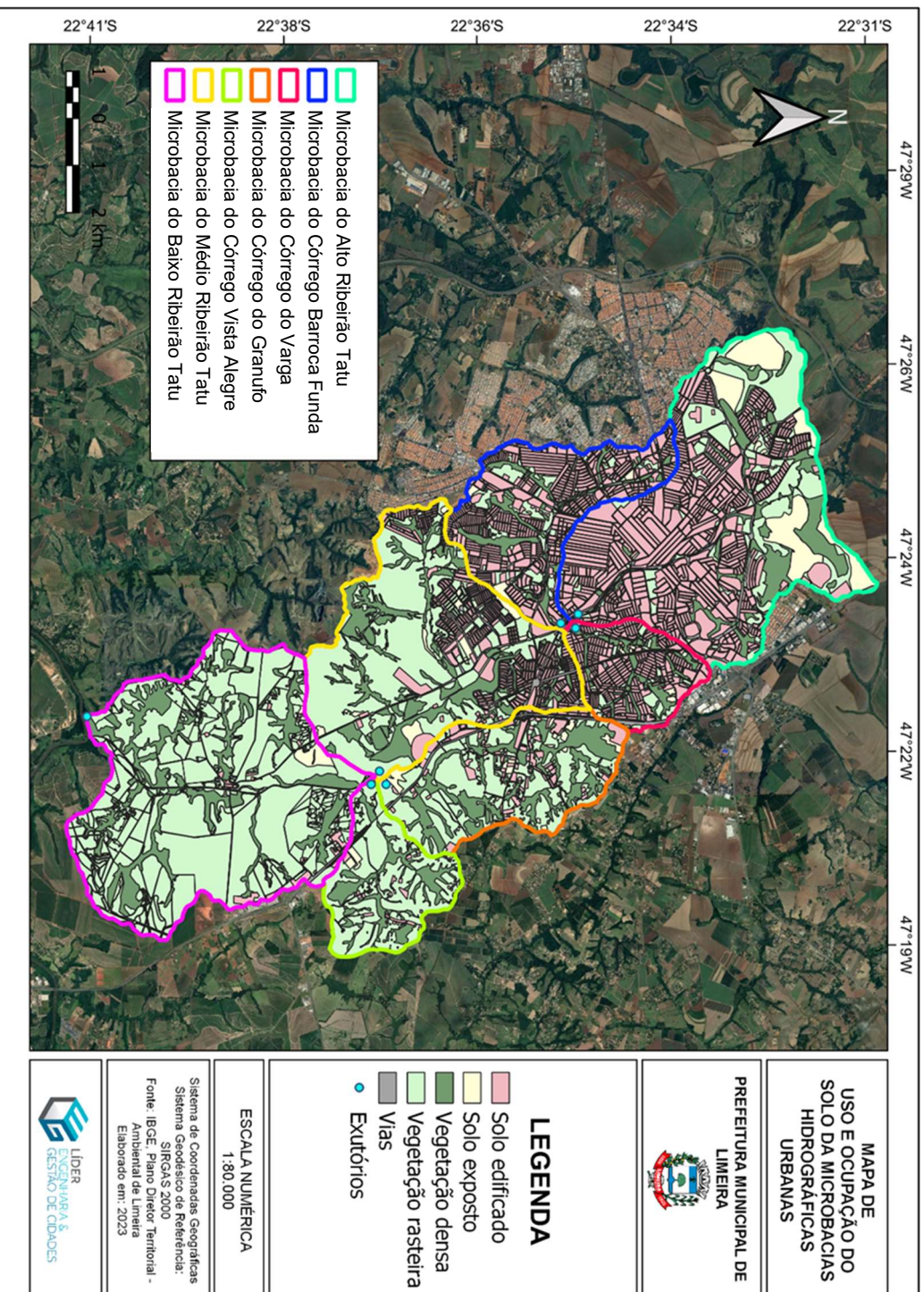
Microbacia do Córrego do Granufo	Área (km²): 11,39	Perímetro (km): 15,36
	Solo edificado (km ²)	1,41
	Solo exposto (km ²)	0,52
	Vegetação densa (km ²)	3,27
	Vegetação rasteira (km ²)	5,72
	Vias (km ²)	0,47
Microbacia do Córrego Vista Alegre	Área (km²): 6,79	Perímetro (km): 11,95
	Solo edificado (km ²)	0,31
	Solo exposto (km ²)	0,16
	Vegetação densa (km ²)	2,18
	Vegetação rasteira (km ²)	4,08
	Vias (km ²)	0,06
Microbacia do Médio do Ribeirão Tatu	Área (km²): 21,08	Perímetro (km): 22,74
	Solo edificado (km ²)	3,99
	Solo exposto (km ²)	0,56
	Vegetação densa (km ²)	4,52
	Vegetação rasteira (km ²)	9,68
	Vias (km ²)	2,33
Microbacia do Baixo do Ribeirão Tatu	Área (km²): 28,31	Perímetro (km): 24,38
	Solo edificado (km ²)	0,53
	Solo exposto (km ²)	0,95
	Vegetação densa (km ²)	5,39
	Vegetação rasteira (km ²)	21,21
	Vias (km ²)	0,23

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Na Figura 21 é apresentado o mapa geral da classificação do uso e ocupação do solo das Microbacias Urbanas de Limeira trabalhadas nesse Plano e, como pode ser observado, o grau de urbanização das microbacias vai diminuindo gradativamente partindo da direção Norte em direção ao Sul do perímetro municipal.



Figura 21 – Mapa de uso e ocupação do solo de Limeira.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



A partir dos dados quantitativos gerados e das análises dos mapas, foi possível concluir que as microbacias que apresentam os maiores percentuais de área ocupadas por solo edificado, em relação a sua área total, são a Microbacia do Córrego do Varga (50,37%), a Microbacia do Córrego Barroca Funda (48,73%) e a Microbacia do Alto Ribeirão Tatu (44,32%).

Essas microbacias, por apresentarem alto grau de urbanização, acabam sendo mais impermeabilizadas, de modo que a infiltração das águas pluviais seja menor e o escoamento superficial seja maior, aumentando tanto a vazão de pico como a velocidade em que ele acontece, inferindo uma maior propensão à problemas de alagamento, enxurradas e inundações.

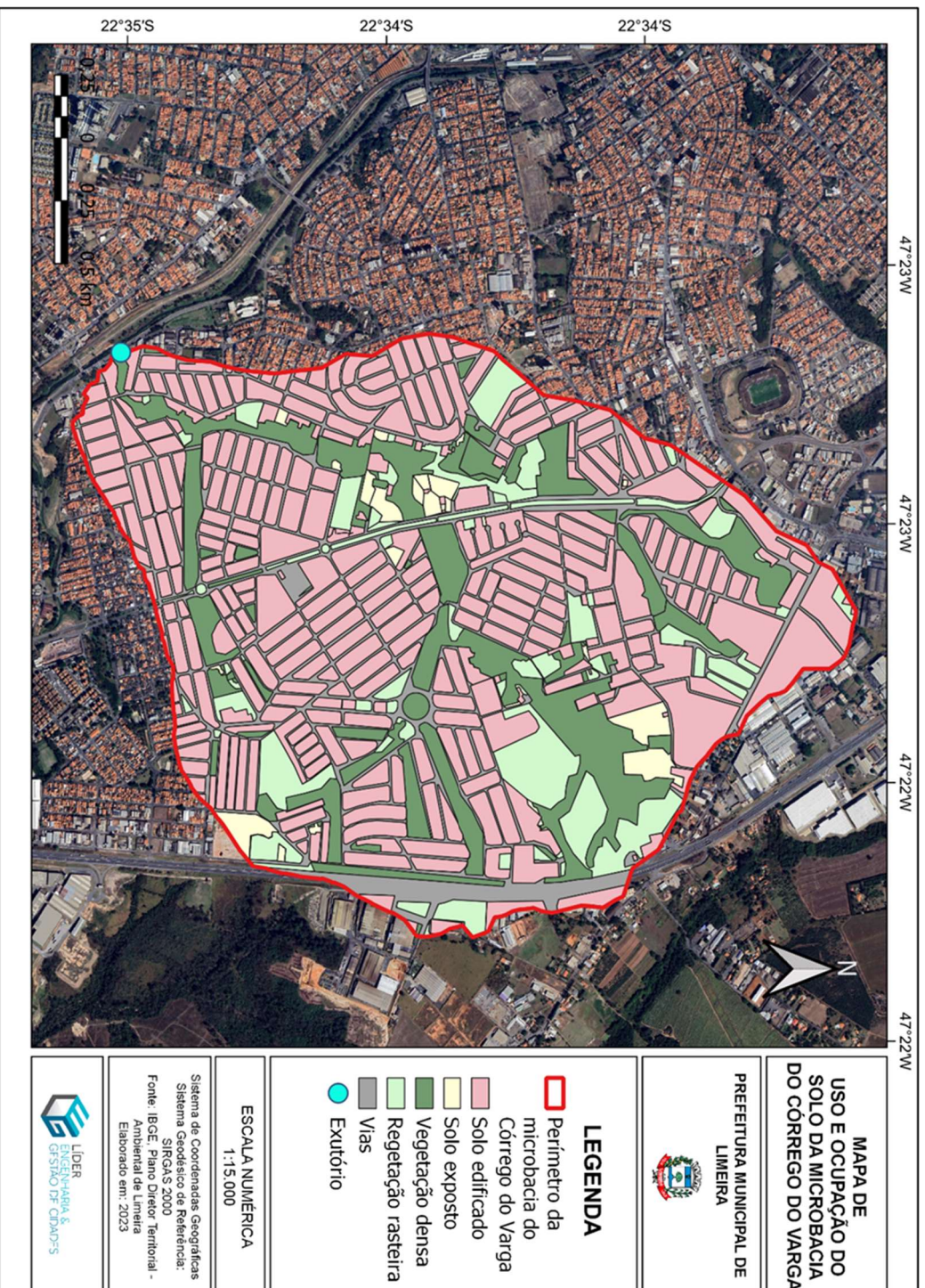
O mapeamento de uso e ocupação realizado para essas microbacias é demonstrado na Figura 22, Figura 23 e Figura 24, respectivamente.



PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
Limeira – SP

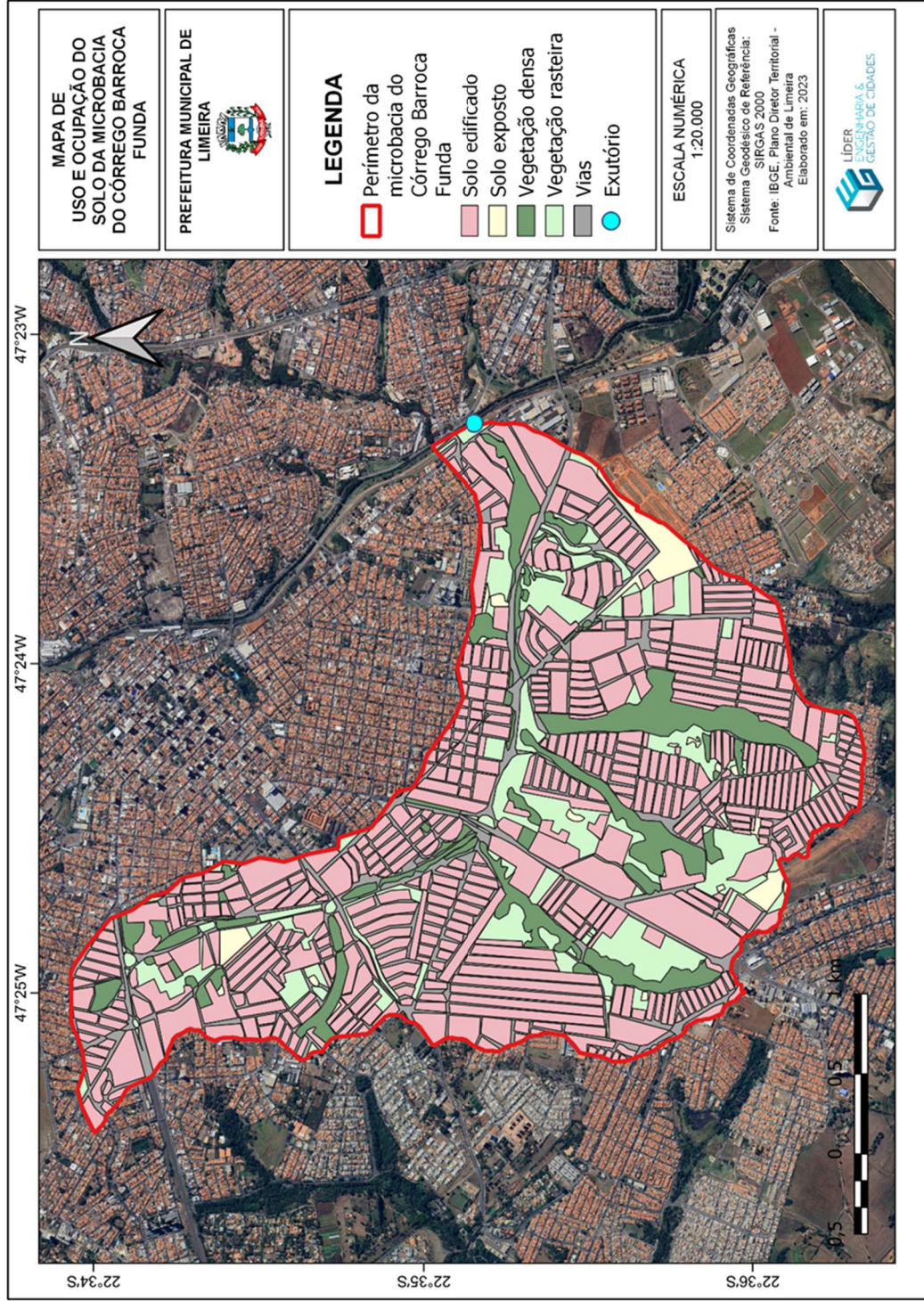


Figura 22 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Córrego do Varga.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

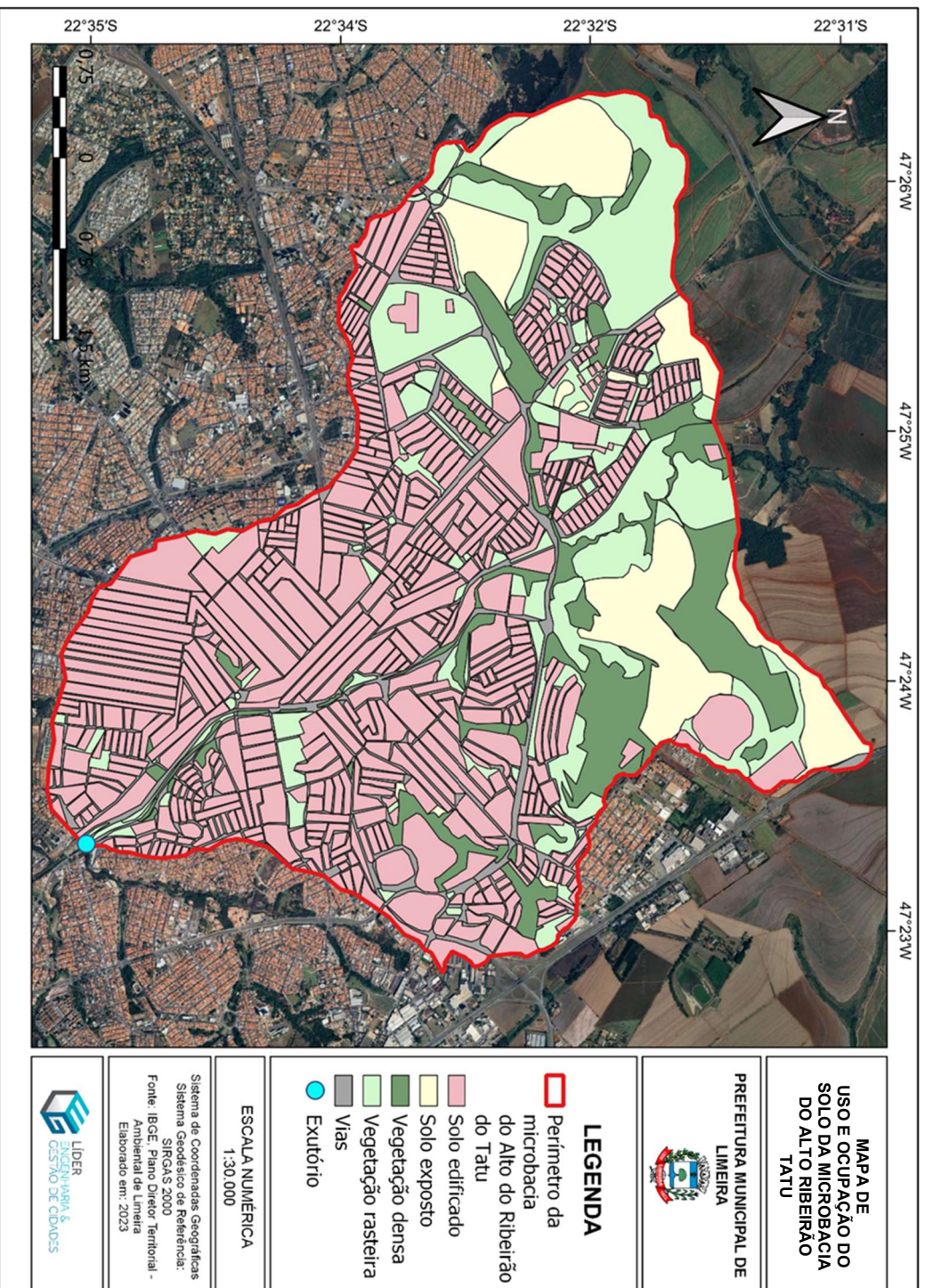
Figura 23 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Córrego Barroca Funda.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



Figura 24 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Alto Ribeirão Tatu.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



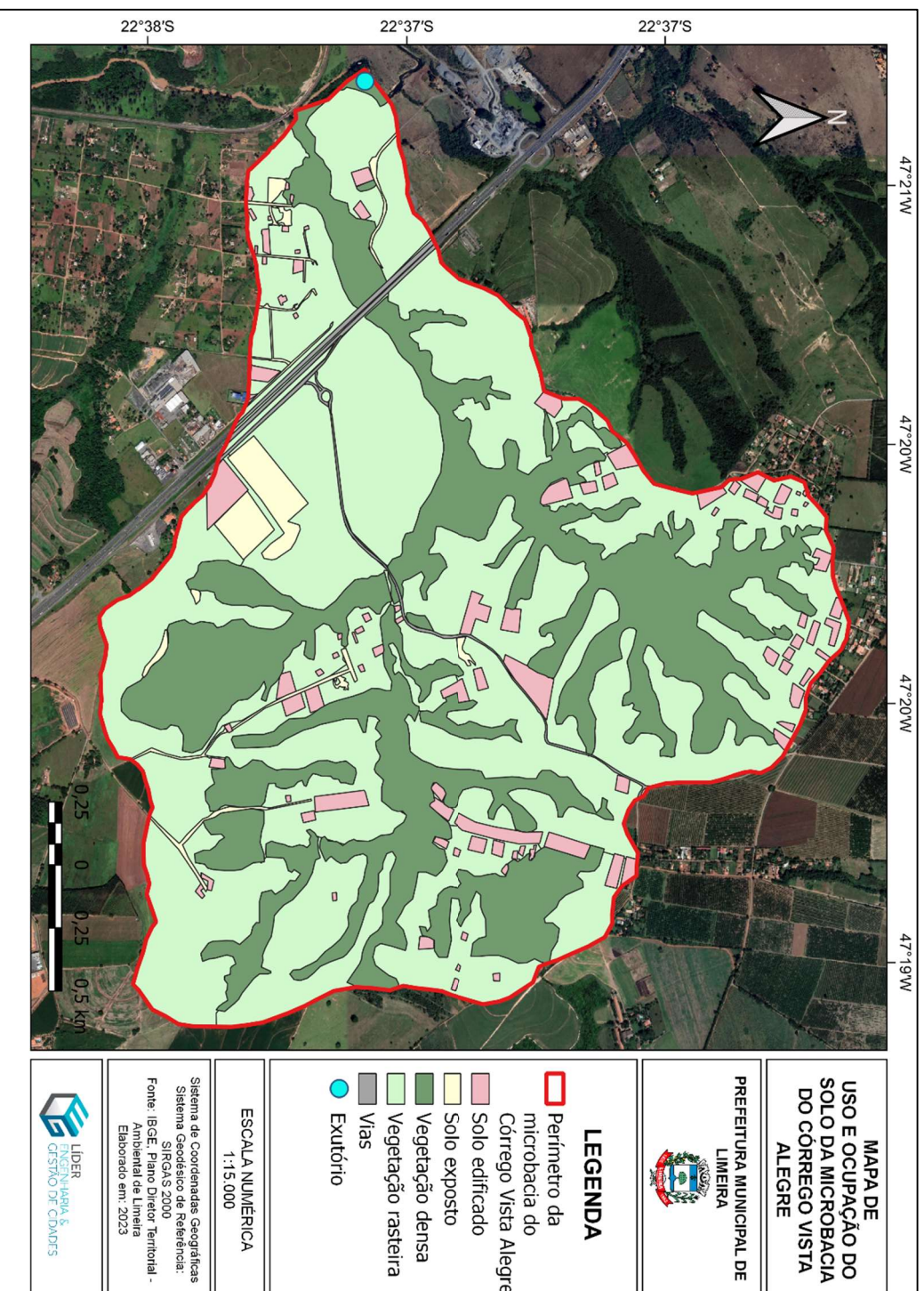
Já a microbacia que possui o menor percentual de área ocupada por solo edificado é a do Córrego Vista Alegre, que apresenta apenas 1,87% de superfície ocupada por essa categoria. É, também, a que apresenta a maior proporção de vegetação densa, com 32,10% de sua superfície coberta por essa classe. Com isso, pode-se inferir que ela apresenta melhores características de drenagem, pois há uma tendência a infiltração das águas pluviais pela alta permeabilidade que as áreas vegetadas apresentam.

A Microbacia do Baixo Ribeirão Tatu é majoritariamente composta por vegetação rasteira, representando 74,92% da superfície total. As Microbacias do Córrego do Granufo e do Ribeirão Tatu também apresentam a classe de vegetação rasteira como mais a representativa, com equivalente a 50,22% e 45,92% de sua superfície, respectivamente. A presença de áreas vegetadas, mesmo que por vegetação rasteira, também contribuem para um grau de permeabilidade que favorece a infiltração ao invés do escoamento.

A Figura 25 representa o mapa de uso de ocupação do solo da microbacia do Córrego Vista Alegre, assim como a Figura 26, Figura 27 e a Figura 28 representam, respectivamente, o mapa de uso e ocupação do solo das microbacias do: Baixo Ribeirão Tatu, Córrego do Granufo e Médio do Ribeirão Tatu.

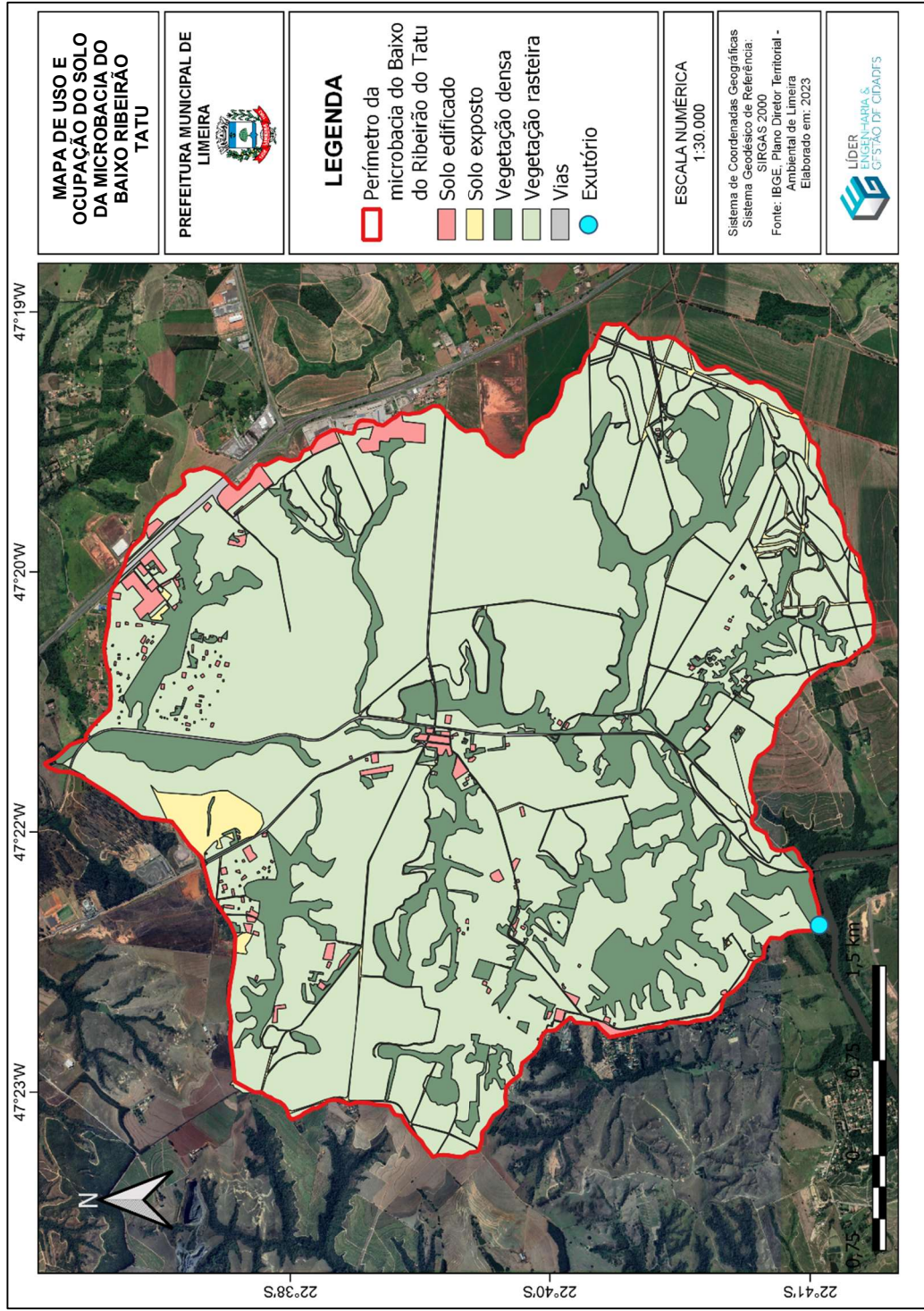


Figura 25 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Córrego Vista Alegre.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

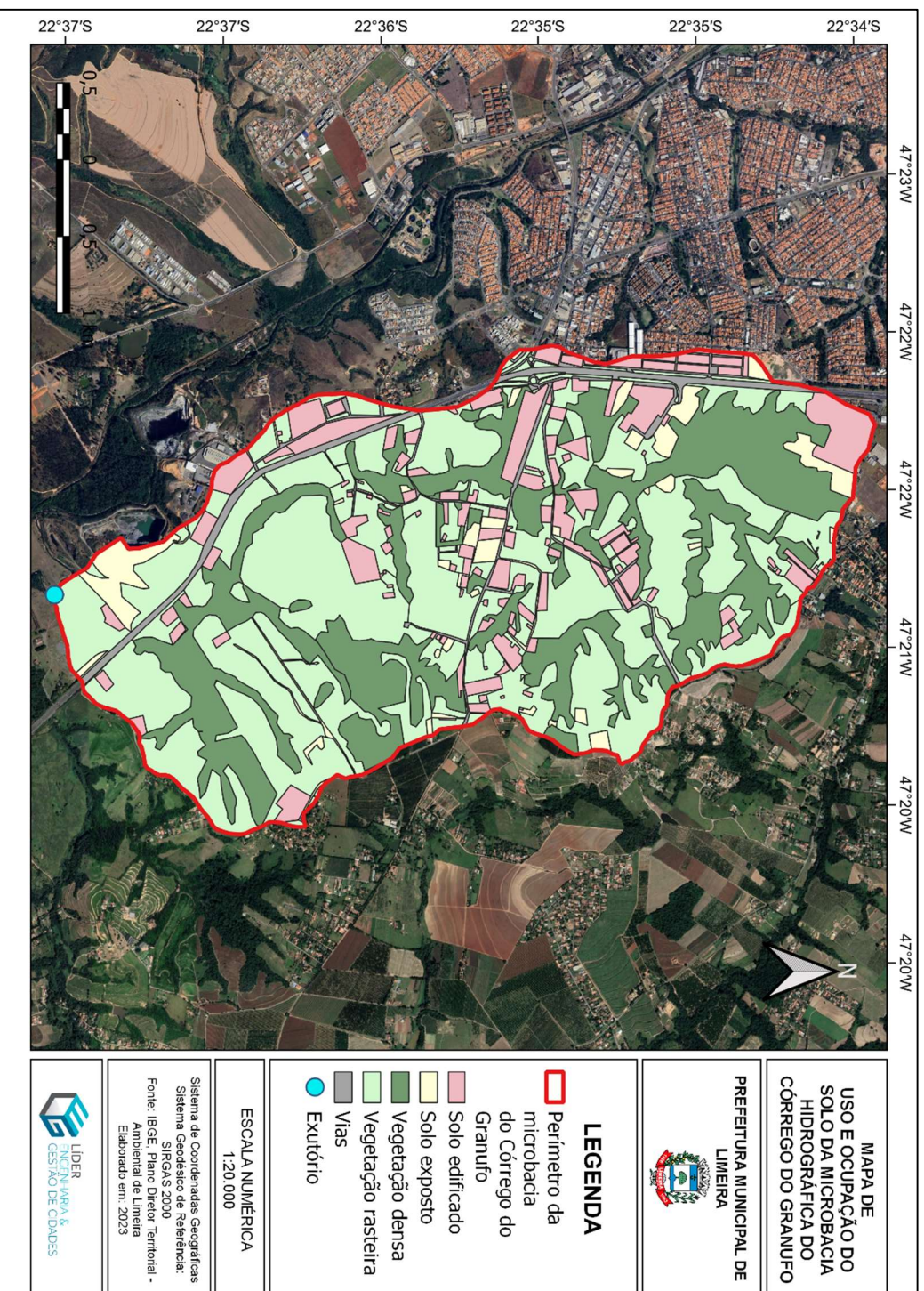
Figura 26 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Baixo Ribeirão Tatu.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

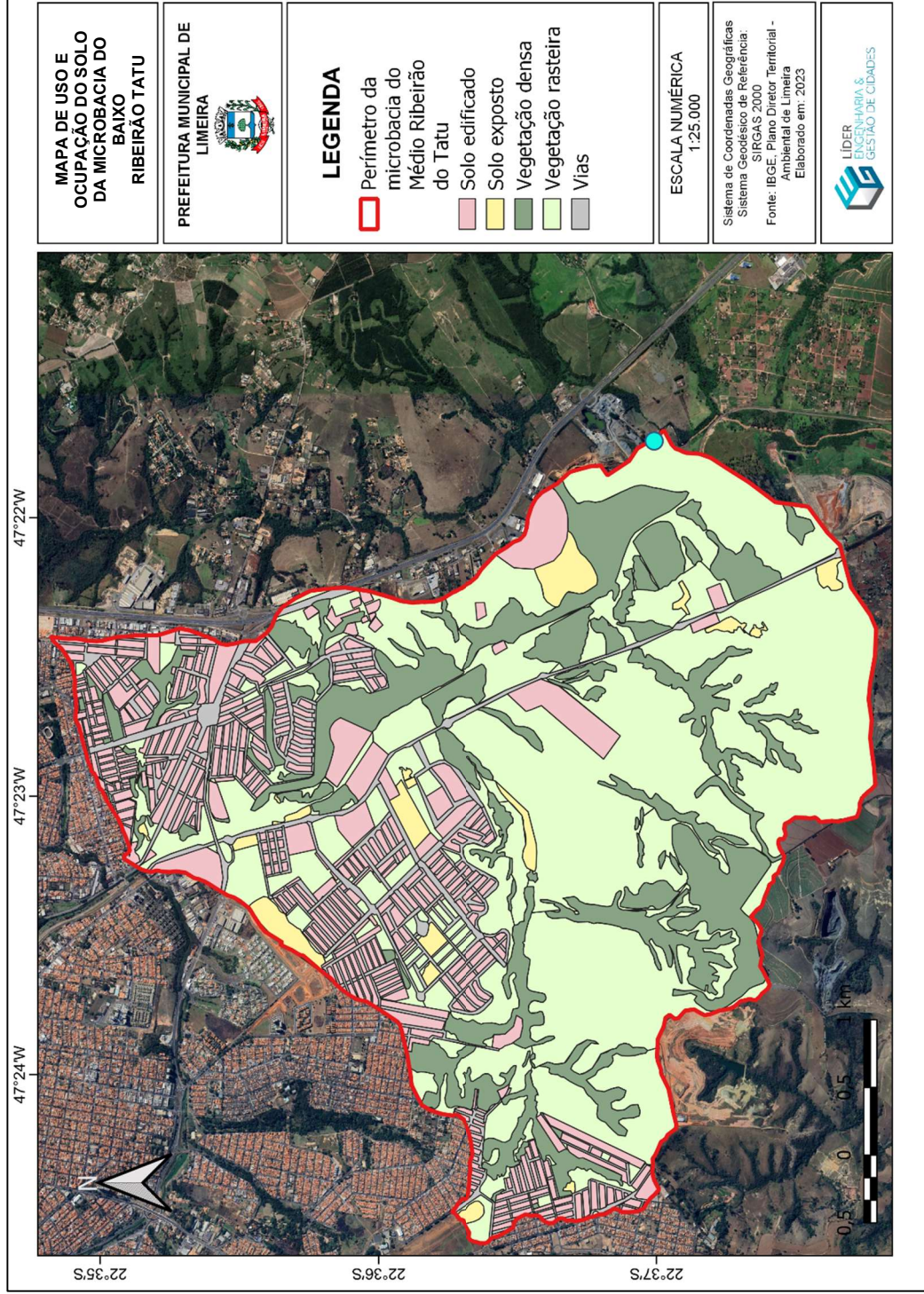


Figura 27 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Córrego do Granufo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 28 – Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Médio do Ribeirão do Tatu.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



10.1.2. Métodos para determinação da Vazão de Pico

Os métodos de separação de escoamento são parte integrante dos métodos de transformação de chuva em vazão. As águas pluviais, ao atingirem a superfície terrestre, podem percorrer dois caminhos principais distintos: infiltrar no solo ou escoar superficialmente.

Para determinar o quanto da precipitação é escoada superficialmente, foram desenvolvidos diversos métodos de estimativa, sendo os mais conhecidos:

- Coeficiente de *run off*;
- Método Racional;
- Índice (θ);
- *Soil Conservation Service*;
- Horton;
- *Green & Ampt*;
- I-Pai-Wu.

Como citado no item 6.4.1, o Método Racional é um dos mais utilizados para estas determinações em território brasileiro, porém possui limitações que levam a necessidade da utilização de uma forma mais precisa de cálculo. Assim, como descrito no item 6.4.2, optou-se pela utilização do Método Racional Modificado (I-PAI-WU) nos cálculos das vazões para deste projeto.

Salienta-se que a utilização desta e das outras fórmulas aqui, não é imperativa para projetos futuros. Tendo em vista a existência de outros métodos de cálculo e suas possíveis atualizações, pode-se utilizar outras fórmulas, desde que seus usos sejam comprovados tecnicamente e pertinentes ao caso aplicado.

O método I-PAI-WU é definido pela seguinte expressão (DAEE, 2005):

$$Q = 0,278 \times C \times i \times A^n \times K$$

Onde:

Q = vazão (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial ou deflúvio;

i = intensidade de precipitação (mm/h);

A = área da bacia (km²);



n = expoente redutor; (O efeito do armazenamento de água na bacia, que ocorre em pontos localizados nos leitos de cursos d'água ou mesmo em galerias e obras afins, é levado em consideração através de um expoente redutor n aplicado sobre a área de drenagem da bacia. Adota-se usualmente $n = 0,9$)

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva (%).

Da mesma forma, conforme as descrições apresentadas no item 6, a seguir serão elencados os critérios determinados para estudo hidrológico deste Plano.

a) Intensidade da Chuva

Para o Município de Limeira, a equação da chuva é dada por (VIEIRA E ME-DEIROS, 1980), a qual foi utilizada para os cálculos nas microbacias:

$$i = \frac{4653,8 \times Tr^{(0,1726)}}{(tc+25)^{(1,087 \times Tr^{(0,0056)})}}$$

Onde:

i = Intensidade máxima média (mm/h);

Tr = Período de retorno (anos);

tc = Tempo de concentração (min.).

b) Tempo de Concentração

$$t_c = 57 \left(\frac{L^{1,155}}{H^{0,385}} \right) \text{ (equação da California Culverts Practice)}$$

Onde:

t_c = tempo de concentração;

L = comprimento do curso d'água principal em Km;

H = diferença de altitude em metros;



A Tabela 14 mostra os tempos de concentração e as intensidades crítica calculadas para os diferentes tempos de retorno (Tr) em cada uma das microbacias analisadas.

Tabela 14 – Intensidade de precipitação (mm/h) para diferentes Tr – Estação de Limeira.

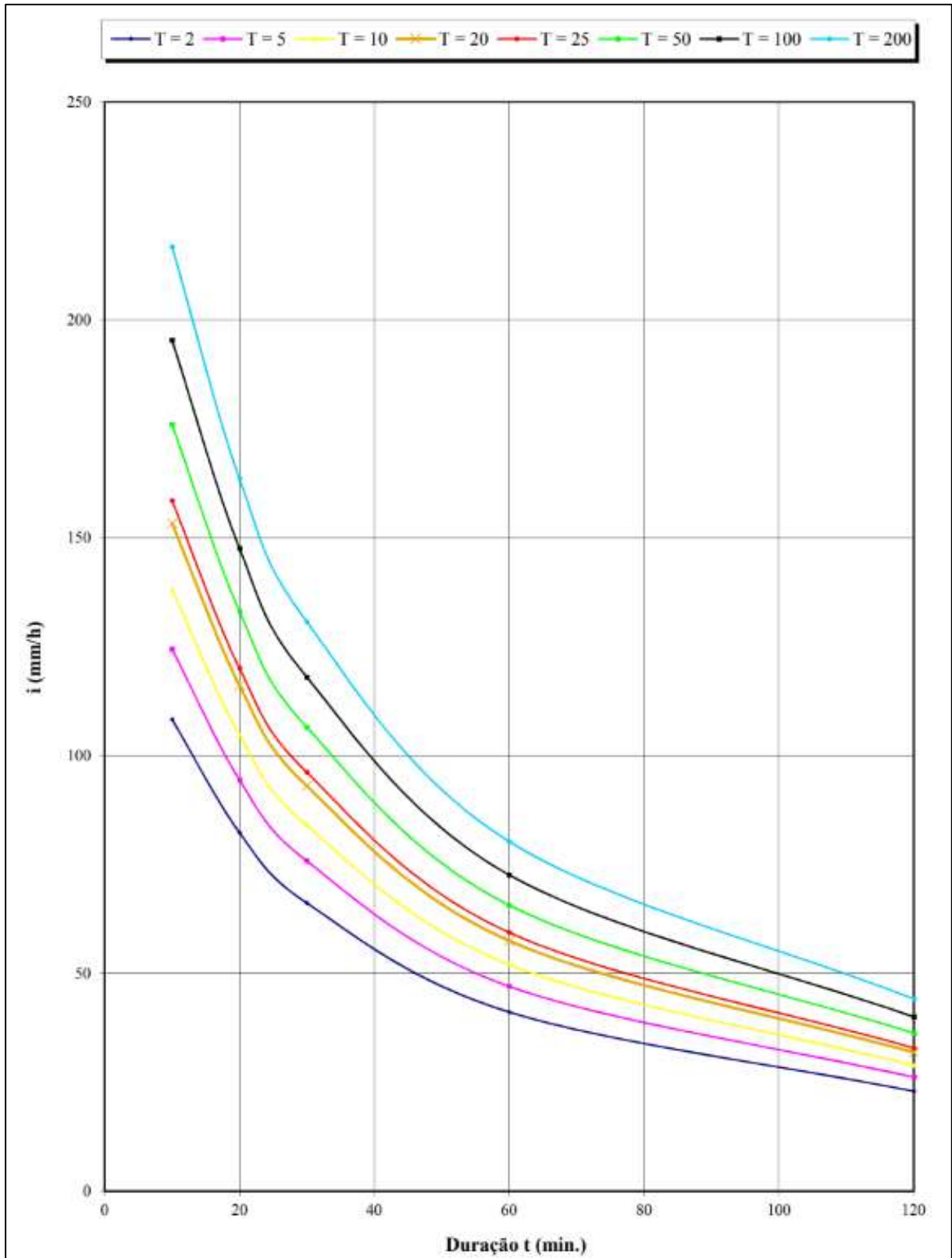
Microbacia	tc (min)	Intensidade para diferentes Tr (mm/h)			
		5 anos	10 anos	50 anos	100 anos
Alto Ribeirão Tatu	82,41	36,37	40,18	50,63	55,92
Córrego Barroca Funda	76,04	38,89	42,98	54,19	59,87
Córrego do Varga	35,37	68,42	75,78	96,03	106,34
Córrego do Granufo	76,49	38,70	42,77	53,92	59,57
Córrego Vista Alegre	43,84	59,24	65,58	83,00	91,85
Médio Ribeirão Tatu	182,83	17,63	19,42	24,32	26,78
Baixo Ribeirão Tatu	134,98	23,49	25,91	32,52	35,86

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Como geralmente ocorre na drenagem urbana, o tempo de duração de chuva adotado foi igual ao tempo de concentração da seção analisada das bacias.

A Figura 29 mostra o gráfico da Curva I-D-F de Limeira, de acordo com o DAEE (2019).

Figura 29 – Curva I-D-F de Limeira.



Fonte: DAEE, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



c) Coeficiente de Escoamento Superficial ou Deflúvio

O atual estudo, terá como base os valores de *run off* que possuem variações do valor do coeficiente C de acordo com as características específicas de cada bacia analisada (Tabela 15).

Tabela 15 – Variação Coeficiente de *run off*.

Natureza da Superfície	Valores de C
Telhados perfeitos, sem fuga	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas e em bom estado	0,85 a 0,90
Pavimentações de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas	0,75 a 0,85
Para as superfícies anteriores sem as juntas tomadas	0,50 a 0,70
Pavimentações de blocos inferiores sem as juntas tomadas	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho	0,15 a 0,30
Superfícies não revestidas, pátios de estrada de ferro e terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, gramados e campinas, dependendo da declividade do solo e natureza do subsolo	0,01 a 0,20

Fonte: WILKEN (1978). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Porém, conforme determinação municipal, para os projetos de drenagem urbana a serem apresentados, deve-se adotar minimamente $C = 0,80$ para áreas a serem pavimentadas e, nos demais casos, adotar os valores constantes nas diretrizes do DAEE, desde que devidamente justificados, como determinado pelo Caderno de Diretrizes Básicas e Técnicas para Apresentação de Projetos de Drenagem de Limeira.

Contudo, dados os tamanhos das microbacias estudadas e, por isso, a utilização do Método I-PAI-WU, faz-se necessária a correção do Coeficiente de deflúvio ou de escoamento superficial, que depende de fatores da bacia hidrográfica analisada como o tipo de solo, a declividade, o uso da terra e as condições de cobertura.

Segundo o DAEE (2012), o coeficiente C pode ser determinado pela equação:



$$C = (C_2/C_1) \times (2/(1 + F))$$

Onde:

C_1 = Coeficiente de forma da bacia;

C_2 = Coeficiente volumétrico de escoamento;

F = Fator de forma.

Para definição de C_1 , é necessário obter o valor de F, com a seguinte equação:

$$F = L / [2 \times (A/\pi)^{0,5}]$$

Onde:

A = Área da bacia contribuinte (km^2);

L = Comprimento do talvegue do curso d'água (km).

A interpretação do resultado do cálculo de F, pode ser assim descrita, caso:

F=1 a bacia tem formato circular perfeito;

F < 1 a bacia tem forma circular para a elíptica e o seu dreno principal está na transversal da área;

F > 1 a bacia foge da forma circular para elíptica e o seu dreno principal está na longitudinal da área.

Assim, então, calcula-se o coeficiente C_1 :

$$C_1 = 4 / (2 + F)$$

De acordo com o DAEE (2012), o coeficiente volumétrico de escoamento (C_2) está relacionado com grau de impermeabilidade da superfície do solo. Podemos adotar o C_2 de acordo com as características de cada microbacia utilizando a Tabela 16 descrita abaixo.



Tabela 16 – Valores do coeficiente de escoamento superficial direto.

Cobertura ou tipo do solo	Uso do solo ou grau de urbanização	C2
- Terreno seco e muito arenoso - Terreno com vegetação densa - Terrenos planos	- Zonas verdes não urbanizadas - Zonas de proteção de mananciais com vegetação densa - Parques e áreas vazias	0,1
- Vegetação rala e/ou esparsa - Solo arenoso seco - Terrenos Cultivados	- Zonas especiais (universidades, cemitérios, aeroportos)	0,3
- Manto fino de material poroso - Pouca vegetação - Gramados amplos, prados e campinas - Declividade média	- Zona residencial com lotes amplos (maiores que 1.000 m ²) - Zona residencial rarefeita	0,5
- Pavimentado com declividade média - Solos argilosos ou pantanosos - Terrenos rochosos estéreis ondulados - Vegetação quase inexistente	- Zona residencial com lotes pequenos (100 a 1.000 m ²) - Zona de apartamentos e edifícios comerciais	0,7
- Pavimentado com declividade forte - Rocha viva não porosa - Estéril montanhoso - Vegetação inexistente	- Zona de concentração de prédios comerciais e/ou residenciais	0,9

Fonte: DAAE, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Com isso, a Tabela 17 apresenta os coeficientes de deflúvio encontrados para cada uma das microbacias urbanas:

Tabela 17 – Coeficientes de deflúvio corrigidos para as microbacias urbanas.

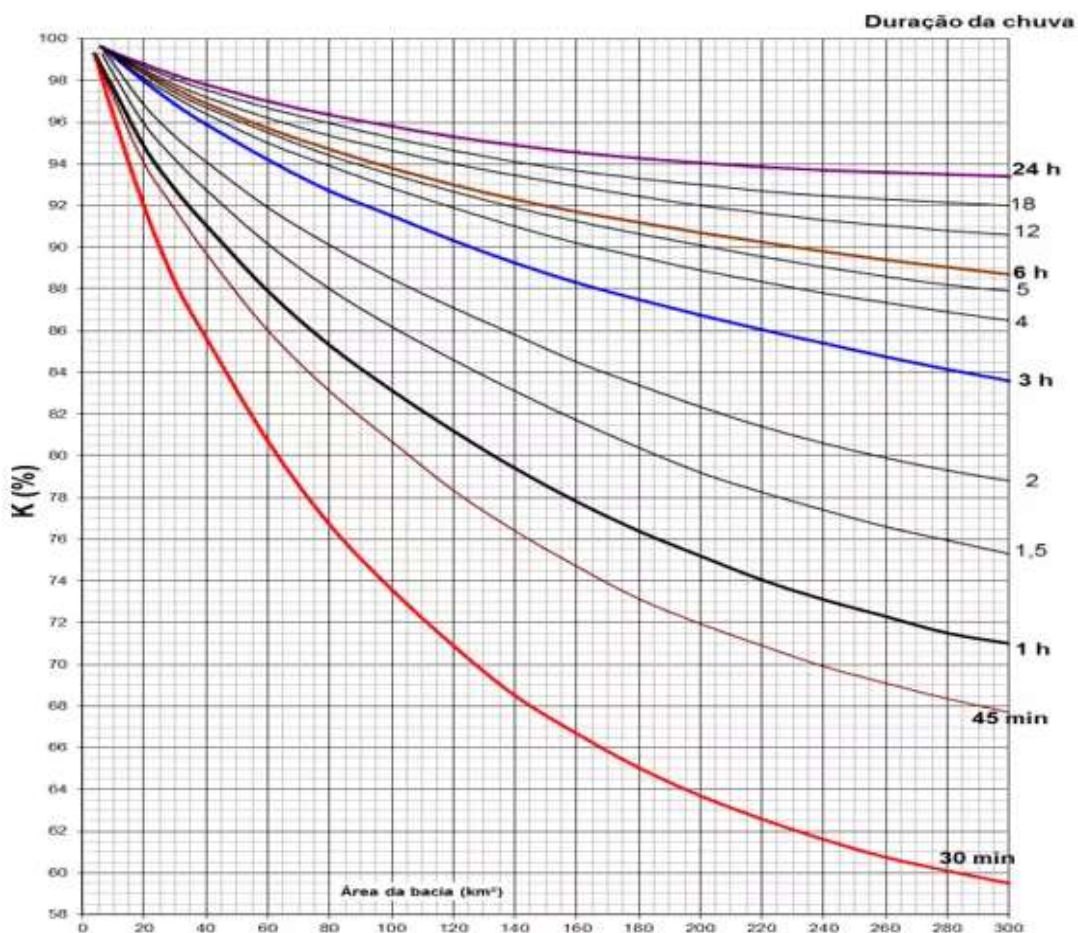
Microbacias	Coeficiente de Deflúvio
Alto Ribeirão Tatu	0,51
Córrego Barroca Funda	0,52
Córrego do Varga	0,59
Córrego do Granufo	0,28
Córrego Vista Alegre	0,22
Médio Ribeirão Tatu	0,36
Baixo Ribeirão Tatu	0,25

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

d) Coeficiente de distribuição espacial da chuva

O coeficiente de distribuição espacial da chuva (K), é dado em função do tempo de concentração das chuvas e da área de drenagem. Seu valor pode ser obtido por meio do gráfico, representado na Figura 30, extraído do manual “Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de I-PAI-WU” (São Paulo, 1999).

Figura 30 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).



Fonte: Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de I-Pai-Wu, 1999. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Por fim, a Tabela 18 demonstra as vazões de projeto estimadas pelo Método I-PAI-WU – Estação de Limeira. Já o Gráfico 2 ilustra às vazões encontradas.

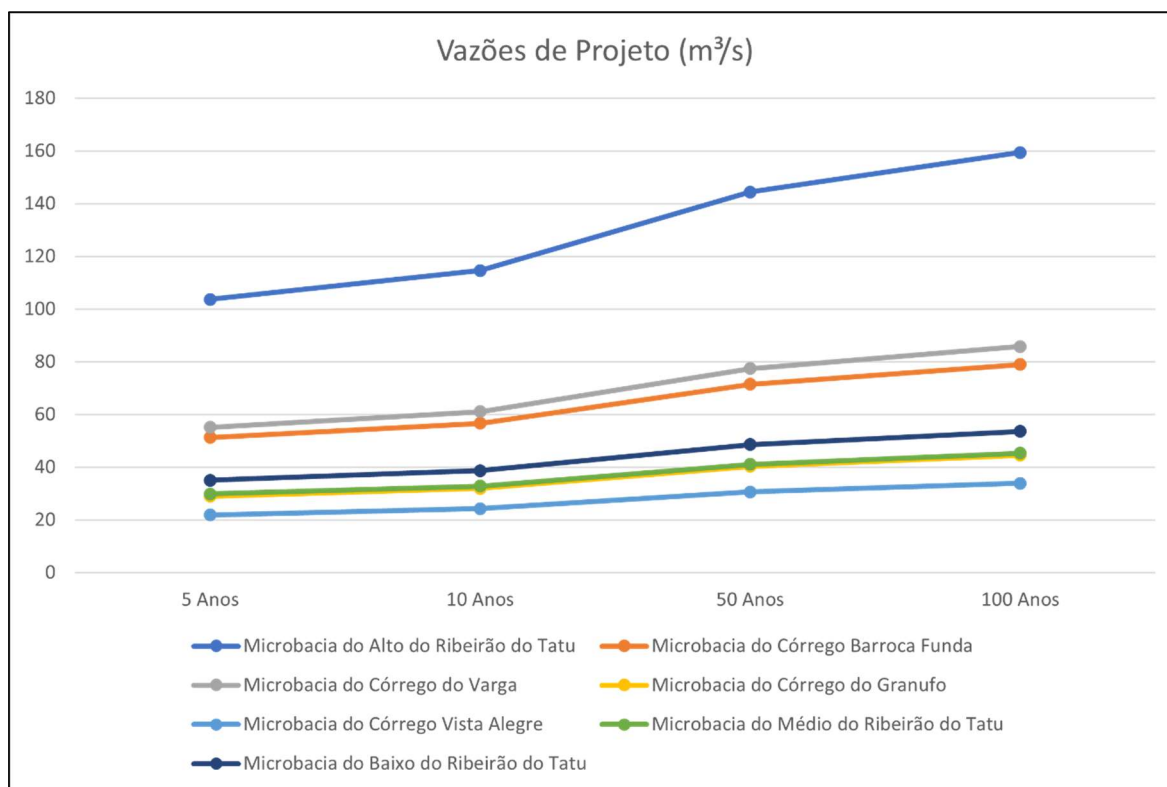


Tabela 18 – Vazão de projeto pelo método I-PAI-WU – Estação de Limeira.

Microbacias	C	Vazão de Projeto Método I-PAI-WU (m ³ /s)			
		5 Anos	10 Anos	50 Anos	100 Anos
Alto Ribeirão Tatu	0,51	103,71	114,57	144,36	159,45
Córrego Barroca Funda	0,52	51,29	56,69	71,47	78,96
Córrego Varga	0,59	55,17	61,10	77,43	85,75
Córrego Granufo	0,28	28,94	31,99	40,32	44,56
Vista Alegre	0,22	21,88	24,23	30,66	33,93
Médio Ribeirão Tatu	0,36	29,81	32,83	41,12	45,28
Baixo Ribeirão Tatu	0,25	35,08	38,70	48,57	53,56

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Gráfico 2 – Vazão de projeto pelo método I-PAI-WU – Estação de Limeira.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

10.2. MICRODRENAGEM

A microdrenagem desempenha um papel fundamental na infraestrutura urbana, proporcionando o manejo adequado das águas pluviais em áreas altamente antropizadas. Com o crescimento das cidades e o aumento da impermeabilização do solo,



os sistemas de microdrenagem tornaram-se indispensáveis para evitar inundações, minimizar os impactos ambientais e garantir a qualidade de vida da população. Também, cumpre um papel crucial na gestão sustentável das águas pluviais em áreas urbanas. A implementação de sistemas adequados de coleta, transporte, tratamento e infiltração da água pluvial traz inúmeros benefícios para as cidades, incluindo a prevenção de inundações, a proteção da infraestrutura, a melhoria da qualidade da água e o controle do efeito de ilha de calor. É essencial que as cidades considerem a microdrenagem como parte integrante do planejamento urbano, visando criar ambientes mais resilientes, sustentáveis e seguros para seus habitantes.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações de Saneamento - SNIS (2022), Limeira possui um total de 1.207,86 km de vias públicas urbanas, sendo que 322,78 km são providas de redes ou canais de águas pluviais subterrâneos, perfazendo uma taxa de cobertura com esses dispositivos de 26,7%. Dada a antiguidade de alguns bairros, seus loteamentos e sua infraestrutura acabaram sendo aprovados contendo medidas de escoamento das águas superficiais quase que completamente superficiais, inclusive com subdimensionamento de alguns dispositivos que não previram a expansão urbana e sua consequente impermeabilização do solo.

Durante as visitas técnicas para elaboração do presente diagnóstico, constatou-se que além da problemática supracitada, também ocorre grande disposição e descarte inadequado de resíduos em vários pontos da cidade, o que acaba por danificar e entupir os dispositivos de microdrenagem, consequentemente diminuindo sua eficiência de captação, direcionamento e transporte das águas pluviais para os sistemas de macrodrenagem a jusante. O conjunto de imagens denominado Figura 31 mostra a situação supracitada.

Figura 31 – Presença de resíduos nas bocas coletoras.









Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



10.3. MACRODRENAGEM

A macrodrenagem é um conceito amplamente utilizado na engenharia hidráulica e urbana para designar o conjunto de técnicas e infraestruturas destinadas ao gerenciamento das águas pluviais em grandes áreas territoriais, como bacias hidrográficas e cidades. Trata-se de um sistema complexo que envolve o controle do escoamento das águas pluviais em grandes volumes, visando à prevenção de inundações, proteção de áreas urbanas e preservação do meio ambiente.

Um dos principais elementos da macrodrenagem é a canalização, que consiste na construção de canais e galerias para permitir o escoamento das águas pluviais. Esses canais podem ser abertos, como canais de concreto ou terra, ou fechados, como tubulações e galerias enterradas, dependendo das características do local e do volume de água a ser drenado.

Outro elemento fundamental são as barragens de controle de cheias. Essas estruturas são projetadas para controlar o fluxo das águas pluviais, evitando níveis prejudiciais e prevenindo inundações em áreas urbanas. Elas podem ser temporárias ou permanentes e têm como objetivo regular o fluxo das águas e permitir sua liberação de forma controlada.

Além disso, a macrodrenagem envolve também a retenção e detenção de águas pluviais. Essas estruturas de macrodrenagem têm a finalidade de reter ou retardar o escoamento das águas pluviais, evitando picos de vazão e reduzindo o risco de inundações. Elas podem ser representadas por bacias de detenção, lagoas de retenção ou reservatórios construídos especificamente para esse propósito.

No que diz respeito às tecnologias usualmente empregadas na macrodrenagem, inclusive usadas no presente diagnóstico, destacam-se a modelagem hidrológica, o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) e softwares de simulação hidráulica, que permitem estimar a vazão das águas pluviais, identificar pontos críticos e dimensionar corretamente as estruturas de drenagem.

O emprego de sistemas de monitoramento, como pluviômetros e estações meteorológicas, possibilita o acompanhamento em tempo real das condições hidrológicas, facilitando a tomada de decisões rápidas em caso de eventos extremos.

Além disso, as técnicas de drenagem sustentável são cada vez mais utilizadas na macrodrenagem. Elas englobam práticas de infraestrutura verde, como telhados



verdes, pavimentos permeáveis e jardins de chuva, que ajudam a reduzir o volume e a velocidade do escoamento das águas pluviais, contribuindo para a recarga de aquíferos e o controle de inundações.

Em resumo, o correto planejamento e implantação da macrodrenagem são fundamentais para garantir a eficiência no gerenciamento das águas pluviais em grandes áreas. A combinação adequada de elementos e o uso de tecnologias apropriadas podem contribuir para a prevenção de inundações, a proteção das áreas urbanas e a preservação do meio ambiente.

Segundo Tucci (2003) é estimado que sejam requeridos entre 420 e 470 m³ por hectare de reservação para o adequado amortecimento dos impactos causados pela urbanização, especialmente devido à alta impermeabilização do solo. O mesmo autor afirma que, se considerada uma profundidade média de 1,5 m para as lagoas de retenção e/ou retenção, isso corresponde à uma área necessária equivalente a 3% da área total da bacia urbanizada para construção de tais dispositivos.

De acordo com o SNIS (2022), o volume total dos reservatórios de amortecimento na área urbana é de 39.500,72 m³, distribuídos em dispositivos diversos, tais como bacias de retenção e detenção, piscininhas e o piscinão da baixada do Mercado Modelo. Tendo como base a área urbanizada de 19.295 ha e a estimativa de Tucci (2003) supracitada, o volume necessário para tais dispositivos seria de 8.103.900 m³, valor exorbitante se considerada apenas essas medidas estruturais como solução para os problemas da drenagem urbana.

Devido a isso, Urbonas (1993) afirma ser imprescindível a adoção de medidas não estruturais e de controle na fonte para garantir o bom funcionamento das cidades altamente urbanizadas e sua resiliência diante de eventos extremos de precipitação pluviométrica.

O Plano Diretor Territorial - Ambiental de Limeira, instituído pela Lei Complementar nº 442, de 12 de janeiro de 2009, em seu artigo 53, preconiza as Zonas de Intervenção Estratégica (ZIEs), as quais “se caracterizam como grandes áreas localizadas estrategicamente em regiões do município como Vale do Tatu e demais vales, regiões ou imóveis a serem recuperados ou ocupados” (LIMEIRA, 2009) e, dentre elas, a ZIE-1, definida por “áreas destinadas à constituição de parques públicos e lagoas de contenção e detenção e demais dispositivos de macrodrenagem urbana” (LIMEIRA, 2009).

O Conjunto de imagens denominado Figura 32 mostra a Bacia de Detenção do Parque das Nações, a qual estava sendo desassoreada à época da visita técnica.

Figura 32 – Bacia de retenção do Parque das nações.







Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Verifica-se que a bacia apresenta boas condições, exceto pela presença de resíduos nas margens e a presença de moradores de rua ao lado de um dos dispositivos de entrada e dissipação de energia, como mostra a quinta foto da Figura 32.

Já a Figura 33 mostra a vista aérea do dispositivo, bem como sua localização.

Figura 33 – Bacia de retenção do Parque das Nações.



Fonte: Airbus, 2023; adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Outro importante dispositivo de amortecimento de vazões de pico em tempestades extremas é o “Piscinão do Tiro de Guerra”, que consiste em um reservatório fechado de detenção de 10 mil m³ com área de lazer sobre o nível do solo. O dispositivo apresenta boas condições, com exceção de uma infiltração que, segundo o técnico da equipe técnica municipal - ETM que acompanhava a visita, disse já estar programada para ser resolvida. O conjunto de imagens na Figura 34 mostra o piscinão em questão.

Figura 34 – Piscinão do Tiro de Guerra.









Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



As exutórias das microbacias estudadas também foram visitadas para avaliação de suas condições e verificar a presença de sólidos e outros elementos carregados pelas águas pluviais. Algumas delas eram de difícil acesso e a avaliação foi realizada por métodos indiretos. Ainda, algumas exutórias se localizam quase no mesmo ponto, diferindo apenas o lado de margem do Ribeirão Tatu em que desaguam, permitindo uma avaliação conjunta na mesma localidade e então, conseqüentemente, sendo apresentadas juntas.

Nas imagens da Figura 35, são exibidas as exutórias das Microbacias do Alto Tatu e do Varga, na localidade conhecida como Ponte Preta, um dos pontos críticos já abordados anteriormente nesse Plano. Há um equipamento para aferição do nível d'água do Ribeirão Tatu de responsabilidade da empresa prestadora dos serviços de água e esgoto do município sobre a ponte, mas segundo informações do técnico da ETM que acompanhava a visita, o mesmo não é utilizado para alarmes sobre enchentes.

Nesse trecho, o Ribeirão Tatu tem a margem direita (Rua Antônio Lucato) em concreto e a margem esquerda em talude de terra, sendo o seu trajeto retificado, com grande presença de vegetação ruderal nas margens. O leito não apresenta grandes sinais de assoreamento, com exceção de vegetação desprendida e galhos ou troncos retidos em pequenos bancos de sedimento.

Figura 35 – Exutórias das Microbacias do Alto Tatu e do Varga.





Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

As imagens da Figura 36 mostram a exutória da Microbacia Barroca Funda. A Galerias de Águas Pluviais (GAP) mostrada nas fotos apresenta boas condições, contudo, no canal que dá acesso ao Ribeirão Tatu (fotos 2 e 4) há um estrangulamento de vazão com estrutura de concreto, além de grande presença de resíduos e vegetação morta retida, diminuindo a capacidade de escoamento da estrutura, além de ajudar na formação das enchentes do ponto crítico da Ponte Preta à montante, distante apenas 120 m da área em questão. Também há sinais de assoreamento e presença de bancos de sedimentos e rejeitos, o que prejudica as condições de escoamento do local.

Figura 36 – Exutória da Microbacia Barroca Funda.







Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

As exutórias das Microbacias do Médio Tatu e Granufo estão localizadas em área rural, aos fundos de uma pedreira e apresentam visível erosão de margem, a qual é desprovida de vegetação ciliar ou APP em boas condições. Ainda, é possível encontrar grande quantidade de resíduos – principalmente sacolas, garrafas plásticas e fragmentos de tecido – nas margens onde há tímida vegetação ruderal.

No conjunto de imagens da Figura 37 são mostradas as exutórias das Microbacias do Médio Tatu e Granufo, onde foi constatada a presença de vegetação morta e arrastada durante as chuvas, inclusive com um tronco de grande proporção como mostrado na segunda foto do conjunto.

Figura 37 – Exutórias das Microbacias do Médio Tatu e Granufo.







Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

As imagens da Figura 38 mostram a exutória da Microbacia Vista Alegre. Nesse trecho do Ribeirão Tatu existe uma passagem de linha férrea, pouco antes do ponto exutório propriamente dito. O local apresenta tímida vegetação em estado primário de regeneração na APP e as margens tem evidentes sinais de erosão, dada a falta de cobertura vegetal em alguns pontos e características do solo local. Há presença de vegetação morta e alguns resíduos, bem como sinais de assoreamento e bancos de areia.

Figura 38 – Exutória da Microbacia Vista Alegre.







Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Por fim, temos a exutória da Microbacia do Baixo Tatu, que, evidentemente, também é o ponto de desague de toda Bacia do Ribeirão Tatu no Rio Piracicaba.

O local fica próximo a uma ponte de linha férrea, mas é uma área de difícil acesso. A avaliação foi realizada por imagem de satélite e avistamento com foco de aumento de câmera. As imagens da Figura 39 ilustram a posição mais próxima que foi possível chegar a pé da referida exutória, bem como a vista do local por imagem de satélite.

Figura 39 – Exutória da Microbacia do Baixo Tatu e da Bacia do Ribeirão Tatu.





Fonte: Airbus, 2023; adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

10.4. CADASTRO DE REDE

Dentre os documentos e materiais fornecidos pela ETM, foi disponibilizado também um arquivo de Cadastro das Redes de GAP, em *.dwg* (arquivo do *AutoCad*), com data de atualização de maio de 2021. Tanto nas reuniões técnicas como no levantamento de campo, foram identificadas várias incoerências no cadastro, tais como a existência de dispositivos em locais onde o documento não mostra e também, o cenário contrário, como a inexistência de dispositivos que o cadastro acusava a localização dos mesmos.

Além do constatado acima, também foi informado pela ETM que muitas obras de drenagem executadas durante a existência do extinto SAAE não possuem dados concretos como memorial de cálculo, plantas, entre outros, por motivos desconhecidos ou mesmo extravio de documentação.

O cadastro da rede e dispositivos de drenagem é uma atividade de extrema importância para a cidade de Limeira. Trata-se de um processo de levantamento e registro das características e localização dos elementos que compõem o sistema de drenagem urbana, como tubulações, galerias, caixas de inspeção e bocas coletoras. Esse cadastro tem como objetivo principal fornecer informações precisas sobre o



funcionamento e a capacidade de escoamento das águas pluviais, bem como auxiliar na gestão eficiente do sistema de drenagem.

Um cadastro bem elaborado permite o conhecimento detalhado da infraestrutura de drenagem da cidade, possibilitando uma melhor compreensão das suas limitações e necessidades de manutenção e melhoria. Com essas informações em mãos, é possível planejar, de forma estratégica, as ações de manutenção preventiva e corretiva, priorizando as áreas mais críticas e minimizando os riscos de enchentes e inundações.

Além disso, o cadastro da rede e dispositivos de drenagem facilita o planejamento de novos empreendimentos e obras de infraestrutura na cidade. Com a identificação precisa das áreas já atendidas pelo sistema de drenagem, é possível analisar a capacidade de absorção dessas áreas e garantir que novos empreendimentos sejam realizados de forma sustentável, sem comprometer o correto escoamento das águas pluviais.

Outro aspecto relevante é a importância do cadastro para a tomada de decisões relacionadas à mitigação dos impactos ambientais. Com o conhecimento exato da localização das redes de drenagem, é possível implementar ações de preservação e recuperação de áreas degradadas, como cursos d'água naturais e áreas de preservação permanente. Além disso, o cadastro permite o monitoramento eficiente dos recursos hídricos, auxiliando na identificação de pontos críticos de poluição e na adoção de medidas corretivas adequadas.

No contexto da Cidade de Limeira, o cadastro da rede e dispositivos de drenagem torna-se ainda mais importante devido às características geográficas e urbanísticas do município. A cidade apresenta áreas com topografia acidentada e grande concentração urbana, o que aumenta a suscetibilidade a problemas relacionados às águas pluviais. O correto cadastro e a gestão eficiente do sistema de drenagem contribuem diretamente para a redução dos riscos associados a enchentes, alagamentos e prejuízos à população.

Diante dessas considerações, é fundamental que a cidade de Limeira invista na elaboração e atualização contínua do cadastro da rede e dispositivos de drenagem. Essa ação deve ser realizada por profissionais qualificados, utilizando técnicas adequadas e seguindo as normas técnicas estabelecidas pela ABNT. Dessa forma, será possível promover uma gestão eficiente do sistema de drenagem, proporcionando



segurança, qualidade de vida e desenvolvimento sustentável para toda a população de Limeira.

As diretrizes, metodologias, formatos e custos da elaboração e atualização contínua desse cadastro serão detalhadas na fase de Prognóstico do presente Plano.

10.5. PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DE MICRODRENAGEM

O programa de serviços preventivos de limpeza de bocas coletoras de águas pluviais consiste em um conjunto de atividades com o propósito de assegurar o adequado funcionamento dos dispositivos de drenagem. O programa visa prevenir a ocorrência de obstruções e o acúmulo de detritos nos dispositivos de microdrenagem, garantindo a eficiência na coleta de água da chuva e a capacidade do sistema de drenagem em lidar com o fluxo adequado.

O programa de manutenção preventiva normalmente envolve as etapas de:

- I. Programação de limpeza - visa o estabelecimento de uma frequência adequada para a realização das limpezas, considerando fatores como os índices pluviométricos, a presença de detritos na área e a capacidade de autolimpeza do sistema. A definição da periodicidade deve levar em conta as condições locais, sendo recomendada que seja executada de forma regular;
- II. Inspeção visual - realização de inspeções periódicas nas bocas coletoras e demais dispositivos para identificar indícios de obstrução, acúmulo de detritos ou danos físicos. São inspeções que podem ser conduzidas visualmente ou por meio de câmeras de vídeo para uma avaliação mais detalhada da manutenção;
- III. Remoção de detritos – realização da limpeza das bocas coletoras por meio da remoção manual dos detritos acumulados, como folhas, galhos, resíduos sólidos e sedimentos. Para isso, podem ser utilizadas ferramentas adequadas, como pás, vassouras ou equipamentos de sucção;
- IV. Descarte apropriado - etapa que visa o descarte correto dos detritos removidos das bocas coletoras, seguindo as normas ambientais e as diretrizes estabelecidas pela legislação vigente. Essa etapa pode envolver a destinação seletiva de resíduos sólidos ou o encaminhamento para unidades de tratamento de resíduos apropriadas;



V. Registro e documentação - manutenção de registros das atividades de limpeza executadas, incluindo datas, localizações e condições observadas. Esses registros auxiliam no acompanhamento do programa de manutenção e na identificação de áreas que necessitam de atenção especial.

A implementação de um programa de manutenção preventiva de limpeza de bocas coletoras de águas pluviais contribui para a eficiência do sistema de drenagem, evitando problemas e reduzindo os riscos de inundações e danos associados às águas pluviais.

A Tabela 19 apresenta o cronograma de serviços preventivos de limpeza de bocas coletoras de águas pluviais e a Figura 40 ilustra o mapa de Limeira com a divisão das regiões.

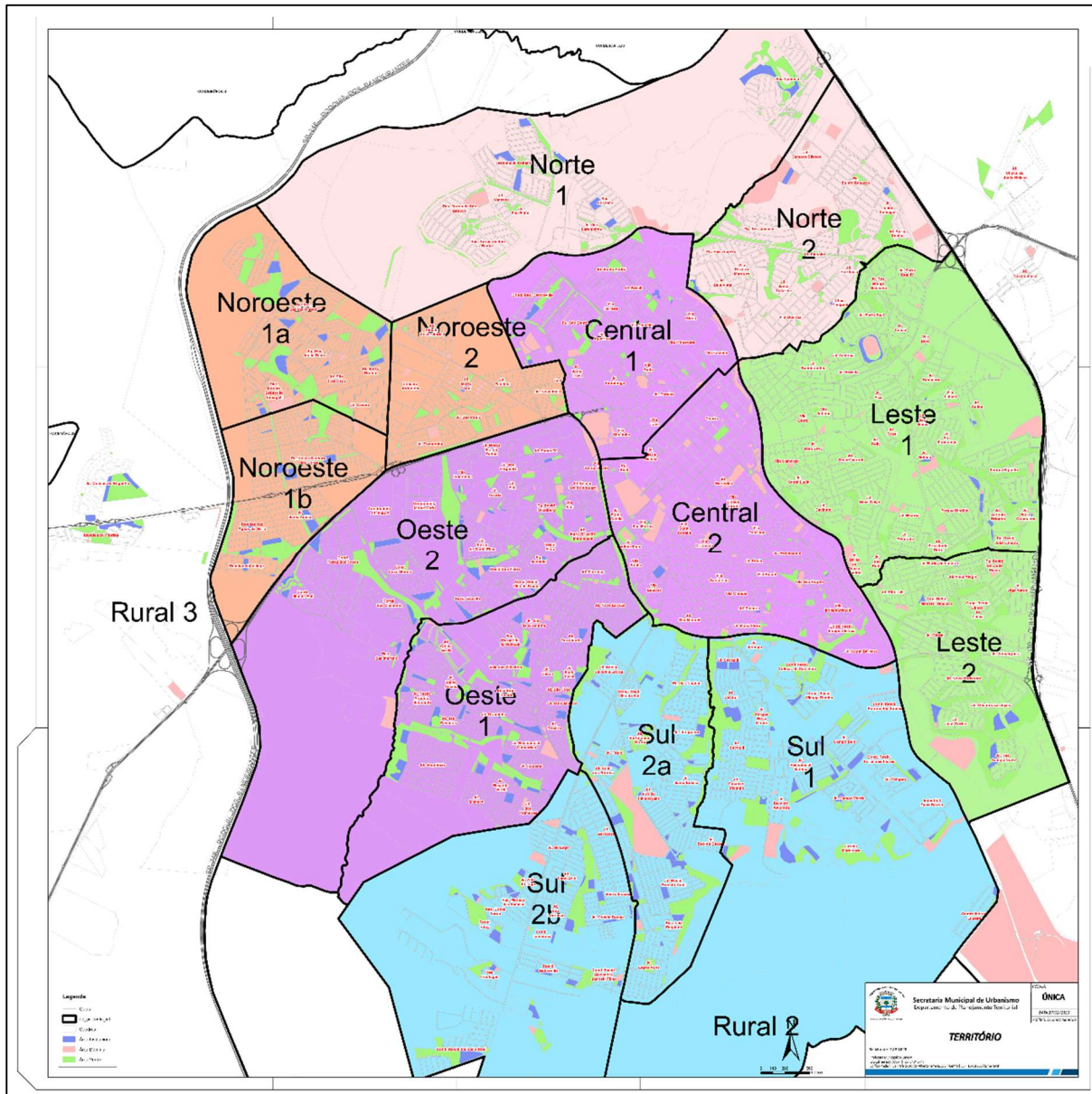


Tabela 19 – Cronograma de serviços preventivos de limpeza de bocas coletoras de águas pluviais.

CRONOGRAMA DE SERVIÇOS PREVENTIVOS DE LIMPEZA DE BOCAS COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS												
	abr/23	mai/23	jun/23	jul/23	ago/23	set/23	out/23	nov/23	dez/23	jan/24	fev/24	mar/24
NORTE 1	X					X						
NORTE 2		X					X					
LESTE 1			X					X				
LESTE 2				X					X			
NOROESTE 1A					X					X		
NOROESTE 1B					X					X		
NOROESTE 2						X					X	
OESTE 1							X					X
OESTE 2	X							X				
CENTRAL 1		X							X			
CENTRAL 2			X							X		
SUL 1A				X							X	
SUL 2A				X							X	
SUL B					X							X

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 40 – Mapa de Limeira com a divisão das regiões.



Fonte: Prefeitura Municipal de Limeira, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

10.6. ESTUDOS HIDRÁULICOS

Para realizar um estudo hidráulico dos dispositivos de drenagem em um município, são necessários diversos dados e procedimentos que são essenciais para uma análise precisa e confiável. Alguns dos principais dados e procedimentos necessários são os seguintes (CHOW, 1988):



- **Dados topográficos:** Informações topográficas detalhadas são fundamentais para definir as características do terreno, como declividades, altitudes e seções transversais dos canais de drenagem. Esses dados podem ser obtidos por meio de levantamentos topográficos e são essenciais para calcular as vazões e determinar as capacidades hidráulicas dos dispositivos de drenagem;
- **Cadastro de rede de drenagem:** Um cadastro consistente e atualizado da rede de drenagem é essencial. Ele inclui informações como a localização e características dos canais, galerias, bocas coletoras e outros dispositivos de drenagem. Isso permite identificar a extensão e a complexidade do sistema, auxiliando no dimensionamento dos dispositivos e no planejamento de melhorias;
- **Dados pluviométricos:** Informações sobre as chuvas que ocorrem na região são cruciais para estimar as vazões de água que serão drenadas pelo sistema. Os dados pluviométricos incluem intensidade, duração e frequência das chuvas e podem ser obtidos a partir de estações meteorológicas próximas ou registros históricos confiáveis;
- **Localização dos dispositivos e obras de drenagem:** É crucial ter informações precisas sobre a localização dos dispositivos e obras de drenagem, como bocas coletoras, poços de visita e estruturas de amortecimento de vazões. Esses dados permitem realizar simulações hidráulicas realistas e identificar áreas críticas que requerem atenção especial;
- **Projetos e plantas das obras e dispositivos de drenagem existentes:** Os projetos e plantas dos sistemas de drenagem existentes fornecem informações detalhadas sobre a geometria, a inclinação dos canais e outros parâmetros hidráulicos importantes. Esses documentos são essenciais para a modelagem hidráulica precisa e para a análise do desempenho atual do sistema;
- **Batimetria dos corpos hídricos e canais de drenagem:** A batimetria é a medição da profundidade de um corpo hídrico em diferentes pontos. A obtenção de informações precisas sobre a batimetria dos corpos hídricos principais de cada microbacia e dos canais de drenagem é de extrema importância. Ela permite a correta representação da geometria do canal e do fluxo de água, auxiliando na análise hidráulica e no dimensionamento dos dispositivos de drenagem.



A realização de estudos hidráulicos precisos para a análise da rede de drenagem de um município é fundamental para garantir a eficiência e o bom funcionamento do sistema de drenagem. No entanto, a falta de informações consistentes e precisas sobre a rede de drenagem existente, incluindo cadastro, projetos, plantas e localização dos dispositivos e obras de drenagem, pode apresentar sérias limitações na realização desses estudos.

Um dos principais problemas decorrentes dessa ausência de informações é a falta de dados geométricos adequados. A geometria correta dos canais e dispositivos de drenagem é essencial para determinar o fluxo de água, a velocidade e a capacidade de escoamento desses sistemas. Sem essas informações, torna-se difícil realizar cálculos hidráulicos precisos e, conseqüentemente, avaliar o desempenho do sistema de drenagem.

Além disso, a incerteza nas características hidráulicas dos canais é outro obstáculo enfrentado. A falta de informações sobre a rugosidade dos canais, coeficientes de perda de carga e outros parâmetros hidráulicos importantes compromete a modelagem hidráulica precisa. Esses dados são fundamentais para simular o comportamento do fluxo de água e avaliar a capacidade dos dispositivos de drenagem em lidar com as vazões esperadas.

Outra implicação significativa é a dificuldade na identificação de pontos críticos do sistema de drenagem. Sem um cadastro de rede de drenagem consistente e informações precisas sobre a localização dos dispositivos e obras de drenagem, torna-se um desafio identificar os locais onde ocorrem problemas de inundação e obstrução do escoamento. Isso dificulta a implementação de soluções adequadas e a realização de melhorias efetivas no sistema.

Ainda, a falta de dados e informações precisas compromete a confiabilidade e a precisão dos modelos hidráulicos utilizados para simular o comportamento do sistema de drenagem. Essas limitações dificultam a avaliação dos impactos de eventos extremos, o dimensionamento adequado de dispositivos de drenagem e a previsão de cenários futuros.

Em resumo, a ausência de um cadastro de rede de drenagem consistente, projetos, plantas e informações precisas sobre a localização dos dispositivos e obras de drenagem apresenta desafios significativos na realização de estudos hidráulicos precisos. Essas informações são essenciais para tomar decisões embasadas, projetar



soluções eficientes e prevenir problemas relacionados a enchentes e inundações. Portanto, é crucial investir na obtenção e atualização desses dados para garantir a eficácia do plano de drenagem de um município.

10.6.1. Modelagem Hidráulica

A modelagem hidráulica de um plano de drenagem urbana municipal consiste em utilizar técnicas e ferramentas para simular o comportamento do escoamento de água nas redes de drenagem, canais, bacias de retenção e demais dispositivos presentes no sistema de drenagem urbana. Essa modelagem é uma etapa essencial para avaliar o desempenho do sistema existente, identificar problemas e propor soluções adequadas.

Para realizar a modelagem hidráulica, são necessários dados como elevações do terreno, características dos dispositivos de drenagem, vazões de chuva, entre outros. Esses dados são coletados por meio de levantamentos topográficos, registros hidrológicos e informações sobre a infraestrutura existente. Com base nesses dados, é construído um modelo computacional que representa a área de estudo, incluindo as redes de drenagem, canais, bacias de retenção e outros elementos relevantes.

O modelo hidráulico é calibrado e validado com base em informações observadas no campo, como níveis de água em pontos específicos ou registros de eventos de enchentes passados. A calibração é importante para garantir que o modelo represente adequadamente a realidade e produza resultados confiáveis.

Com o modelo calibrado, podem ser realizadas análises de diferentes cenários, como eventos de chuva intensa, expansão urbana, implementação de novos dispositivos de drenagem, entre outros. Essas análises permitem avaliar o desempenho do sistema em diferentes condições e identificar áreas críticas que necessitam de intervenções.

Com base nos resultados da modelagem, são propostas soluções para melhorar o desempenho do sistema de drenagem. Isso pode incluir a construção de novos dispositivos, dimensionamento adequado das estruturas já existentes, criação de áreas de retenção, entre outras medidas. A modelagem permite avaliar o impacto dessas soluções no sistema como um todo.



11. ÁREAS DE RISCO E PONTOS CRÍTICOS

A drenagem urbana é um elemento essencial para a sustentabilidade e qualidade de vida nas cidades. É através de um sistema de drenagem eficiente que as águas pluviais são coletadas, transportadas e tratadas, minimizando os problemas de alagamento e garantindo a preservação dos recursos hídricos. No entanto, o desenvolvimento urbano desordenado e a falta de investimentos adequados muitas vezes resultam em problemas significativos de drenagem.

Neste contexto, a revisão de um plano de drenagem é uma medida necessária para avaliar a situação atual e identificar a evolução ocorrida desde o último plano implementado. Nessa abordagem, é crucial compreender a situação ou panorama da drenagem urbana na época do plano anterior.

No plano anterior, foram identificados vários pontos da cidade que enfrentavam problemas recorrentes de alagamento. Esses locais eram frequentemente impactados por chuvas intensas, resultando em inundações, transtornos para os moradores da região e prejuízos para o patrimônio público e privado. Além disso, a infraestrutura existente naquela época muitas vezes se mostrava insuficiente para lidar com a demanda crescente de uma cidade em expansão.

No entanto, na revisão do plano, podemos comparar a realidade atual com a situação anterior e identificar os avanços alcançados. Ao longo dos anos, foram implementadas medidas e intervenções para solucionar esses pontos problemáticos de alagamento. Com a melhoria da infraestrutura do sistema de drenagem urbana e o manejo adequado das águas pluviais, muitos desses problemas foram resolvidos.

Através de obras de ampliação de galerias de águas pluviais, construção de bacias de retenção, implementação de sistemas de retenção e infiltração, entre outras soluções técnicas, a capacidade de escoamento das águas pluviais foi significativamente aumentada. Essas intervenções visaram mitigar os impactos das chuvas intensas, permitindo que as águas sejam drenadas de forma eficiente e segura, reduzindo o risco de alagamentos e enchentes.

Contudo, apesar dos avanços alcançados, é importante ressaltar que ainda existem desafios a serem superados. Alguns pontos problemáticos podem persistir devido a restrições de ordem técnica, financeira ou mesmo devido às limitações naturais da região. Essas áreas identificadas como pontos críticos devem receber uma



atenção especial durante a revisão do plano, a fim de buscar soluções mais eficazes e sustentáveis.

Assim, a revisão do plano de drenagem urbana é uma ferramenta indispensável para avaliar o progresso e identificar os desafios atuais. É uma oportunidade para analisar a eficácia das medidas implementadas, identificar os pontos que foram solucionados e os que ainda requerem atenção, bem como para promover o aumento ou incremento da infraestrutura do sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais. Com uma abordagem técnica e criteriosa, é possível avançar rumo a uma cidade mais resiliente, capaz de lidar de forma adequada com os desafios associados à drenagem urbana.

11.1. PANORAMA DO ÚLTIMO PLANEJAMENTO

No capítulo dedicado ao eixo da drenagem urbana e manejo das águas pluviais do último Plano Municipal de Saneamento Básico de Limeira, elaborado em 2013, foram identificados 12 pontos críticos e 26 áreas de risco, com base nas informações do Plano Diretor Municipal de Redução de Riscos de 2012. Além disso, durante o levantamento de campo realizado na mesma época, foram definidos 15 setores de risco adicionais (LIMEIRA, 2013).

Esses dados foram fundamentais para compreender as vulnerabilidades relacionadas à drenagem urbana na época. No entanto, é importante ressaltar que o foco atual reside na revisão dessas informações, levando em consideração o que foi ou não resolvido desde então.

A revisão em andamento tem como objetivo avaliar a efetividade das medidas adotadas anteriormente e identificar as lacunas que ainda precisam ser abordadas. Com base nessa análise crítica, será possível direcionar os esforços para resolver os problemas remanescentes e implementar aprimoramentos no sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais em Limeira.

A partir dessa revisão, serão identificados os pontos que foram adequadamente solucionados, ressaltando as melhorias alcançadas. Além disso, serão destacados os desafios persistentes e as áreas que necessitam de intervenções adicionais para reduzir os riscos de alagamentos e melhorar a infraestrutura de drenagem urbana.



Essa abordagem de revisão contínua permite uma gestão mais eficiente e adaptativa, garantindo que as ações em relação à drenagem urbana estejam alinhadas com as necessidades e demandas atuais da cidade. O objetivo final é promover uma cidade mais resiliente, capaz de lidar efetivamente com eventos climáticos e minimizar os impactos negativos nas áreas urbanas.

Portanto, a revisão em curso representa um importante passo para atualizar e aprimorar as estratégias de drenagem urbana e manejo das águas pluviais, visando garantir a segurança, o bem-estar e a qualidade de vida da população local.

Os pontos críticos identificados na última versão do PMSB de Limeira foram (LIMEIRA, 2013):

- Passagem sob a ferrovia, na Rua do Rosário (abaixo do nível do canal);
- Passagem sob a ferrovia, na Av. Campinas (abaixo do nível do canal);
- Rua Constante Ometto – Jd. São Paulo;
- Baixada do Mercado Municipal;
- Rua Antônio de Campos – Vila Bull;
- Av. Laranjeiras – Rotatória;
- Praça Dr. Milton Silveira – Jd. Nova Itália;
- Rua Alfredo Sthalberg – Jd. Santo André;
- Fim da Av. Eduardo Peixoto, próximo ao córrego – Jardim Nova Europa;
- Av. Campinas com a Rua dos Filtros – Vila Kuhl;
- Rua Arthur Voigt com Av. Antônio Eugênio Lucato – Vila Camargo;
- Rotatória da SP 147 com Anel Viário (Hípica).

Já as Áreas de Risco identificadas são mostradas no Quadro 5.

Quadro 5 – Áreas de Risco identificadas no Plano anterior.

Nº DE ÁREA DE RISCO	ÁREA
1	Passagem sob a ferrovia
2A	Baixada do Mercado Modelo
2B	Rua Santa Cruz
3	Avenida Laranjeiras
4	Rua Ambrósio Fumagalli



Nº DE ÁREA DE RISCO	ÁREA
10B	Marginal Tatu
11A	Rua Limeira
11B	Avenida Laranjeiras
11C	Avenida Laranjeiras
12A	Entre as ruas Jatobá e José da Silva
12B	Córrego Santa Cruz
13	Rua Wilson Negrucci
14A	Rua Santa Lúcia
14B	Córrego Santa Cruz
15	Rua Joaquim Moura Guimarães
16A	Córrego Machado
16B	Córrego Machado
17	Córrego Varga
18	Córrego Presidente Dutra
19	Ribeirão Tatu
5	Fim da Av. Eduardo Peixoto
6	Passagem sob a ferrovia
7	Rotatória da Hípica
8	Avenida Campinas
9	Rotatória de Acesso ao Horto Florestal
10A	Marginal Tatu

Fonte: Limeira, 2013.

O Quadro 6 traz a correlação entre os setores, as áreas e os números de áreas de risco identificadas em campo no PMSB de 2013.

Quadro 6 – Áreas e Setores de Risco identificados no Plano anterior.

SETOR	ÁREA	Nº DE ÁREA DE RISCO
1	Ponte Preta - passagem sob a ferrovia	1
2	Marginal Ribeirão Tatu	2B, 10A, 10B, 8
3	Baixada do Mercado Modelo	2A
4	Córrego Granja Machado - Trecho II	3, 11A, 11B, 11C, 16B



SETOR	ÁREA	Nº DE ÁREA DE RISCO
5	Rua Ambrósio Fumagalli	4
6	Rotatória Roberto Antunes de Campos	5
7	Avenida Araras - Passagem sob a ferrovia	6
8	Rotatória Hípica	7
9	Rotatória de Acesso ao Horto Florestal	9
10	Córrego Santa Cruz - Trecho I	12A, 12B
11	Rua Wilson Negrucci	13
12	Córrego Santa Cruz - Trecho II	14A, 14B
13	Córrego Varga e Córrego Dutra	15, 16, 18
14	Córrego Granja Machado - Trecho I	16A
15	Rua Alberto Pessano	19

Fonte: Limeira, 2013.

11.2. PROBLEMÁTICA ATUAL

Dentre as áreas e pontos de risco supracitados, foram identificados, conjuntamente com a equipe técnica municipal do Departamento de Saneamento e Drenagem e visitas técnicas ao município, 07 pontos críticos remanescentes listados e descritos a seguir.

O Ponto Crítico 01 está localizado na Avenida Araras, próximo à indústria CPKelco, e inserido dentro da microbacia do Alto Tatu. Refere-se a uma passagem de via sob a linha férrea, o que causa o rebaixamento do ponto crítico em mais de 2 metros em relação às vias adjacentes, fazendo com que o fluxo das águas pluviais seja para ele direcionado. Existe uma boca coletora no local, contudo, a mesma não é suficiente para a vazão gerada em eventos atmosféricos intensos, além do nível da via estar muito próximo ao nível do canal, o que causa afogamento do dispositivo durante a subida de nível d'água do mesmo.

As fotos apresentadas na Figura 41 mostram o ponto crítico supracitado, bem como a placa de alerta que sinaliza o risco do local quando da ocorrência de fortes chuvas.

Figura 41 – Ponto Crítico 01.





Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



O Ponto Crítico 02 está localizado na Rua Antônio Lucato, adjacente ao comércio atacadista Madeiforte e inserido na microbacia do Alto Tatu. O local tem a saída da rede de GAP para o Ribeirão Tatu, a qual encontrava-se com sinais de assoreamento e grande presença de vegetação à época das visitas de diagnóstico. A inundação causada por esse ponto atinge também a rotatória da Avenida Laranjeiras com a Avenida Souza Queiroz, causando grandes transtornos à população.

Segundo o técnico da ETM que acompanhou a visita ao local, as causas do refluxo de água na GAP devem-se mais à elevação do nível d'água no Ribeirão Tatu do que o subdimensionamento da rede de microdrenagem à montante. Entretanto, segundo o PMSB de 2013, neste ponto, onde há o desaguamento do Córrego Granja Machado, já houveram obras para adequação do canal de drenagem, podendo inferir assim que a problemática relacionada está vinculada também a rede de drenagem a montante, que pode ser pela falta de manutenção e consequente assoreamento, pela falta de estruturas de detenção ou retenção e pelo subdimensionamento para as situações encontradas atualmente onde há uma maior impermeabilização do solo, com isso um maior escoamento superficial e maior volume a ser drenado pela rede existente.

As imagens na Figura 42 mostram o ponto crítico supracitado.

Figura 42 – Ponto Crítico 02.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O Ponto Crítico 03 também está inserido na microbacia do Alto Ribeirão Tatu, localizado na área da baixada do Mercado Modelo, o qual teve sua construção iniciada em 1958. A área apresenta problemas, tanto devido à canalização do Córrego Lava-Pés e a alta urbanização sobre o mesmo, quanto a configuração topográfica e da rede de GAP, que faz com que quase toda a água pluvial da microbacia seja direcionada para o local.

Além disso, o ponto possui um desnível de 6 a 9 m em relação às ruas adjacentes, o que infere uma alta concentração do escoamento durante os eventos climáticos extremos. Insta salientar que há uma obra para retenção e amortecimento, conhecida como a Bacia do Tiro de Guerra ou simplesmente “piscinão”, que mitigou as enxurradas e o nível d’água (NA) dos alagamentos da área, mas sem saná-los por completo.

Atualmente, à época das visitas técnicas para o diagnóstico, a baixada recebia uma grande obra de intervenção com a construção de mais duas bacias de retenção sob o mercado para solucionar os problemas de drenagem do local.

O conjunto de imagens na Figura 43 mostram o ponto supracitado.

Figura 43 – Ponto Crítico 03.







Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O Ponto Crítico 04 está localizado no encontro da Rua Ângelo Celeguin com a Avenida Eduardo Peixoto e inserido na microbacia Barroca Funda. O local recebeu uma intervenção estrutural com o objetivo de sanar os problemas de drenagem das águas pluviais recorrentes no local de tempos passados. Foi classificado ainda como ponto crítico devido ao pouco espaço de tempo desde a adequação dos dispositivos lá existentes, o que impossibilitou a certeza de solução.

O Ponto Crítico 05 está localizado na Avenida Campinas, corresponde a uma passagem de via sob a linha férrea, assim como no Ponto Crítico 01. A cota da via na depressão abaixo da ferrovia é muito próxima da cota do NA do Ribeirão Tatu e, em eventos climáticos intensos, com a subida do NA, ocorre inundação no local e adjacências, dado que o desnível para as vias adjacentes também é quase de dois metros.

Além da configuração topográfica do local, nesse ponto existe a convergência dos exutórios de 2 microbacias (Alto Tatu e Varga) o que infere a concentração de vazão das águas pluviais durante as tormentas. O local possui placas de alerta e aviso sonoro.

A Figura 44 mostra imagens do ponto crítico 5, supracitado.

Figura 44 – Ponto Crítico 05.





Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O Ponto Crítico 06 está localizado na Rua Comendador Jamil Abraão Saad e inserido na microbacia do Médio Tatu, é a expressão de um problema recorrente no

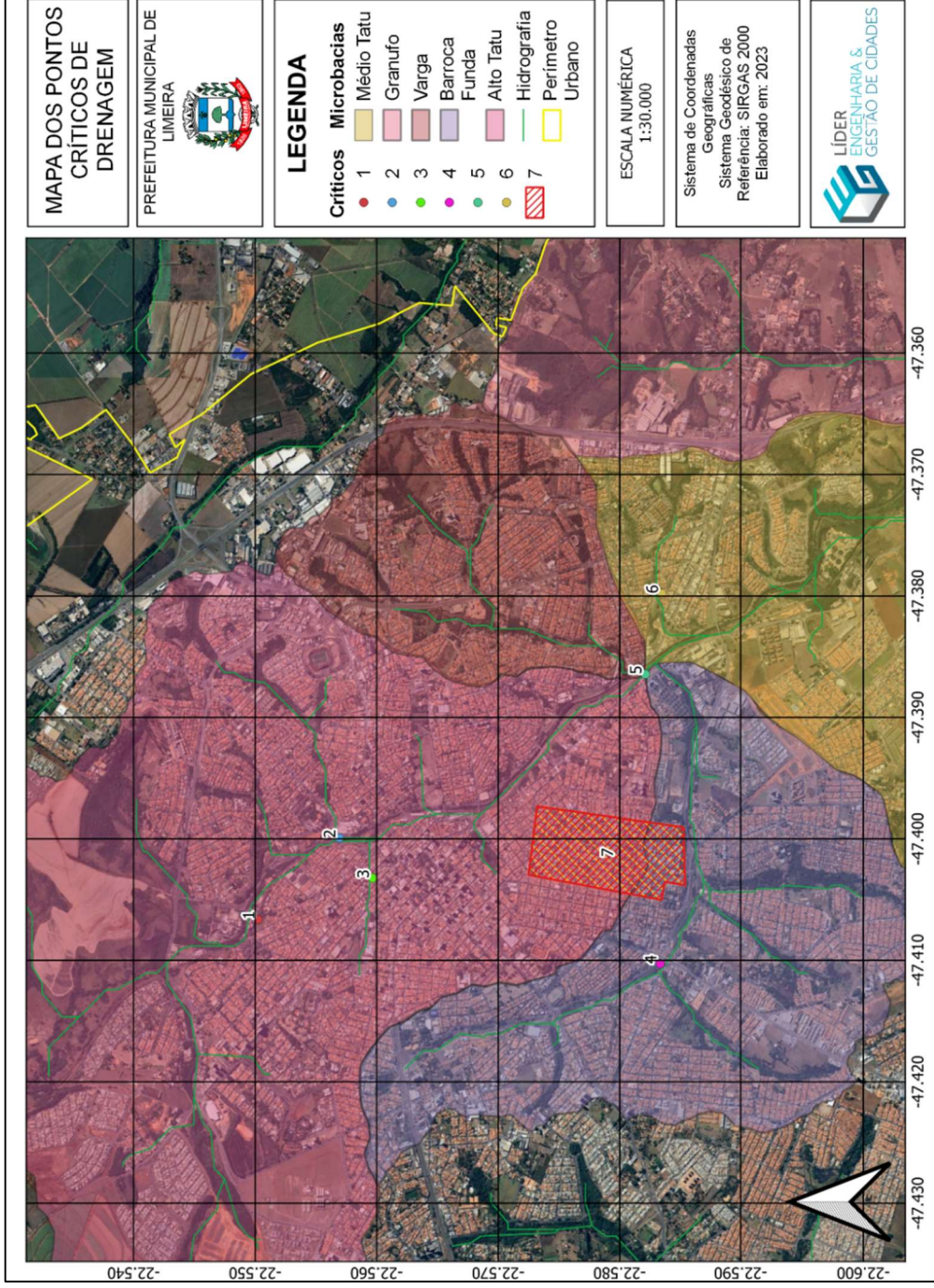


município: a cota da rua está muito próxima à cota do corpo hídrico adjacente. Como medida paliativa para os problemas de inundação da região, o córrego lindeiro à via passava por desassoreamento, à época das visitas técnicas de diagnóstico, e o material resultante desse processo era alocado nas margens, como uma estrutura improvisada de dique.

Já o ponto Crítico 07 está localizado no bairro do Complexo Vila Cláudia, tem problemas de drenagem relacionados ao modelo de loteamento e construção que eram aprovados antigamente pela prefeitura, com o escoamento das águas pluviais sendo quase em sua totalidade superficial. Com a urbanização e impermeabilização das adjacências e a carência da coleta e direcionamento correto do deflúvio, as áreas mais baixas sofrem com inundações e as ruas com maior declividade com as fortes enxurradas que se formam durante as tormentas mais intensas.

A localização de todos os pontos críticos descritos acima é apresentada no mapa da Figura 45.

Figura 45 – Mapa dos Pontos Críticos de drenagem.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



11.3. SUSCEPTIBILIDADE A INUNDAÇÕES

A ocorrência de enchentes e inundações geram diversos prejuízos e, dependendo das proporções, são classificados como desastres. Essas ocorrências acontecem em eventos com expressivo volume de precipitação, em que o solo não é capaz de absorver toda a água, bem como os rios não tem capacidade de vazão o suficiente. Tendo em vista que os rios são o destino final da água decorrente de precipitação e, em ocorrências com alto volume de chuvas, os seus níveis aumentam gerando a saída da água do canal e atingindo tudo o que o margeia.

No país, enchente e inundação são classificados como fenômenos relacionados a precipitação, sendo definidas como:

- **Enchente:** também conhecidas como “cheias”, são definidas pelo aumento do nível d’água do rio em que atinge sua altura máxima do canal sem transbordar;
- **Inundação:** representa o extravasamento das águas de um rio, saindo do seu canal e atingindo a planície de inundação (ou área de várzea), a qual é a região plana mais próxima a um curso d’água;

Os principais fatores que contribuem com a susceptibilidade de um ambiente à ocorrência de enchentes e inundações são citados no Quadro 7.

Quadro 7 – Fatores Contribuintes para Enchentes e Inundações.

Naturais	Antrópicos
Forma do vale	Desmatamento
Clima (pluviosidade)	Assoreamento do canal de drenagem
Topografia (relevo) da várzea	Elevada densidade de edificação (ilhas de calor)
Forma da bacia	Interceptação/estreitamento da drenagem (barramento)
Vegetação na área da bacia	Impermeabilização dos terrenos da área da bacia
Permeabilidade do solo na área da bacia	Lançamento de águas servidas e de esgoto no sistema de drenagem
Presença de estreitamento do curso d’água	Águas pluviais rapidamente conduzidas para o sistema de drenagem

Fonte: CPRM. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



O Serviço Geológico do Brasil – SGB, antiga CPRM, é uma empresa pública criada em 1969 estando vinculada ao Ministério de Minas e Energia – MME, por meio da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM. Sua atuação visa à coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico, no que tange aos estudos em geociências, voltados para Gestão Territorial, Geologia Ambiental e Geologia Aplicada, de forma a dar suporte técnico aos gestores governamentais na elaboração de políticas públicas e no atendimento à sociedade em geral.

O SGB também produz mapas com foco na prevenção de problemas relacionados a ocorrência de desastres naturais de origem geológica, visando auxiliar na proteção de vidas, na preservação do patrimônio público e privado e no ordenamento territorial.

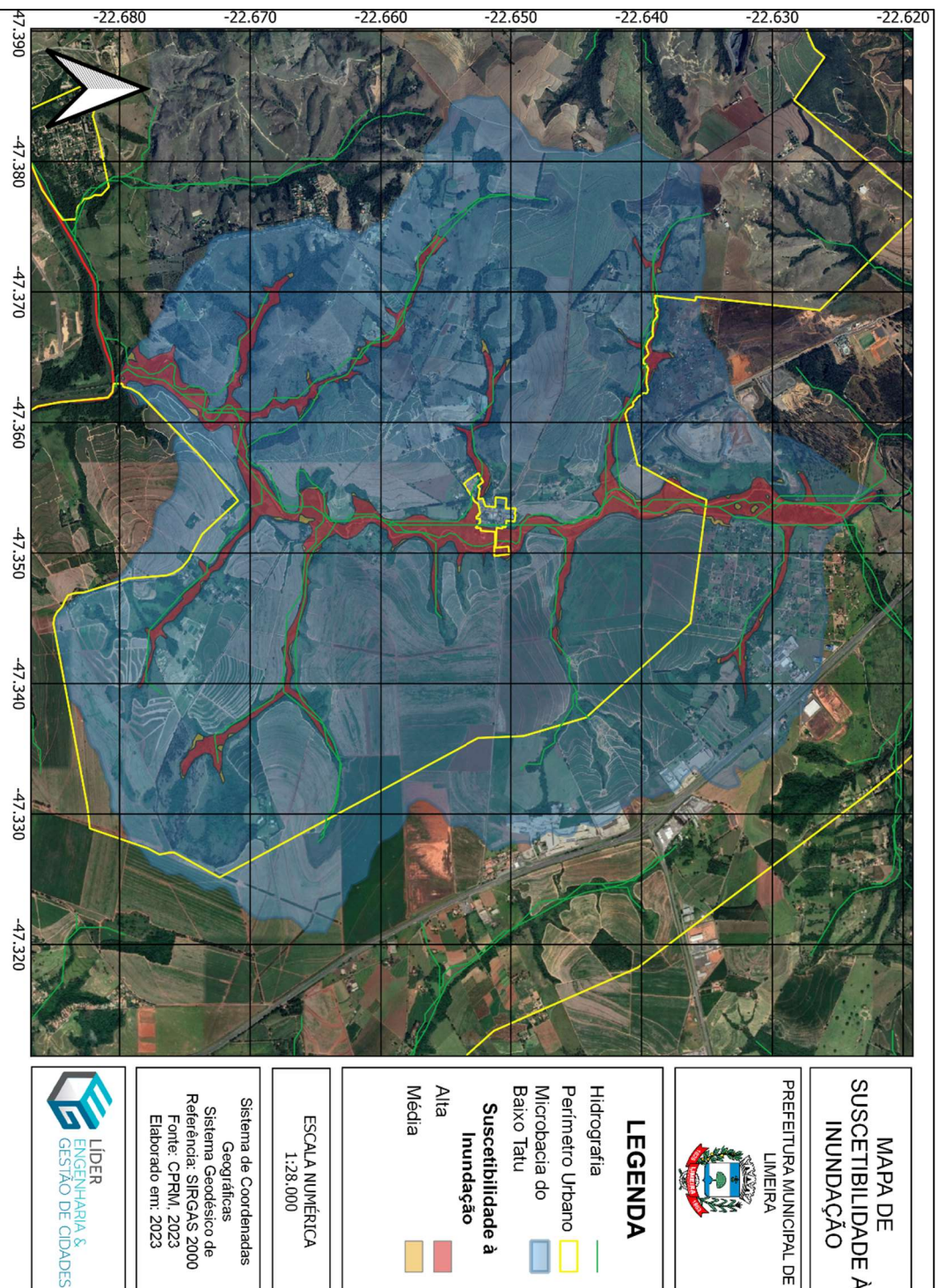
Entre os tipos de mapas produzidos pela empresa, estão as cartas de suscetibilidade, que são documentos cartográficos que apresentam a localização e características de áreas propensas à ocorrência de um determinado evento, sejam movimentos gravitacionais de massa como deslizamentos, ou processos hidrológicos como inundações e enxurradas. A elaboração de Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações é algo que está previsto no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais.

O levantamento dos dados é realizado por meio de modelagem matemática, que posteriormente passa por validação por pesquisadores *in loco*, categorizando as áreas em alta, média e baixa suscetibilidade a movimentos de massa e inundações.

Neste sentido, foram elaborados mapas de susceptibilidade a inundações das microbacias urbanas do Município de Limeira. A Figura 46, Figura 47, Figura 48, Figura 49, Figura 50, Figura 51 e Figura 52 apresentam os mapas gerados pela empresa Líder com base na Carta da CPRM.

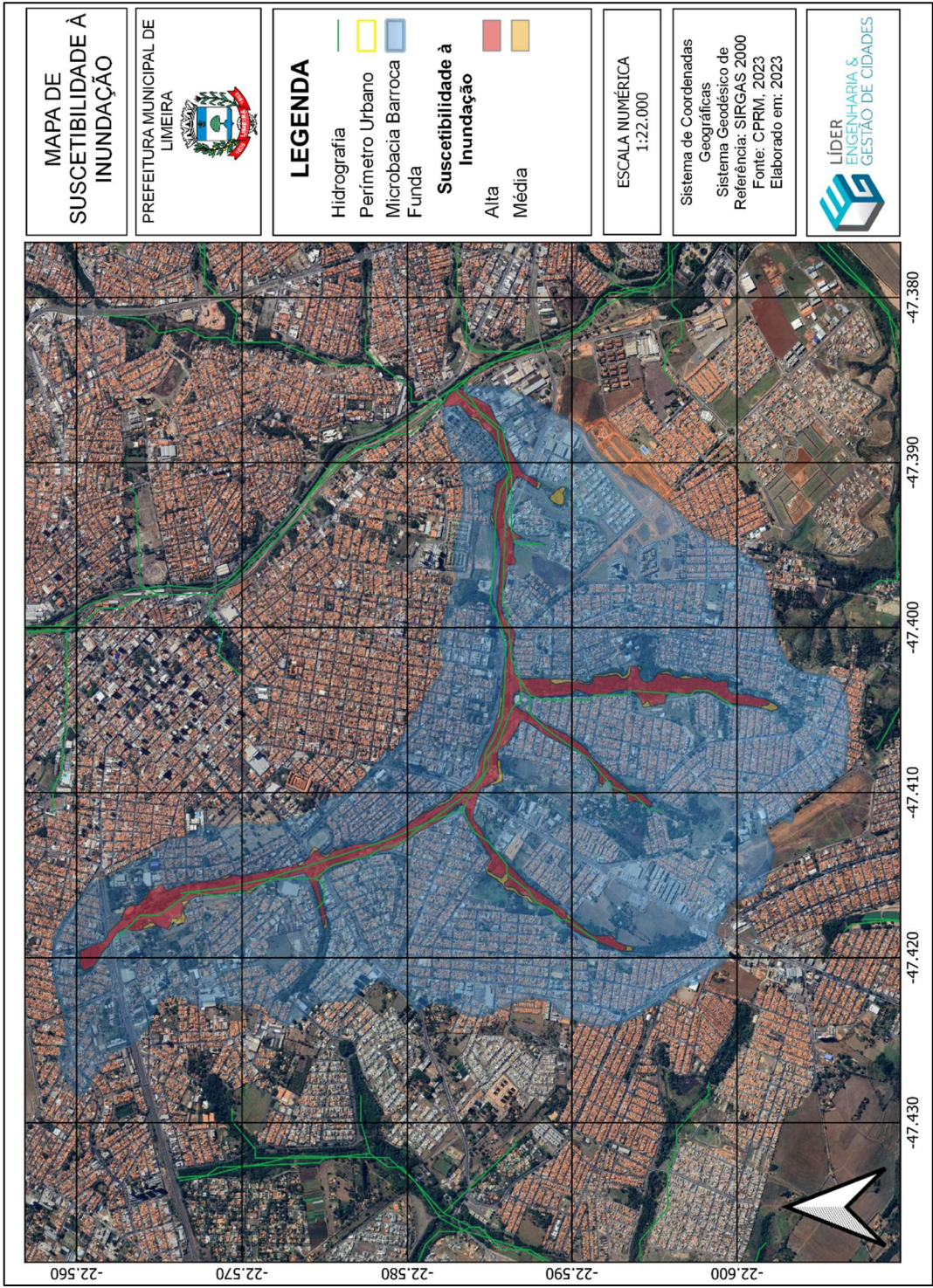


Figura 46 – Mapa de Suscetibilidade da Microbacia do Baixo Tatu.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

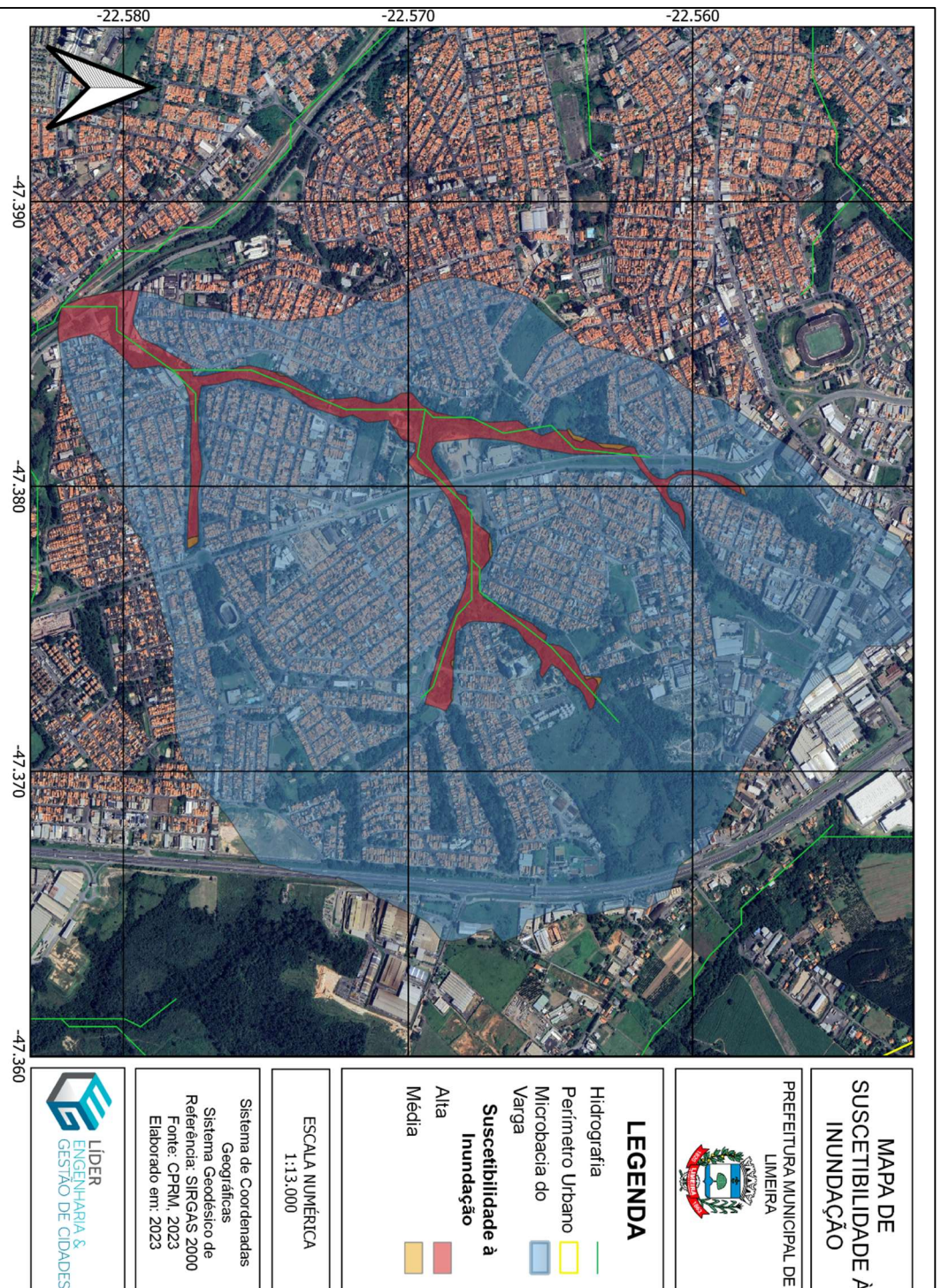
Figura 47 – Mapa de Suscetibilidade da Microbacia do Córrego Barroca Funda.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

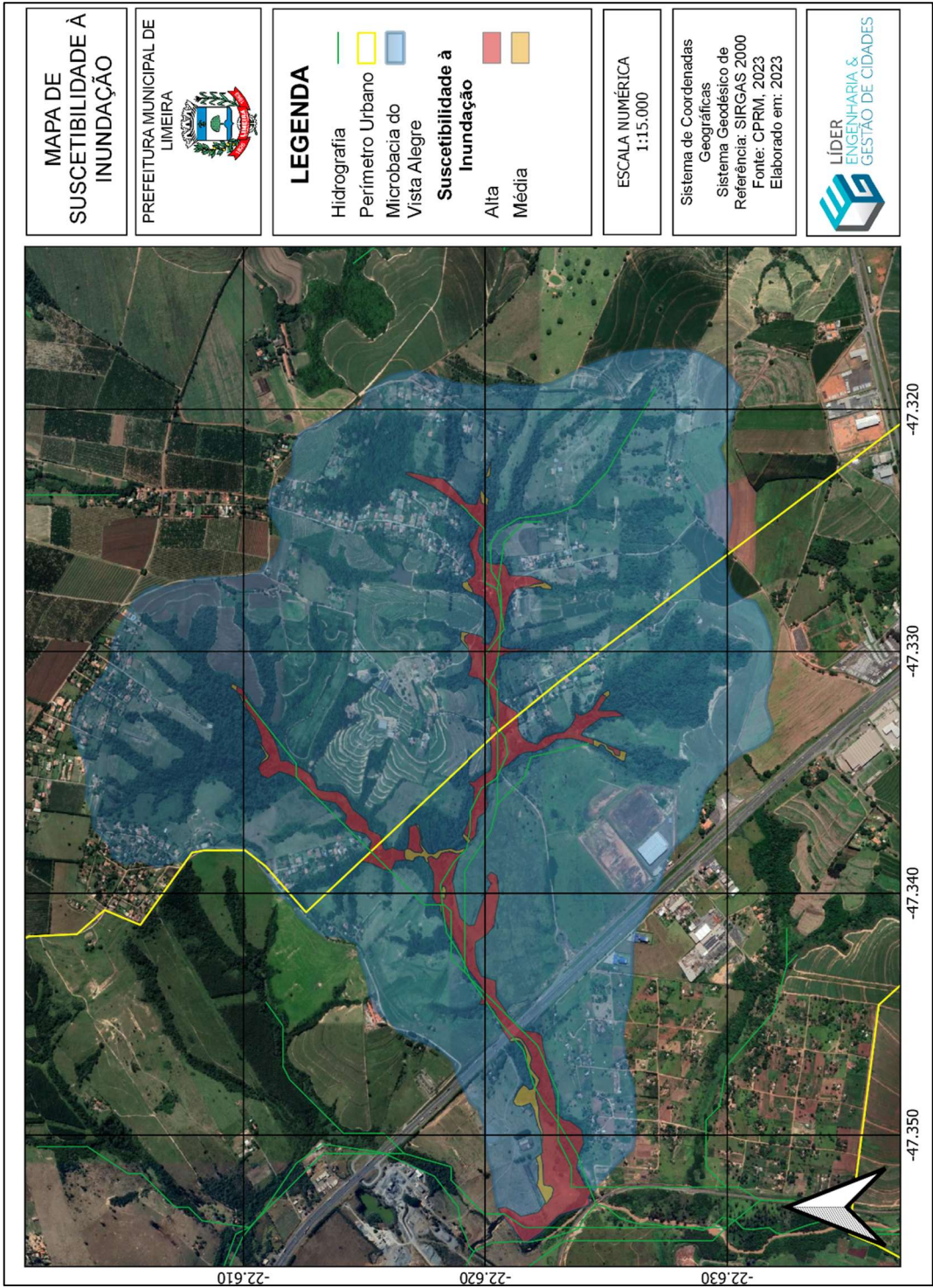


Figura 48 – Mapa de Suscetibilidade da Microbacia do Córrego do Varga.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

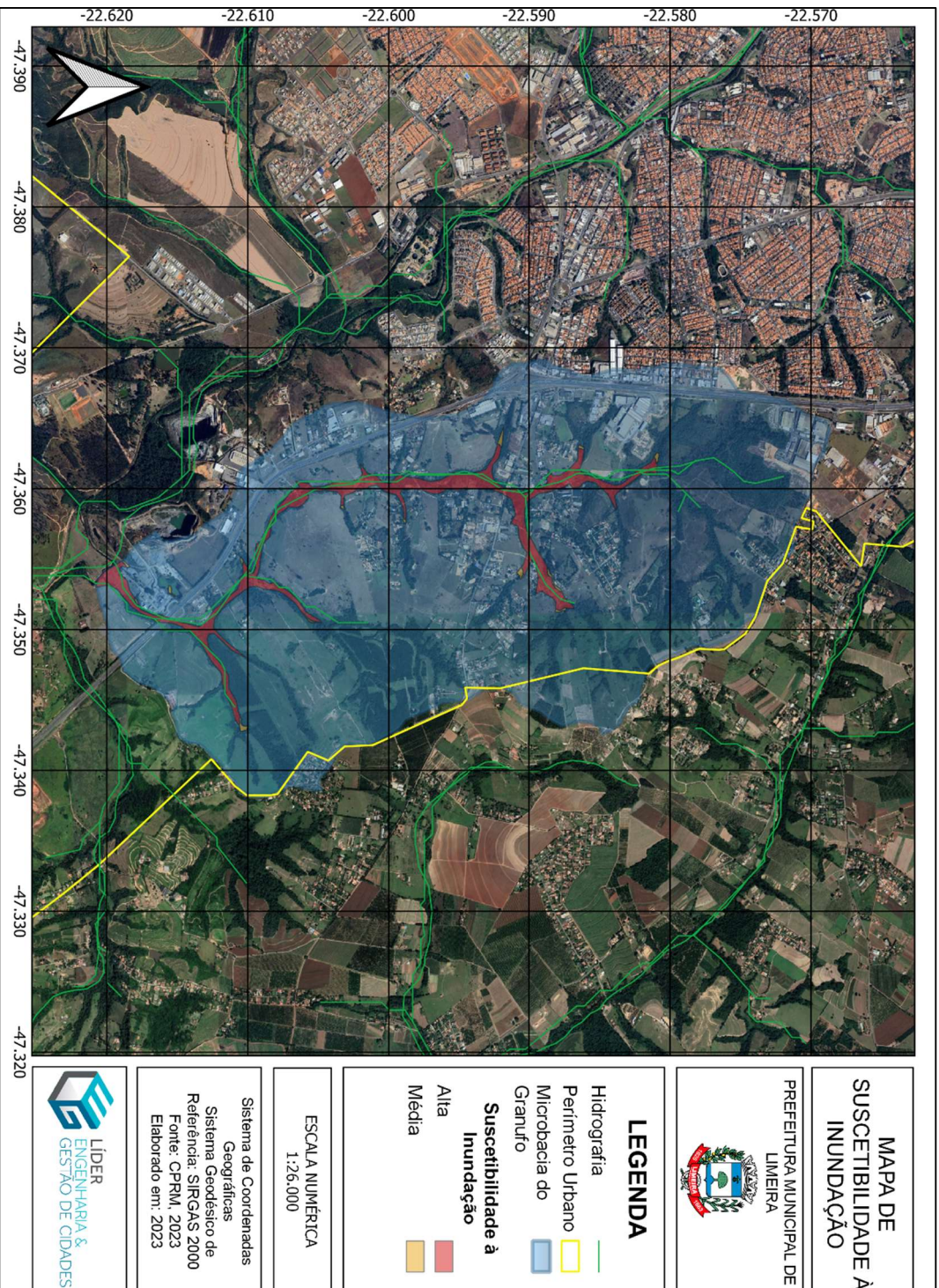
Figura 49 – Mapa de Suscetibilidade da Microbacia do Córrego Vista Alegre.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

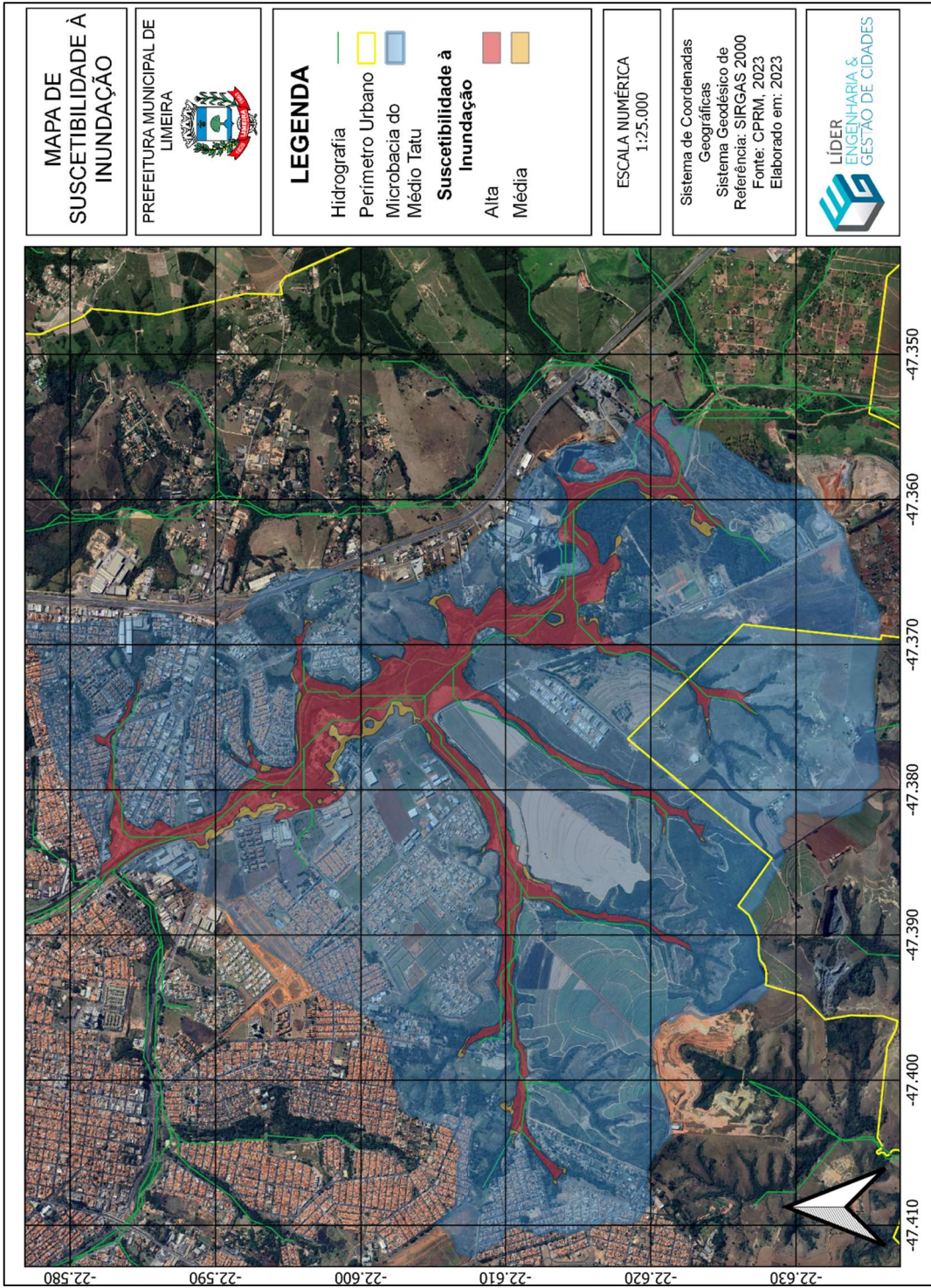


Figura 50 – Mapa de Susceptibilidade da Microbacia do Córrego Granufo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

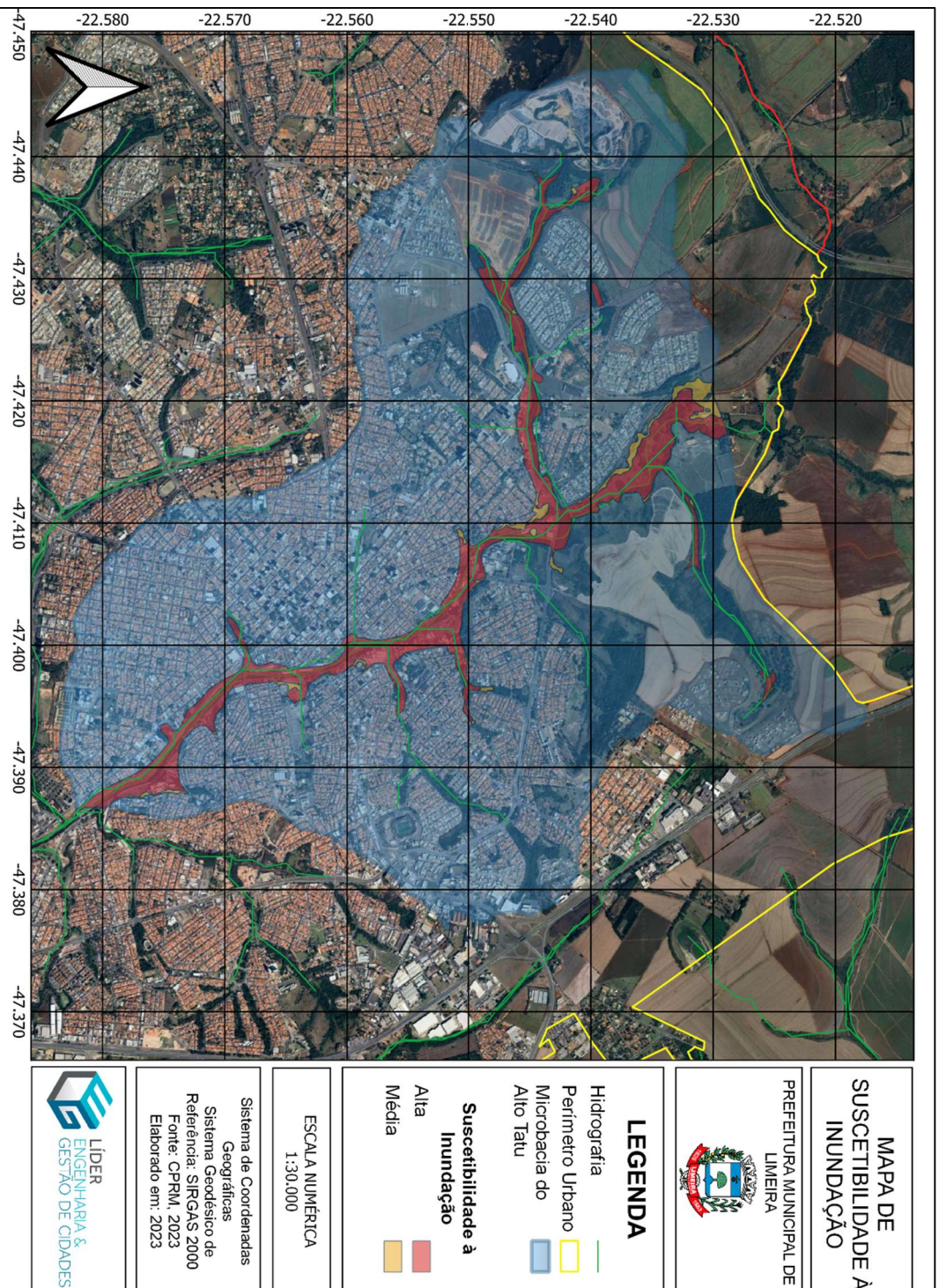
Figura 51 – Mapa de Susceptibilidade da Microbacia do Médio Tatu.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



Figura 52 – Mapa de Suscetibilidade da Microbacia do Alto Tatu.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



Nota-se que a susceptibilidade acompanha as margens dos corpos hídricos, o que justifica a manutenção e recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP) definidas na Lei Federal 12.651/2012 e o regramento para limitar sua ocupação dentro das áreas urbanas, visando diminuir o risco para a população. Contudo, nota-se pelos mapas gerados, que existem edificações construídas e já consolidadas em muitas dessas áreas, e mesmo fora delas, que estão dentro da faixa de alta susceptibilidade à inundação.

Utilizando ferramentas de geoprocessamento, foi possível estimar o número edificações que estão em risco segundo a Carta da CPRM:

- Microbacia do Alto Ribeirão Tatu: 110 unidades;
- Microbacia Barroca Funda: 25 unidades;
- Microbacia do Varga: 15 unidades;
- Microbacia do Granufo: 8 unidades;
- Microbacia do Vista Alegre: 5 unidades;
- Microbacia do Médio Ribeirão Tatu: 8 unidades;
- Microbacia do Baixo do Ribeirão Tatu: 6 unidades.

Esses números refletem a presença de edificações em locais suscetíveis a enchentes e inundações em cada microbacia. Essa informação é fundamental para o planejamento e implementação de medidas de mitigação e prevenção, visando à redução dos riscos e à proteção da população e do patrimônio. A conscientização sobre esses números e a adoção de estratégias adequadas são essenciais para garantir a segurança e a sustentabilidade das áreas urbanas afetadas por eventos hidrológicos extremos.



12. INDICADORES DE DRENAGEM

“Não se gerencia o que não se mede,
não se mede o que não se define,
não se define o que não se entende,
e não há sucesso no que não se gerencia.”

William Edwards Deming,
engenheiro e estatístico norte-americano, professor da universidade de Yale,
que ajudou na reconstrução do Japão após a Segunda Guerra Mundial.

O termo “indicadores” se refere aos elementos que têm como objetivo apontar ou mostrar algo. O uso de indicadores de desempenho permite ao gestor acompanhar a performance das rotinas e aprimorar a tomada de decisão com alta precisão. Além disso, o operador do sistema passa a ter uma visão abrangente sobre todos os processos que envolvem o eixo de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, bem como quais são os caminhos necessários para atingir melhores resultados.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é uma ferramenta fundamental para o acompanhamento e monitoramento dos serviços de saneamento básico no Brasil. Criado pelo Governo Federal, o SNIS tem como objetivo coletar, sistematizar e disponibilizar informações sobre os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana em todo o país.

No âmbito da drenagem urbana, o SNIS contempla indicadores específicos que permitem avaliar a eficiência e a qualidade dos sistemas de manejo das águas pluviais nas cidades. Esses indicadores são essenciais para a gestão pública municipal, fornecendo subsídios para o planejamento, para a tomada de decisões e para o monitoramento das ações voltadas à drenagem urbana. A série histórica dos indicadores para o referido eixo em trabalho neste plano começa em 2017, 4 anos após a conclusão do capítulo de drenagem do PMSB de Limeira de 2013.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) disponibiliza indicadores relevantes para o manejo das águas pluviais, fornecendo subsídios valiosos para a gestão pública municipal. Alguns desses indicadores são:

- Desembolso de investimentos per capita (IN053): Esse indicador avalia o montante de investimentos realizados no manejo das águas pluviais em relação à



população atendida. Ele permite acompanhar a quantidade de recursos financeiros investidos por habitante, proporcionando *insights* sobre a efetividade das ações de manejo das águas pluviais;

- Densidade de Domicílios na Área Urbana (IN044): Determinar a densidade de domicílios na área urbana. Assim como o IN043, contribui para avaliar o índice de impermeabilização global da área urbana por meio de correlações disponíveis em literatura e em planos de drenagem;
- Taxa de Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município (IN020): Medir a extensão de vias pavimentadas em relação à extensão total de vias existentes nas áreas urbanas dos municípios. É um indicador importante para o manejo das águas pluviais, pois a pavimentação influencia diretamente o escoamento das águas pluviais, podendo afetar os processos de infiltração e escoamento superficial;
- Volume de reservação de águas pluviais por unidade de área urbana (IN035): Esse indicador tem como finalidade medir o volume total dos reservatórios de amortecimento em relação à área urbana. Ele fornece informações sobre a disponibilidade de infraestrutura para armazenamento temporário das águas pluviais, auxiliando na mitigação de inundações e alagamentos;
- Densidade de captações de águas pluviais na área urbana (IN051): Esse indicador indica a quantidade de pontos de captação de águas pluviais presentes na área urbana do município (bocas coletoras + bocas de leão por unidade de área urbana). Ele é relevante para compreender a distribuição e a eficiência das estruturas de captação, permitindo identificar áreas com maior necessidade de investimentos em infraestrutura de manejo das águas pluviais.

A importância dos indicadores de drenagem urbana no SNIS para a gestão pública municipal reside na possibilidade de fornecer informações confiáveis e atualizadas sobre a situação dos sistemas de manejo das águas pluviais. Esses dados embasam o planejamento estratégico, auxiliam na elaboração de políticas públicas eficientes e permitem a alocação adequada de recursos para a melhoria da infraestrutura de drenagem.

Por meio dos indicadores, os gestores municipais podem identificar áreas com problemas de alagamento recorrentes, analisar a eficiência dos sistemas existentes,



priorizar ações corretivas e preventivas, além de acompanhar a evolução ao longo do tempo. Com base nessas informações, é possível promover uma gestão mais eficaz e sustentável da drenagem urbana, visando a redução dos impactos das chuvas intensas e a melhoria da qualidade de vida da população.

Dessa forma, o SNIS e seus indicadores de drenagem urbana desempenham um papel fundamental na tomada de decisões, no monitoramento dos serviços e na busca por soluções mais eficientes e integradas para a gestão das águas pluviais nas cidades brasileiras. A utilização dessas informações técnicas contribui para o desenvolvimento de políticas públicas mais embasadas, promovendo uma gestão sustentável e resiliente dos recursos hídricos urbanos.

A Tabela 20 mostra a evolução de alguns dos indicadores do SNIS referentes ao Município de Limeira ao longo do tempo.

Tabela 20 – Série histórica dos indicadores SNIS.

Ano de Referência	2017	2018	2019	2020	2021	Unidade
IN001 - Participação do Pessoal Próprio Sobre o Total de Pessoal Alocado nos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas	33,3	33,3	55,6	45	47,6	%
IN009 - Despesa Média Praticada para os Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas	42,4	18,8	13,6	15,2	14,9	R\$ por unidades ano
IN010 - Participação da Despesa Total dos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas na Despesa Total do Município	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	%
IN048 - Despesa per capita com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas	15,1	7,1	5,8	6,5	6,7	R\$ por habitante ano
IN049 - Investimento per capita em drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas	15,1	1,9	0,8	16,3	23,8	R\$ por habitante ano
IN053 - Desembolso de investimentos per capita	15,1	0	0	22,8	30,5	R\$ por habitante ano
IN054 - Investimentos totais desembolsados em relação aos investimentos totais contratados	1,0	0	0	1,4	1,3	%
IN042 - Parcela de área urbana em relação à área total	28,4	28,4	31,9	32,8	33,2	%



Ano de Referência	2017	2018	2019	2020	2021	Unidade
IN043 - Densidade Demográfica na Área Urbana	18	18	16	16	16	Pessoas por hectares
IN044 - Densidade de Domicílios na Área Urbana	5	5	6	5	5	Domicílios por hectares
IN020 - Taxa de Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município	100	100	99,8	99,8	99,8	%
IN021 - Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana	26,6	26,8	26,8	26,8	26,7	%
IN025 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes em Área Urbana com Parques Lineares				0,3	1,3	%
IN026 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Canalização Aberta	0,8	0,8	0,8	0,8	4,2	%
IN027 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Canalização Fechada	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9	%
IN029 - Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Diques	0,2	0,2	0,2	0,2	2,8	%
IN035 - Volume de reservação de águas pluviais por unidade de área urbana	139,7	239,8	213,3	207,5	204,7	m ³ /Km ²
IN051 - Densidade de captações de águas pluviais na área urbana	47	49	43	42	42	un/Km ²

Fonte: SNIS, 2023; adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Frente aos dados observados, pode-se inferir algumas que:

O indicador IN001, que representa a participação do pessoal próprio sobre o total de pessoal alocado nos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, registrou um aumento gradual ao longo dos anos, passando de 33,3% em 2017 e 2018 para 55,6% em 2019. No entanto, houve uma ligeira redução em 2020 (45%) e um leve aumento em 2021 (47,6%).

Em relação à despesa média praticada para os serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (IN009), observa-se uma redução considerável ao longo dos anos. Em 2017, o valor era de R\$ 42,43 por unidade ano, e em 2018, caiu para R\$ 18,77. Em 2019, a despesa média praticada diminuiu ainda mais, atingindo R\$ 13,65. Houve uma leve recuperação em 2020 (R\$ 5,17) e um aumento significativo em 2021 (R\$ 14,90), mas ainda abaixo dos valores iniciais.



A participação da despesa total dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas na despesa total do município (IN010) também apresenta uma tendência de queda. Em 2017, essa participação era de 0,6%, diminuindo para 0,3% em 2018 e para 0,2% em 2019, 2020 e 2021.

A despesa *per capita* com serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (IN048) acompanha a mesma tendência decrescente. Em 2017, era de R\$ 15,13 por habitante por ano, caindo para R\$ 7,10 em 2018, R\$ 5,85 em 2019 e, posteriormente, mostrando pequenas variações em 2020 (R\$ 6,51) e 2021 (R\$ 6,71).

Em contrapartida, o investimento per capita em drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (IN049) apresenta uma variação significativa ao longo dos anos. Em 2017, era de R\$ 15,13 por habitante por ano, diminuindo para R\$ 1,93 em 2018 e R\$ 0,80 em 2019. Em 2020, houve uma recuperação expressiva, atingindo R\$ 16,31, e em 2021, registrou-se um valor ainda maior, de R\$ 23,80.

A parcela de área urbana em relação à área total (IN042) tem apresentado um crescimento constante. Em 2017 e 2018, essa parcela era de 28,36%, aumentando para 31,89% em 2019, 32,78% em 2020 e 33,23% em 2021.

A densidade demográfica na área urbana (IN043) se manteve estável ao longo dos anos, com 18 pessoas por hectare em 2017 e 2018, e uma pequena redução para 16 pessoas por hectare a partir de 2019.

Outro indicador importante é a taxa de cobertura de pavimentação e meio-fio na área urbana do município (IN020), que apresenta uma alta cobertura, variando de 99,8% em 2018, 2019 e 2020 a 100% em 2017.

Relacionando esses indicadores, observa-se que o aumento da participação do pessoal próprio nos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas pode estar relacionado ao crescimento da parcela de área urbana na cidade. No entanto, a redução das despesas médias e da participação da despesa total do município nessas atividades pode indicar uma menor priorização dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais no orçamento municipal.

Além disso, é importante destacar que, embora a despesa per capita e o investimento per capita tenham apresentado variações significativas, é necessário avaliar se esses valores são adequados para atender às demandas crescentes da cidade, considerando sua densidade demográfica e a cobertura de pavimentação e meio-fio.



No contexto das medidas de manejo de águas pluviais, os indicadores relacionados à canalização de cursos d'água naturais perenes (IN026, IN027 e IN029) mostram uma tendência de aumento na utilização de canalização fechada e diques ao longo dos anos.

Por fim, o volume de reservação de águas pluviais por unidade de área urbana (IN035) vem apresentando uma redução gradual, indicando a necessidade de avaliar a capacidade de armazenamento adequada para lidar com as demandas de drenagem urbana.

Esses indicadores fornecem um panorama abrangente dos serviços de drenagem urbana e manejo das águas pluviais em Limeira, permitindo uma análise da evolução e relacionamento entre os diferentes aspectos desses serviços. É essencial que a cidade continue monitorando e avaliando esses indicadores para implementar ações eficazes e garantir a melhoria contínua desses serviços para seus habitantes.

13. ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA

O presente capítulo tem como objetivo realizar uma análise crítica do sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais no Município de Limeira. Serão identificados e descritos os principais problemas e deficiências existentes, tanto na micro quanto na macrodrenagem, além de abordar as limitações do cadastro de rede e os volumes necessários para os dispositivos de amortecimento das vazões de pico em cada microbacia urbana, bem como as deficiências na legislação específica para drenagem. Por fim, serão exploradas as oportunidades de melhoria para a universalização dos serviços, visando uma gestão mais eficiente e sustentável das águas pluviais em Limeira.

13.1. CADASTRO DE REDE

O cadastro de rede apresenta imprecisões e inconsistências, prejudicando a eficiência da gestão do sistema de drenagem. A falta de mapeamento completo da área urbana impede uma análise abrangente, e a ausência de dados topobatimétricos dos principais corpos hídricos e canais de escoamento dificulta estudos hidráulicos precisos. Além disso, obras de drenagem realizadas anteriormente pelo extinto SAAE



(Serviço Autônomo de Água e Esgoto) não possuem uma documentação completa, tais como: projetos, memorial de cálculo, localização e planta. Devido ao fato de a documentação estar incompleta, demanda-se a realização de um novo cadastro em conformidade com as normas da ABNT.

Os principais desafios identificados foram:

- Imprecisão e inconsistência do cadastro existente;
- Área urbana não mapeada em sua totalidade;
- Ausência de dados topobatimétricos dos principais corpos hídricos; canais de escoamento e dispositivos de drenagem;
- Falta de documentação completa das obras de drenagem realizadas anteriormente pelo extinto SAAE.

Impactos:

- Dificuldade no planejamento eficiente do sistema de drenagem urbana;
- Impossibilidade de realizar estudos hidráulicos precisos;
- Comprometimento da capacidade de resposta e tomada de decisões adequadas em situações de emergência.

13.2. MICRODRENAGEM

Muitos bairros, especialmente os mais antigos, enfrentam problemas relacionados ao escoamento superficial das águas pluviais. Os dispositivos de microdrenagem estão subdimensionados devido à falta de previsão do crescimento e urbanização da cidade, resultando em dificuldades para lidar com o aumento da área impermeável e o conseqüente aumento do deflúvio da região circundante.

Além disso, foi constatada a obstrução de bocas coletoras por resíduos e o carreamento de sólidos para as galerias de drenagem pluvial, evidenciando problemas relacionados também ao eixo de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos, bem como na educação ambiental da população.

Os principais desafios identificados foram:



- Escoamento e coleta unicamente superficiais das águas pluviais em muitos bairros, principalmente os mais antigos;
- Dispositivos de microdrenagem subdimensionados devido à falta de previsão do crescimento e urbanização da cidade;
- Obstrução das bocas coletoras com resíduos;
- Carreamento de sólidos e sedimentos para as redes de GAP;
- Necessidade de manutenção e adequação de dispositivos.

Impactos:

- Inundações frequentes em áreas urbanas devido à incapacidade do sistema em lidar com as vazões de pico;
- Obstruções nas bocas coletoras por conta de resíduos, causando alagamentos e empoçamentos pontuais;
- Carreamento de sólidos para as galerias de drenagem pluvial, afetando sua capacidade de escoamento.

13.3. MACRODRENAGEM

Na macrodrenagem identificou-se lacunas significativas de informações. A localização e o volume de alguns dispositivos de amortecimento são desconhecidos, e a ausência de dados topobatimétricos dos canais principais das microbacias, assim como do Ribeirão Tatu, que é o principal corpo hídrico influente na área urbana, inviabiliza estudos hidráulicos precisos. Além disso, várias regiões de APP requerem recuperação e adequação ambiental. Observa-se, também, a presença de vegetação ruderal e resíduos nas margens dos canais, exutórias das microbacias sem dissipadores de energia e evidentes sinais de erosão nas margens dos canais principais devido à falta de mata ciliar e vegetação ripária. A inexistência de fluviômetros de montante compromete a integração de um sistema de alertas eficiente.

Os principais desafios identificados foram:

- Desconhecimento da localização e do volume de dispositivos de amortecimento;



- Ausência de dados topobatimétricos dos canais principais e do Ribeirão Tatu;
- Necessidade de recuperação e adequação ambiental das áreas de APP;
- Presença de vegetação ruderal e resíduos nas margens dos canais;
- Falta de dissipadores de energia nas exutórias das microbacias;
- Erosão nas margens dos canais principais devido à falta de mata ciliar e vegetação ripária;
- Ausência de fluviômetros de montante.

Impactos:

- Agravamento das inundações e risco de danos estruturais em áreas urbanas adjacentes aos canais;
- Degradação ambiental, perda de biodiversidade e impactos negativos nos ecossistemas aquáticos;
- Prejuízos para a infraestrutura existente e aumento do risco de erosão nas margens dos canais;
- Impossibilidade de cálculos precisos de capacidade de escoamento dos canais de macrodrenagem;
- Aumento do tempo de resposta às emergências, comprometendo a eficiência dos serviços de defesa civil;
- Assoreamento dos corpos hídricos e principais canais.

13.4. LEGISLAÇÃO

A existência de conflitos entre leis estaduais e municipais, como o caso da Lei Estadual nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007 “Lei das piscininhas”, e a Lei Municipal nº 4.751, de 12 de julho de 2011, gera incertezas e dificulta a implementação de medidas adequadas de drenagem. A falta de uma regulamentação específica para o controle do carreamento de sólidos e sedimentos provenientes de obras civis, acaba por comprometer a qualidade das águas pluviais. Também inexistente legislação que oriente sobre a qualidade das águas pluviais destinadas a utilização e seu tratamento para reservação sanitariamente segura. A necessidade de elaboração e implementação da



taxa de drenagem, bem como a readequação do caderno de diretrizes básicas e técnicas para apresentação de projetos de drenagem, são aspectos fundamentais para uma gestão eficiente e sustentável do sistema.

Os principais desafios identificados foram:

- Conflitos entre a Lei Estadual nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007 (Lei das piscininhas) e a Lei Municipal nº 4.751, de 12 de julho de 2011;
- Ausência de dispositivos que regulamentem medidas contra o carreamento de sólidos e sedimentos;
- Falta de uma taxa de drenagem implementada;
- Necessidade de legislação específica para o controle na fonte;
- Readequação da cartilha de drenagem;
- Necessidade de revisão da Lei Municipal nº 4.751, de 12 de julho de 2011, com exigência de tratamento precedente o uso (conformidade com a Lei nº 14.546, de 04 de abril de 2023).

Impactos:

- Insegurança jurídica na implementação de medidas de drenagem;
- Dificuldade na adoção de práticas adequadas de manejo das águas pluviais;
- Dificuldades na implementação de medidas de controle e prevenção;
- Falta de recursos financeiros para investimentos em infraestrutura de drenagem;
- Limitações na obtenção de recursos financeiros para investimentos e manutenção adequada.

13.5. EDIFICAÇÕES EM ÁREAS DE RISCO

De acordo com os levantamentos realizados, foram identificadas edificações localizadas em áreas de risco de inundação em diferentes microbacias urbanas do município.

A seguir, apresentamos o número de unidades em cada microbacia:



- Alto Ribeirão Tatu: unidades em áreas de risco de inundação: 110.
- Barroca Funda: unidades em áreas de risco de inundação: 25.
- Varga: unidades em áreas de risco de inundação: 15.
- Granufo: unidades em áreas de risco de inundação: 8.
- Vista Alegre: unidades em áreas de risco de inundação: 5.
- Médio Ribeirão Tatu: unidades em áreas de risco de inundação: 8.
- Baixo do Ribeirão Tatu: unidades em áreas de risco de inundação: 6.

13.6. ÁREA NECESSÁRIA PARA AMORTECIMENTO

A implementação de bacias de retenção é uma estratégia essencial para amortecer as vazões de pico e controlar o escoamento das águas pluviais em microbacias urbanas. Segundo Tucci (2003), é recomendado reservar aproximadamente 3% da área da bacia urbanizada para a construção dessas estruturas. No entanto, é importante ressaltar que as bacias com maior urbanização e impermeabilização do solo devem ter prioridade na alocação desses dispositivos, devido ao maior risco de impactos relacionados ao escoamento superficial.

Considerando as microbacias urbanas em estudo e suas respectivas áreas, podemos realizar uma análise preliminar da área necessária para as bacias de retenção, levando em conta o critério de 3% da área da bacia urbanizada. É importante destacar que esses valores são apenas estimativas iniciais, e estudos hidrológicos e hidráulicos mais detalhados são necessários para um dimensionamento mais preciso. A Tabela 21 mostra as áreas necessárias com base em Tucci (2003).

Tabela 21 – Área necessária para dispositivos de amortecimento nas microbacias estudadas.

MICROBACIA	ÁREA DA BACIA (Km ²)	AMORTECIMENTO (Km ²)	AMORTECIMENTO (m ²)
Alto Ribeirão Tatu	27,48	0,8244	824.400
Córrego Barroca Funda	10,71	0,3213	321.300
Córrego do Varga	5,32	0,1596	159.600
Córrego do Granufo	11,39	0,3417	341.700
Córrego Vista Alegre	6,79	0,2037	203.700
Médio Ribeirão Tatu	21,08	0,6324	632.400



MICROBACIA	ÁREA DA BACIA (Km ²)	AMORTECIMENTO (Km ²)	AMORTECIMENTO (m ²)
Baixo Ribeirão Tatu	28,31	0,8493	849.300
Córrego da Água Suja da Serra	11,27	0,3381	338.100
Córrego da Graminha	27,94	0,8382	838.200

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

É importante ressaltar que a alocação e implementação das bacias de retenção devem ser realizadas de forma estratégica, priorizando as microbacias com maior urbanização e impermeabilização do solo. Além disso, para garantir a eficiência dessas estruturas, é fundamental que sejam adotadas medidas não estruturais, como técnicas de infiltração na fonte, que auxiliam na redução do escoamento superficial e na recarga de aquíferos. A combinação de dispositivos estruturais e técnicas de infiltração é fundamental para promover uma gestão sustentável das águas pluviais e minimizar os impactos negativos nas áreas urbanas afetadas.

A análise crítica do sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais em Limeira evidencia a necessidade de aprimoramento e intervenções adequadas para enfrentar os desafios existentes. A identificação dos problemas nos serviços de drenagem, deficiências do cadastro de rede, necessidade de dimensionamento correto do amortecimento das vazões de pico e as oportunidades de melhoria para a universalização dos serviços, servem como base para a formulação de estratégias eficazes e sustentáveis. Com o compromisso e envolvimento de todas as partes interessadas, será possível promover uma gestão mais eficiente e resiliente das águas pluviais em Limeira, buscando a proteção do meio ambiente e o bem-estar da população.

14. CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO

Os cenários de planejamento são ferramentas utilizadas para explorar e antecipar possíveis futuros, considerando diferentes conjuntos de circunstâncias e variáveis. Eles permitem analisar as consequências de diferentes decisões e políticas, ajudando a orientar a tomada de decisões e ações em diferentes setores, como o planejamento urbano e a gestão de recursos hídricos.



Para o presente Plano, considerou-se 3 cenários distintos para analisar os impactos ambientais, econômicos e sociais relacionados a cada um deles. Estes cenários são, respectivamente: cenário tendencial, cenário de referência e cenário adverso.

14.1. CENÁRIO TENDENCIAL

No cenário tendencial, a situação futura tende a ser uma repetição do presente, com a legislação e os investimentos permanecendo os mesmos. A urbanização ocorre de acordo com as definições existentes, sem grandes atualizações. As principais características desse cenário são:

Aumento da vazão do escoamento superficial das águas da chuva: alto

Impactos Ambientais:

- Aumento da impermeabilização do solo devido à expansão urbana desordenada;
- Diminuição da capacidade de infiltração da água no solo, resultando em maior escoamento superficial e ocorrência de enchentes;
- Degradação dos corpos d'água devido ao aumento do carreamento de sedimentos e poluentes;
- Perda de áreas verdes e fragmentação de habitats naturais;
- Maior pressão sobre os recursos hídricos existentes devido ao aumento da demanda de água.

Impactos Econômicos:

- Custos crescentes associados ao gerenciamento de enchentes e desastres naturais;
- Danos materiais e perda de propriedades devido às inundações;
- Necessidade de investimentos frequentes em infraestrutura de drenagem para lidar com problemas emergentes;



- Possíveis restrições ao desenvolvimento econômico devido à falta de planejamento e controle.

Impactos Sociais:

- Riscos à segurança da população devido a inundações e enchentes;
- Desalojamento e deslocamento de pessoas afetadas pelas enchentes;
- Aumento da vulnerabilidade social em áreas de baixa renda, que geralmente são mais afetadas pelas inundações;
- Redução da qualidade de vida devido a problemas constantes de drenagem e falta de áreas verdes.

Impactos no funcionamento da cidade:

- Enchentes frequentes e problemas de drenagem;
- Aumento dos congestionamentos de tráfego devido a vias alagadas;
- Interrupção de serviços essenciais, como abastecimento de água e eletricidade, durante eventos climáticos extremos;
- Risco de danos à infraestrutura urbana, como estradas, pontes e sistemas de esgoto.

14.2. CENÁRIO DE REFERÊNCIA

No cenário de referência, busca-se estabelecer um futuro mais positivo, onde a legislação é atualizada e os investimentos são direcionados para garantir o bom funcionamento e a implementação adequada dos dispositivos de drenagem. A urbanização ocorre de forma ordenada, levando em conta a preservação das condições de escoamento próximas aos naturais antes da urbanização. As principais características desse cenário são:

Aumento da vazão do escoamento superficial das águas da chuva: moderado



Impactos Ambientais:

- Melhoria da qualidade da água devido à implementação de dispositivos de drenagem adequados;
- Conservação e recuperação de áreas verdes, contribuindo para a biodiversidade e amenizando o efeito de ilhas de calor;
- Maior infiltração de água no solo, ajudando a recarregar os aquíferos subterrâneos;
- Redução do carreamento de sedimentos e poluentes para corpos d'água.

Impactos Econômicos:

- Redução dos custos relacionados a enchentes e desastres naturais;
- Valorização de imóveis em áreas com infraestrutura de drenagem eficiente;
- Oportunidades de negócios e empregos relacionados à implementação e manutenção de sistemas de drenagem sustentáveis.

Impactos Sociais:

- Melhoria da segurança e qualidade de vida da população, com redução do risco de inundações;
- Preservação de comunidades e redução do deslocamento forçado;
- Promoção do lazer e bem-estar por meio da criação de áreas verdes e espaços de convivência.

Impactos no funcionamento da cidade:

- Melhor gerenciamento de enchentes e problemas de drenagem;
- Redução dos congestionamentos de tráfego causados por vias alagadas;
- Manutenção dos serviços essenciais durante eventos climáticos extremos;
- Maior resiliência da infraestrutura urbana, reduzindo danos e custos de reparação.



14.3. CENÁRIO ADVERSO

No pior cenário, a legislação para novos loteamentos e controle de águas pluviais na fonte fica defasada, os investimentos para o sistema de drenagem são mínimos, assim como para sua manutenção, e a expansão da urbanização ocorre de forma desordenada. As principais características desse cenário são:

Aumento da vazão do escoamento superficial das águas da chuva: muito alto

Impactos Ambientais:

- Agravamento da impermeabilização do solo devido ao crescimento desordenado da urbanização;
- Aumento do escoamento superficial e ocorrência de enchentes mais frequentes e intensas;
- Degradação acentuada dos corpos d'água devido ao aumento do carreamento de sedimentos e poluentes;
- Perda significativa de áreas verdes e habitats naturais;
- Maior pressão sobre os recursos hídricos existentes, resultando em escassez de água.

Impactos Econômicos:

- Elevação dos custos associados ao gerenciamento de enchentes e desastres naturais;
- Danos materiais graves e perda de propriedades devido às inundações recorrentes;
- Restrições ao desenvolvimento econômico devido à falta de infraestrutura adequada;
- Necessidade de investimentos emergenciais e de grande escala para lidar com os impactos negativos.



Impactos Sociais:

- Riscos significativos à segurança da população, com inundações severas e frequentes;
- Desalojamento em larga escala e deslocamento de comunidades afetadas pelas enchentes;
- Aumento da desigualdade social e vulnerabilidade em áreas de baixa renda;
- Deterioração da qualidade de vida devido à falta de planejamento e problemas crônicos de drenagem.

Impactos no funcionamento da cidade:

- Enchentes recorrentes e graves, comprometendo severamente a infraestrutura urbana;
- Interrupção frequente de serviços essenciais, como abastecimento de água e eletricidade;
- Deterioração da mobilidade urbana devido a vias alagadas e danificadas;
- Danos extensos à infraestrutura, demandando altos custos de reparação e reconstrução.

As medidas propostas no Prognóstico do presente Plano serão aquelas necessárias para atingir o Cenário de Referência, atendendo aos objetivos e princípios já preconizados, a serem implementados por meio dos Programas, Projetos e Ações e as Metas progressivas em direção à universalização dos serviços de drenagem urbana e manejo das águas pluviais de Limeira.



PROGNÓSTICO



INTRODUÇÃO

O crescimento das áreas urbanas tem evidenciado a ineficiência dos sistemas tradicionais de manejo de águas pluviais, que se tornam insuficientes diante da expansão desproporcional das infraestruturas de drenagem urbana. Essa questão, aliada aos frequentes eventos de enchentes, alagamentos e deslizamentos de terras nas áreas urbanas, destaca a necessidade urgente de transformar os modelos de desenvolvimento urbano, integrando o manejo sustentável dos recursos naturais, conforme apontado por Zahmatkesh et al. (2015), Ghodsi et al. (2020), FAO (2021), WMO (2021) e Roseboro et al. (2021).

Outra preocupação emergente é o aumento tanto na frequência quanto na intensidade de eventos naturais extremos, os quais têm impactado as infraestruturas existentes (Wilbanks e Fernandez, 2014; Howard et al., 2016). Além disso, as mudanças climáticas e a urbanização desordenada têm contribuído para o aumento dos riscos à vida e à qualidade e quantidade da água (Jain e Singh, 2018; Shiru et al., 2019; Zango et al., 2021). Conforme UN-Water (2010), as mudanças climáticas afetam os ecossistemas e o bem-estar social principalmente por meio do parâmetro da água.

Atualmente, há uma ênfase significativa na pesquisa para compreender as tendências dos regimes de precipitação globalmente, inclusive no Brasil (Ávila et al., 2016; Cunha et al., 2019; Marengo et al., 2020), visando incorporar esses resultados no aprimoramento, implementação e monitoramento de políticas e instrumentos integrados (Chapa, Pérez e Hack, 2020; Hosseinzadehtalaei, Tabari e Willems, 2020; Konapala et al., 2020; Wolf, Woolf e Bricheno, 2020).

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2021), os desastres naturais relacionados aos regimes de precipitação, como secas, tempestades e inundações, foram responsáveis por aproximadamente 1,3 milhão de mortes entre 1970 e 2019. Além dos impactos diretos, esses desastres também afetam setores essenciais, como produção de alimentos, abastecimento humano, lazer e transporte. No Brasil, por exemplo, a região Sudeste tem enfrentado eventos extremos relacionados à falta de chuvas e ao aumento dos períodos de seca, o que ameaça os sistemas de abastecimento nas regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo (Cunha et al., 2019; Milano et al., 2018).



As soluções sustentáveis de manejo das águas urbanas, especialmente na drenagem, não só proporcionam benefícios ambientais, como a redução do escoamento superficial e da poluição, mas também são economicamente viáveis, como demonstrado por Mendes e Santos (2021). Essas práticas sustentáveis se mostram essenciais para enfrentar os desafios presentes e futuros, incluindo as variações e mudanças climáticas, conforme discutido por Weitman, Weinberg e Goo (2008), Davis e Naumann (2017) e Mendes e Santos (2021).



15. HISTÓRICO DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL

A utilização de técnicas para lidar com as águas das chuvas em assentamentos humanos tem sido uma prática ao longo da história da civilização. Referências como Webster (1962), Maner (1966), Matos (2003), e Feo et al. (2014) mostram que desde civilizações antigas, como as indianas e mesopotâmicas por volta de 3.000 a.C., já existiam sarjetas e drenos rudimentares para gerenciar o escoamento das águas pluviais. Com o avanço dos sistemas de saneamento na era moderna, como a distribuição canalizada de água em domicílios e redes de esgoto, a drenagem pluvial passou a ser reconhecida como necessária para reduzir a poluição dos rios, prevenir inundações e melhorar as condições sanitárias nas cidades.

Segundo Hutton, Haller e Bartram (2007), Minh e Nguyen-Viet (2011) e Feo et al. (2014), as medidas sanitárias, especialmente o abastecimento de água e a coleta de esgoto, tiveram impactos positivos evidentes na saúde pública, aumentando a expectativa de vida. No século XX, países desenvolvidos na Europa e posteriormente nos Estados Unidos começaram a elaborar leis específicas para regular sistemas de esgotamento sanitário e pluvial. Nessa época, projetos em Portugal, França e Espanha priorizavam o afastamento imediato das águas das cidades, com técnicas que promoviam a impermeabilização do solo e sistemas condutores artificiais (Matos, 2003), seguindo o modelo higienista.

No Brasil, o conceito higienista do saneamento urbano foi consolidado após a Proclamação da República em 1889, como resultado das reformas urbanísticas nas grandes cidades e da necessidade de saneamento para combater epidemias e doenças com altas taxas de mortalidade, conforme destaca Silveira (1998). Nesse período, muitos países europeus adotavam o sistema unitário, no qual os efluentes sanitários e pluviais eram transportados conjuntamente. No entanto, a partir da segunda metade do século XX, o sistema separador absoluto se disseminou rapidamente, sendo amplamente adotado no Brasil, reforçando a concepção higienista. Tucci (2012) menciona que nos países em desenvolvimento, a adoção dos modelos higienistas ocorreu de duas formas: algumas cidades construíram redes de esgoto, mas evitaram as redes de drenagem, resultando em redução da poluição doméstica, mas aumentando o risco de inundações; outras cidades construíram redes de drenagem sem a rede de



esgoto doméstico, contaminando as fontes de água devido à poluição doméstica e industrial.

A trajetória histórica da drenagem urbana no Brasil não possui uma delimitação precisa, sendo propostas diversas interpretações. Silveira (1998) identifica três etapas: i) início da construção de infraestruturas de drenagem com o emprego das técnicas higienistas para lidar com o crescimento acelerado das grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Recife e Belo Horizonte; ii) racionalização e normatização dos cálculos hidrológicos para dimensionamento de obras hidráulicas; e iii) contato com técnicas e tecnologias adotadas no exterior, sob influência da preocupação ambiental nas infraestruturas. Essa trajetória é complementada por Tucci (2005), que divide a evolução da drenagem pluvial em quatro fases: i) pré-higienista, em que não havia controle ou tratamento dos efluentes, que eram lançados na rua; ii) fase higienista, com a construção de canalizações para transportar tanto efluentes sanitários quanto pluviais; iii) fase corretiva, caracterizada pelo desenvolvimento do sistema separador absoluto, tratamento de esgotos e amortecimento das águas pluviais; e iv) fase de desenvolvimento sustentável, incorporando a preocupação com a conservação ambiental e qualidade de vida.

Outra perspectiva é apresentada por Christofidis, Assumpção e Kligerman (2019), que também dividem em três etapas: a primeira engloba as duas primeiras fases apresentadas por Silveira (1998) e é denominada de drenagem urbana tradicional, na qual predominava a coleta e o afastamento imediato das águas pluviais. A segunda etapa é marcada pela evolução nos princípios de gestão e manejo das águas pluviais, incorporando medidas não estruturais às obras e aos equipamentos, além de integrar o solo e a vegetação aos projetos de drenagem, sendo semelhante à fase sustentável proposta por Tucci (2005). A terceira etapa, iniciada em 2018, representa uma nova dimensão de interação sinérgica entre as cidades e a água, com foco no desenvolvimento de Soluções baseadas na Natureza (SbN), conforme UN-Water (2018). O Quadro 8 resume essas diferentes fases, seus períodos e principais características.



Quadro 8 – Fases da trajetória da drenagem urbana e suas principais características no Brasil

Fases	Período	Características
Fase pré-higienista	Anterior ao século XX	<ul style="list-style-type: none">• Esgoto em fossas ou diretamente nas ruas• Efluentes sem coleta ou tratamento• Epidemias e doenças com altas taxas de mortalidade
Fase higienista	A partir de 1889	<ul style="list-style-type: none">• Intensas reformas urbanísticas• Crescimento demográfico de muitas cidades• Aplicação direta de métodos de dimensionamento desenvolvidos para cidades europeias, sem validação local• Estimativa “arbitrária” da chuva de projeto devido à inexistência de infraestrutura de registro de precipitações• Transporte do esgoto junto com águas pluviais por canalizações• Redução das doenças e da mortalidade• Degradação de rios e mananciais
Racionalização e normatização	Entre 1930 e 1970	<ul style="list-style-type: none">• Pouca evolução na aquisição de dados básicos e na realização de novos estudos hidrológicos de abrangência nacional• Desenvolvimento de instrumentos de cálculo de obras hidráulicas• Importantes publicações nacionais com conhecimento local de parâmetros de projeto, principalmente sobre chuvas intensas• Uniformização das práticas de cálculo hidrológico na drenagem



Fases	Período	Características
Fase corretiva	Entre 1970 e 1990	<ul style="list-style-type: none">• Disponibilidade maior de informações e dados em computadores• Tendência mundial de simular o ciclo hidrológico, principalmente a transformação chuva-vazão e algoritmos matemáticos• Sistema separador absoluto• Tratamento dos esgotos sanitários• Amortecimento dos escoamentos pluviais• Melhoria da qualidade das águas dos rios• Construção de obras de grande porte e impacto
Desenvolvimento sustentável	Após 1990	<ul style="list-style-type: none">• Controle na fonte, incentivo à infiltração e à retenção das águas pluviais• Tratamento do esgoto pluvial• Menor interferência ao ciclo hidrológico• Proposição de modelos que integram gestão das águas urbanas, abastecimento, esgotamento sanitário e drenagem urbana• Conservação ambiental• Melhoria da qualidade de vida• Controle das inundações
Soluções baseadas na natureza	A partir de 2018	<ul style="list-style-type: none">• Consciência ampliada no conhecer e no cuidar das águas• Atuação centrada em diálogos e atenção aos ecossistemas hídricos• Gestão das águas em sintonia com a natureza, por exemplo: SbN• Combinação do conhecimento e de práticas convencionais da engenharia com as teses de desenvolvimento sustentável e preocupações com as mudanças climáticas

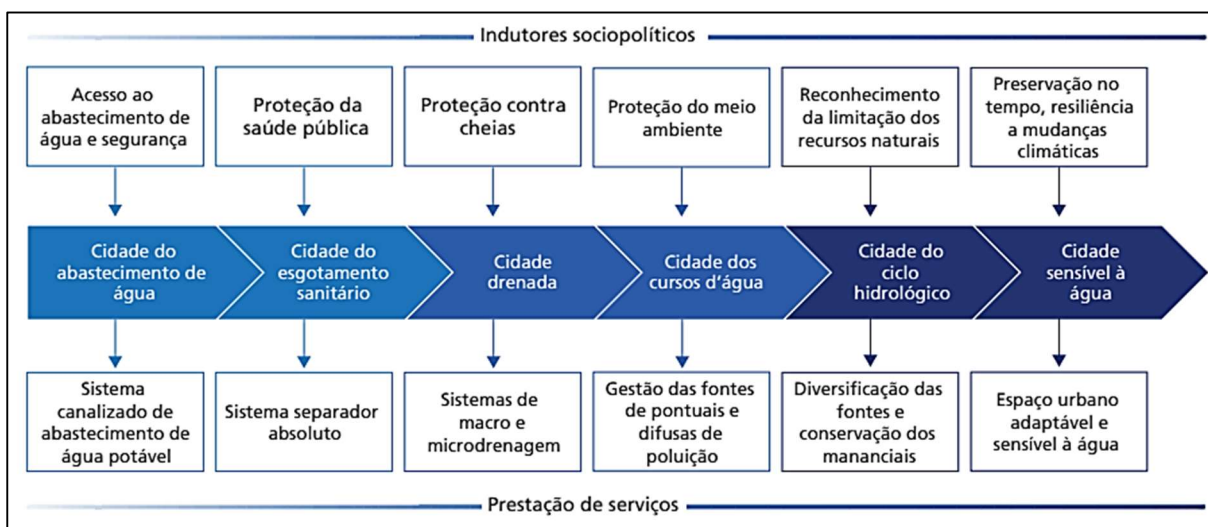
Fonte: Silveira (1998), Tucci (2005), Miguez, Veról e Rezende (2016), Pinheiro e Santos (2019) e Christofidis, Assumpção e Kligerman (2020).

Conforme observado por Silveira (1998), no final da década de 1990, o Brasil seguiu a evolução de outros países na fase higienista, porém, não conseguiu avançar

satisfatoriamente para as fases subsequentes. Mais de uma década depois, Tucci (2012) destacou que a maioria das cidades brasileiras ainda se encontrava na fase higienista, com um número reduzido de cidades, como Porto Alegre, Brasília, Campo Grande e São Paulo, caminhando em direção à fase sustentável.

No Brasil, existe uma forte conexão acadêmica e exemplos concretos ou em desenvolvimento no que diz respeito à visão e planejamento interdisciplinar da gestão urbana e da água. Um exemplo interpretativo é apresentado por Brown, Keath e Wong (2009), baseado em cidades australianas. Esses autores abordam uma síntese de seis cidades que representam a evolução ao longo do tempo na relação entre água e cidade, como ilustrado na Figura 53. Observa-se que, da interação entre os indutores sociopolíticos e a prestação de serviços, assim como dos componentes isolados para a gestão integrada do saneamento, a relação entre água e cidades evolui para a resiliência com base no ciclo hidrológico (e também pode-se considerar as bacias hidrográficas) e interações ambientais como base para infraestrutura sustentável. É essencial respeitar esse ciclo desde o planejamento urbano até as edificações privadas.

Figura 53 – Evolução das cidades quanto à gestão das águas urbanas



Fonte: Brown, Keath e Wong (2009).

As três primeiras cidades mencionadas na imagem acima por Brown, Keath e Wong (2009) desempenham o papel de fornecedoras de serviços básicos de infraestrutura de águas urbanas, como abastecimento de água potável, esgotamento sanitário e drenagem pluvial. Esses serviços são predominantemente realizados por meio



de sistemas canalizados, para atender às demandas emergenciais decorrentes do crescimento urbano no início do século XX. Por outro lado, as demais cidades adotam uma abordagem mais abrangente, atuando como gestoras das águas urbanas com uma perspectiva integrada e holística. Nesse contexto, a drenagem das cidades deve evoluir de conceitos e sistemas pontuais, focados apenas na redução das vazões pós-urbanização, para ações de manejo de águas sistêmicas e integradas, que valorizem a paisagem, conforme apontado por Miguez, Veról e Rezende (2016).

É importante destacar que lidar apenas com preocupações hidráulicas não é suficiente para enfrentar os desafios do crescimento urbano e seus impactos. Miguez, Veról e Rezende (2016) ressaltam que a manutenção dessa visão convencional, que se concentra apenas no aumento dos volumes de escoamento, leva o poder público a investir em soluções tradicionais e não sustentáveis. Essa abordagem acaba gerando uma falsa sensação de segurança, especialmente diante do aumento na frequência e magnitude de eventos extremos de chuva.

16. SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE DRENAGEM URBANA (SUDS)

Os sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS - *Sustainable Urban Drainage Systems*) surgiram como uma alternativa aos sistemas convencionais de drenagem urbana. Esses sistemas adotam um conjunto de técnicas sustentáveis para controlar e gerenciar as águas pluviais, visando aumentar a taxa de infiltração da chuva no solo e reduzir os impactos negativos do escoamento superficial. Assim, ao utilizar essas técnicas, é possível gerenciar melhor os riscos de alagamento nas áreas afetadas e preservar a bacia hidrográfica.

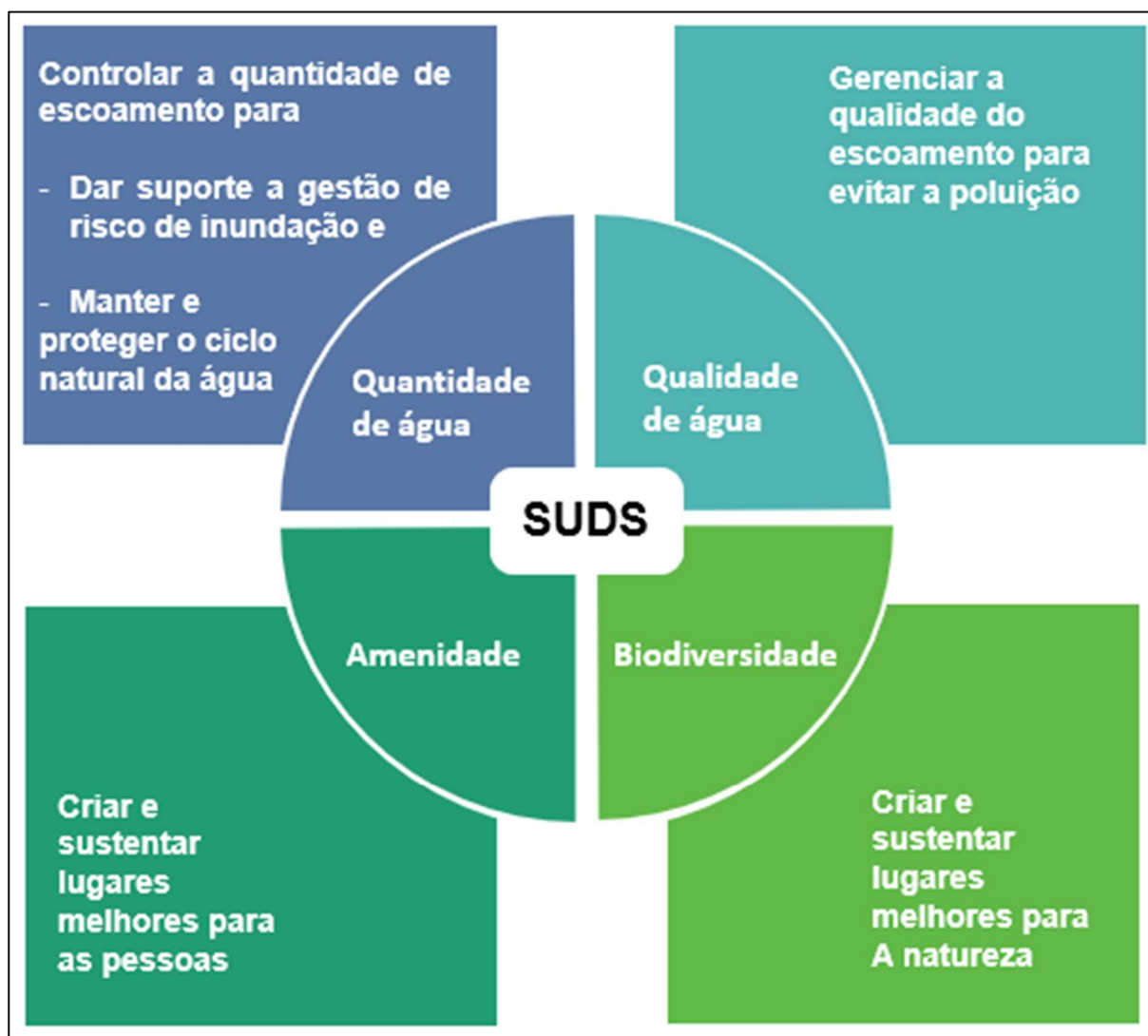
Diferentemente do sistema convencional, no qual a drenagem é feita por meio de coletores subterrâneos, os SUDS se destacam por controlar o escoamento superficial o mais próximo possível do ponto de precipitação. Isso é alcançado por meio de tecnologias que promovem a evaporação, evapotranspiração, infiltração no solo e armazenamento temporário das águas (NETO, 2019).

De acordo com Rezende (2010), os projetos de drenagem sustentável utilizam estruturas de controle das águas pluviais em unidades menores, reduzindo a necessidade de grandes dispositivos de manejo na calha dos rios. Além disso, o conceito

de sustentabilidade é aplicado para melhorar o ambiente construído e a qualidade de vida urbana.

Os objetivos dos SUDS são baseados no princípio de gerenciar o fluxo das águas de forma a obter o máximo benefício. Isso envolve a redução dos impactos negativos da urbanização em termos de qualidade e quantidade de escoamento superficial, ao mesmo tempo em que contribui para a criação de ambientes agradáveis e biodiversos (GONÇALVES; NUCCI, 2017). Esses parâmetros são igualmente importantes, e a solução ideal visa abranger todos eles, conforme ilustrado na Figura 54. No entanto, é importante ressaltar que as vantagens de cada categoria dependem principalmente do espaço onde o sistema está sendo implantado.

Figura 54 – Objetivo dos SUDS.



Fonte: Neto, 2019.



Conforme mencionado por Gonçalves e Nucci (2017), os sistemas sustentáveis de drenagem urbana (SUDS) podem ser aplicados em diferentes níveis de tamanho e complexidade. Essa aplicação abrange desde estabelecimentos individuais, como estacionamentos, até escalas municipais, com o desenvolvimento de uma rede urbana de infraestrutura verde.

A implementação dos sistemas de drenagem sustentável envolve vários atores e considera aspectos construtivos e objetivos a serem alcançados, entre outros fatores. Dessa forma, é essencial conduzir um estudo detalhado do local de interesse para encontrar a melhor solução adequada ao cenário atual.

Woods-ballard et al. (2015) destacam que diversas medidas sustentáveis são empregadas nesse contexto, incluindo sistemas de captação de água pluvial, telhados verdes, sistemas de infiltração, tratamento de águas, faixas filtrantes, valas com cobertura vegetal, biorretenção, arborização urbana, pavimentos permeáveis, tanques de armazenamento e atenuação, bacias de detenção, e criação de zonas úmidas.

A adoção de sistemas de drenagem sustentável demonstra eficiência em seus objetivos e possui um impacto positivo significativo na sociedade como um todo. Dentre os benefícios decorrentes de sua aplicação, destacam-se:

- Aumento da taxa de infiltração no solo, resultando em uma redução adicional do escoamento superficial e contribuindo para a melhoria da recarga dos aquíferos;
- Redução do volume de escoamento superficial, contribuindo para diminuir as concentrações de poluentes nos cursos d'água, controlando processos erosivos causados pela arraste de partículas e minimizando problemas de inundação;
- Criação de áreas de lazer nos centros urbanos, promovendo o aumento da biodiversidade e valorização do ambiente. Dessa forma, é possível proporcionar uma melhor qualidade de vida e bem-estar para a comunidade, além de enriquecer a propriedade e impulsionar a economia local.
- Retenção das águas pluviais para reutilização em atividades menos nobres (descarga de vasos sanitários, rega de jardins, etc.).

É válido ressaltar que a adoção de tais dispositivos pode enfrentar algumas dificuldades. Agostinho e Poletto (2012) indicam como principais desafios dos sistemas sustentáveis de drenagem urbana:



- Requerimento de manutenção frequente, uma vez que, quando integrados em áreas urbanas, estão sujeitos ao acúmulo de resíduos sólidos e sedimentos provenientes da construção civil;
- Custo elevado de implantação em determinados casos;
- Em sua maioria, não são resistentes a altas cargas de sedimentos, o que pode ser prejudicial ao sistema devido à possibilidade de obstrução. Nesses casos, torna-se necessário adotar dispositivos capazes de contribuir para a retenção de sólidos.

A implementação de sistemas sustentáveis de drenagem e outras obras urbanas com foco na sustentabilidade ainda são exceções, não a regra, nas administrações municipais. Em muitos casos, existem barreiras sociais e institucionais que limitam a adoção e disseminação de medidas sustentáveis, tornando o processo lento e pouco eficiente (Chapa, Pérez e Hack, 2020). Porse (2013) aponta diversos desafios complexos relacionados à governança das águas pluviais, como financiamento reduzido ou inexistente, desenvolvimento urbano descontrolado, falta de dados confiáveis, falta de integração de novas infraestruturas às existentes, não conformidade com requisitos de qualidade ambiental e dificuldades devido à incerteza hidrológica.

Baptista e Nascimento (2002) e Tucci (2012) destacaram as principais fragilidades da estrutura da drenagem urbana no Brasil, levando em consideração a estrutura institucional e o financiamento da implantação e gestão desses sistemas. Décadas depois das observações feitas pelos autores mencionados, ainda persistem fragilidades, como a falta de um diagnóstico preciso da drenagem, pois esse componente é muitas vezes considerado secundário. Brasil (2020c) destaca dificuldades relacionadas à falta de capacitação técnica dos funcionários municipais, escassez de informações, ausência de instrumentos de gestão, falta de normas técnicas nacionais para projetos e falta de padronização nas terminologias adotadas no setor. Essas fragilidades, principalmente de natureza institucional, impedem a inovação e a transição dos sistemas para modelos integrados e sustentáveis.



16.1. TRAMA VERDE-AZUL

Atualmente, existe uma maneira de pensar a urbanização com menos impacto, valorizando os corpos d'água (o azul) e a vegetação (o verde) naquilo que a bibliografia consagrou como "trama verde-azul". A trama verde-azul (TVA) não é um conceito que foi concebido visando à drenagem urbana sustentável, mas tem ficado evidente que essa aproveita ou compartilha de muitas soluções daquela, o que só pode para contribuir para melhorar o ambiente urbano (SILVEIRA, 2018).

A trama verde-azul é uma concepção amplamente utilizada para descrever a composição e as funções desempenhadas pelos espaços urbanos e metropolitanos. Esse termo tem origem em um dos seus principais objetivos, que é garantir a conectividade entre áreas de interesse ecológico, ambiental e paisagístico, utilizando elementos morfológicos do território, como serras, topos de morro, terrenos com declividade acentuada, vales e rede hidrográfica. Os principais aspectos de uma trama verde-azul são:

- Ferramenta de planejamento do território, constituído de grandes conjuntos naturais e de corredores que os ligam ou que servem de espaços tampão. Esses espaços e corredores são completados por uma trama azul formada pelos cursos e massas d'água e das margens vegetadas ao longo desses cursos e massas d'água.
- Permitem criar uma continuidade territorial, que constitui uma prioridade absoluta.

Os principais elementos ainda incluem o gerenciamento de águas pluviais (drenagem urbana), adaptação às mudanças climáticas, redução do estresse térmico, aumento da biodiversidade, segurança alimentar, melhoria da qualidade do ar, produção de energia sustentável, despoluição da água e do solo, qualidade de vida, mobilidade, recreação, sombra, abrigo e habitação nas áreas urbanas e adjacentes. A TVA almeja a criação de arranjos socioeconômicos e ambientais adequados, e, por isso, não considera a possibilidade de uma drenagem urbana sustentável isolada, mas sim integrada a outras soluções.

Na TVA, a drenagem urbana sustentável é uma consequência. O objetivo síntese desta trama é o conforto ambiental (para todos os seres vivos), manejando o



controle térmico pela evapotranspiração controlada do verde e do azul, ocupação do solo (sombreamento e infiltração), manejo de fluxos e armazenamentos superficiais de água, integrando tudo isso com o bem-estar.

A estrutura, nesse sentido, incorpora e conecta unidades de conservação e complexos ambientais culturais para promover a biodiversidade, contribuir para a melhoria da qualidade ambiental de uma região, reforçar sua identidade cultural e paisagística e promover o acesso à natureza a seus habitantes, criando oportunidades para o lazer, o turismo e a convivência social.

Essa malha de corredores verdes, seguindo sobretudo as serras e os fundos de vale, quando concebida para um território metropolitano, articula-se com uma grande variedade de atividades econômicas e de usos do solo, tais como as atividades agrícolas e industriais, incluindo a indústria extrativa. Naturalmente, também abrange áreas urbanas e periurbanas. A estrutura, portanto, estabelece-se como um território de múltiplos usos e funções, articulando tanto objetivos de proteção ambiental permanente em certos trechos de sua malha, como os de criação de oportunidades para múltiplos usos e diferentes níveis de acesso em outros trechos. Nesse sentido, a estrutura não é uma unidade de conservação, embora desempenhe funções ambientais relevantes.

Sua composição é variada, em termos de funções, localização e extensão. Ela é composta por unidades de conservação em diferentes níveis de proteção, como parques e áreas de proteção permanente, áreas de proteção especial, corpos d'água, córregos, riachos, rios, lagos, represas e suas margens, topos de morro e terrenos de elevada declividade, além de açudes, áreas úmidas, áreas de recarga de aquíferos e outras com vegetação expressiva. Ela incorpora igualmente os parques lineares urbanos associados a cursos d'água, lagos urbanos e vias que possuam elementos ambientais e paisagísticos que promovam a qualidade de vida urbana, como jardins, arborização significativa, parques lineares, ciclovias, calçadas agradáveis para o trânsito e permanência de pedestres, etc., além dos terrenos onde se pratica a agricultura urbana e outras áreas verdes do espaço urbano.

No meio rural, as áreas agrícolas fazem parte da estrutura, notadamente aquelas que desempenham um papel importante no abastecimento da região metropolitana e que adotam ou podem adotar no futuro, como elementos da estrutura, práticas conservacionistas do solo e da água e princípios de agricultura ecológica.



Seu caráter local e ao mesmo tempo regional requer, para a concepção, a implantação e a gestão da trama um arranjo institucional específico e modelos de financiamento que articulem os municípios e o Estado. Também há de se ressaltar a participação do setor privado, uma vez que a trama, em vários de seus trechos, será estabelecida em áreas privadas, da mesma forma como muitas das atividades que com ela se articulam, como a agricultura e o turismo, serão frequentemente implantadas e geridas por agentes privados.

Os elementos de uma trama verde-azul e a abordagem sobre eles são exibidos a seguir:

➤ **Água**

- a. Promover a visibilidade do escoamento superficial: favorecer a drenagem de superfície (*overland flow*);
- b. Infiltrar e reter temporariamente a água: reduzir o risco de alagamentos;
- c. Realizar tratamento descentralizado de esgoto;
- d. Reutilizar a água tratada;
- e. Utilizar também a água pluvial;
- f. Gerenciar e manejar as águas com medidas estruturais e não estruturais para lidar com eventos extremos (infraestrutura, zoneamento, alertas, prevenção de desastres, resgate, etc.);
- g. Utilizar e explorar a água de forma parcimoniosa como parte das ações de combate a secas.

➤ **Calor**

- a. Mitigar o calor por meio da evapotranspiração vegetal;
- b. Reduzir o calor por meio da evaporação de água;
- c. Amenizar o calor com o uso de materiais com baixa condutividade térmica;
- d. Criar áreas sombreadas, tanto vegetadas quanto não vegetadas, para amenizar o calor.



➤ **Biodiversidade**

- a. Aumentar a biodiversidade por meio do controle de nutrientes;
- b. Promover a biodiversidade atraindo animais com plantas nativas domesticadas;
- c. Estimular a biodiversidade utilizando restos vegetais como adubo, favorecendo a saúde das plantas e reduzindo os custos de manutenção;
- d. Aumentar a biodiversidade evitando cuidados excessivos que prejudicam as espécies;
- e. Promover a biodiversidade por meio do manejo pluvial adequado para o uso de plantas e animais.

➤ **Agricultura Urbana**

- a. Promover a agricultura urbana para produção de alimentos com baixo impacto ecológico-energético;
- b. Favorecer a agricultura urbana para produzir plantas ornamentais e flores em áreas urbanas;
- c. Incentivar a agricultura urbana como ponto de parada para visitação e contemplação por pedestres;
- d. Fomentar a agricultura urbana para proporcionar aos cidadãos urbanos o contato com a terra;
- e. Estimular a agricultura urbana para criar espaços de socialização.

➤ **Qualidade do Ar**

- a. Combater a má qualidade do ar em sua origem (incentivar o uso de veículos não poluentes);
- b. Implantar agrupamentos de vegetação (parques) e corredores verdes para melhorar a oxigenação do ar, ventilação e retenção de poluentes atmosféricos;
- c. Evitar a concentração de poluentes em "túneis verdes" e "cânions urbanos".



➤ **Energia**

- a. Reduzir o consumo de energia através da redução da demanda (medidas e educação);
- b. Reutilizar energia para reduzir/otimizar a produção;
- c. Obter energia de fontes renováveis (fotovoltaica, eólica, hídrica, biomassa);
- d. Utilizar a energia de forma eficiente, independentemente de sua origem;
- e. Minimizar o uso de ar-condicionado por meio do emprego de "fachadas verdes" e outras soluções sustentáveis nas edificações.

➤ **Valoração Socioeconômica**

- a. Estimular por meio da influência positiva da vegetação na saúde física e mental;
- b. Aumentar por meio do desfrute da natureza para descanso e exercícios;
- c. Promover trocas sociais em áreas verdes (para adultos e crianças);
- d. Aumentar por meio da percepção de qualidade de vida e segurança;
- e. Obter através do valor econômico agregado a imóveis, turismo e negócios;
- f. Incentivar por meio da conexão entre áreas urbanas e rurais;
- g. Estimular com a compreensão da adaptação climática;
- h. Aumentar por meio do conforto ambiental (efeito de ambientes com temperatura reduzida);
- i. Motivar através da conscientização da biodiversidade;
- j. Impulsionar por meio da agricultura urbana;
- k. Oportunizar com a busca de uma melhor qualidade do ar;
- l. Motivar através da consciência em relação à energia de biomassa e economia de água.

17. CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DAS MICROBACIAS URBANAS

Nas bacias hidrográficas urbanas, a presença de intervenções antropogênicas desempenha um papel significativo na modificação do processo de infiltração, acarretando transformações na unidade do sistema e na morfologia da paisagem. De acordo com Botelho (2011), a ausência de cobertura vegetal restringe as rotas de fluxo da



água, resultando em uma predominância do escoamento superficial e da infiltração nos ambientes urbanos, especialmente devido à impermeabilização ocasionada pela alta densidade de edifícios e pavimentação viária.

Coelho Netto (2007) destaca que o tipo de cobertura e uso do solo é uma variável-chave que influencia a capacidade de infiltração, juntamente com características como chuvas, condições do solo (textura, profundidade, umidade) e atividade biológica. Áreas florestadas são conhecidas por facilitarem a infiltração de água devido à presença de serapilheira e raízes, enquanto a redução da cobertura vegetal leva a uma diminuição na capacidade de infiltração.

Comparando o funcionamento de uma bacia hidrográfica em áreas florestadas ou agrícolas com uma área urbana, Botelho & Silva (2004) afirmam que há diferenças significativas. Embora atividades agrícolas possam reduzir a entrada de água no solo, ainda ocorre uma infiltração considerável proveniente das chuvas. Por outro lado, em áreas urbanas com extensas superfícies impermeabilizadas, ocorrem fluxos superficiais expressivos, enquanto a infiltração é mínima ou praticamente inexistente.

No contexto dos solos expostos resultantes do desmatamento, Guerra & Botelho (1996) explicam que o impacto das gotas de chuva provoca o efeito de “*splash*”, resultando no lançamento de partículas e na quebra dos agregados do solo. Esse processo culmina na formação de uma camada compactada na superfície, conhecida como selagem, que dificulta a infiltração das águas pluviais e promove o escoamento superficial.

Considerando as contribuições de diversos autores, como Botelho & Silva (2004), Coelho Netto (2007), Botelho (2011) e outros, pode-se afirmar que áreas florestadas apresentam a maior capacidade de infiltração em comparação a outros tipos de uso e cobertura do solo, levando em conta os diferentes fatores que influenciam esse processo.

É importante ressaltar que, embora haja divergência na literatura sobre as diferenças no potencial de infiltração entre áreas com pastagem/gramíneas e áreas cultivadas, pesquisadores concordam que ambas têm maior potencial de infiltração do que áreas com solo exposto, porém menor em relação a áreas florestadas. Em geral, atividades humanas com objetivos econômicos exercem um impacto direto no processo de infiltração da água no solo, e quanto mais próximos das condições naturais estiverem os solos, maiores serão as taxas de infiltração observadas (SILVA, 2012).



A análise proposta para o presente capítulo consiste na relativização entre a cobertura do solo e seu potencial de infiltração com base na literatura específica para o tema. A capacidade de infiltração será determinada em função das diferentes classes de cobertura vegetal identificadas na fase de diagnóstico e do coeficiente de escoamento superficial calculado para o atual estado de urbanização das microbacias segundo o preconizado por Wilken (1978).

O coeficiente volumétrico de escoamento (C2) ocorre em função do grau de impermeabilidade da superfície conforme DAEE, São Paulo, 1994. Podemos adotar $C2 = 0,30$ para grau baixo de impermeabilização; $C2 = 0,50$ para grau médio e $C2 = 0,80$ para grau alto.

A Tabela 22 abaixo mostra os coeficientes volumétricos de escoamento utilizados nos cálculos do estudo hidrológico realizado na fase de diagnóstico do presente Plano e a capacidade de infiltração relativa para cada microbacia.

Tabela 22 – Coeficiente volumétrico de escoamento e capacidade de infiltração para as diferentes microbacias estudadas.

Microbacias	C2	Capacidade de Infiltração
Alto Ribeirão Tatu	0,70	30%
Córrego Barroca Funda	0,75	25%
Córrego do Varga	0,80	20%
Córrego do Granufo	0,40	60%
Córrego Vista Alegre	0,30	70%
Médio Ribeirão Tatu	0,50	50%
Baixo Ribeirão Tatu	0,35	65%

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

No contexto das microbacias hidrográficas mencionadas, observa-se que a capacidade de infiltração varia entre elas, refletindo o grau de urbanização e impermeabilização das áreas. Nesse sentido, é fundamental considerar essa característica ao planejar medidas estruturais de curto prazo para a drenagem urbana.

Levando em conta a capacidade de infiltração, é recomendado priorizar a implementação de medidas estruturais nas microbacias com menor capacidade de infiltração. A Microbacia do Córrego do Varga, com 20% de capacidade de infiltração, e



a Microbacia do Córrego Barroca Funda, com 25%, destacam-se como áreas que demandam intervenções imediatas de drenagem urbana.

No entanto, é importante ressaltar que a abordagem não deve se restringir apenas a medidas estruturais. As medidas não estruturais desempenham um papel crucial no planejamento da ocupação das microbacias com maior capacidade de infiltração. É o caso da Microbacia do Córrego Vista Alegre, com 70% de capacidade de infiltração, e da Microbacia do Córrego do Granufo, com 60%. Nessas áreas, é essencial adotar técnicas sustentáveis de drenagem urbana que promovam a infiltração na fonte, garantindo uma ocupação ordenada e considerando os princípios de sustentabilidade.

Além disso, é fundamental realizar uma análise integrada das microbacias, considerando sua interconectividade e a influência das bacias hidrográficas de maior porte. A Microbacia do Alto Ribeirão Tatu, com 30% de capacidade de infiltração, a Microbacia do Médio Ribeirão Tatu, com 50%, e a Microbacia do Baixo Ribeirão Tatu, com 65%, são exemplos de microbacias que requerem uma abordagem abrangente, considerando suas particularidades e a interação com as áreas adjacentes.

Assim, ao planejar e implementar medidas de drenagem urbana, é crucial levar em consideração a capacidade de infiltração de cada microbacia, dando prioridade a intervenções estruturais nas áreas com menor capacidade. Ao mesmo tempo, é necessário assegurar que a ocupação das microbacias com maior capacidade de infiltração seja realizada de forma ordenada, promovendo técnicas sustentáveis de drenagem urbana e infiltração na fonte. Uma abordagem equilibrada e integrada para todas as microbacias contribuirá para uma gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos em áreas urbanas, considerando o impacto da urbanização na capacidade de infiltração do solo.

18. CAPACIDADE DE REÚSO

O reúso de águas pluviais tem se tornado uma prática cada vez mais relevante em centros urbanos, buscando a utilização sustentável dos recursos hídricos. Trata-se de uma estratégia que envolve a coleta, armazenamento e posterior utilização das águas provenientes da chuva, para fins não potáveis, como irrigação de jardins, descarga de sanitários, lavagem de veículos, entre outros.



Esse enfoque sustentável tem se mostrado promissor, uma vez que a gestão eficiente da água é essencial para enfrentar os desafios da escassez hídrica e da demanda crescente por recursos hídricos nas áreas urbanas. Além disso, o reúso de águas pluviais contribui para a redução da carga sobre os sistemas de drenagem urbana, minimizando problemas relacionados a enchentes e alívio da pressão sobre os recursos hídricos naturais (WOODS-BALLARD et al., 2015).

Diversos estudos têm sido realizados para avaliar a viabilidade técnica e econômica do reúso de águas pluviais em centros urbanos. Um exemplo de pesquisa é o estudo de Rosado et al. (2017), que investigou a aplicação do reúso de águas pluviais em edifícios residenciais. Os resultados demonstraram que o reúso de águas pluviais é uma alternativa viável, com potencial para reduzir significativamente o consumo de água potável e promover a conservação dos recursos hídricos.

No entanto, é importante ressaltar que a implementação do reúso de águas pluviais requer a adoção de medidas adequadas de tratamento e armazenamento, garantindo a qualidade da água e minimizando riscos à saúde pública. Além disso, políticas públicas e regulamentações são fundamentais para fomentar e incentivar a adoção do reúso de águas pluviais em centros urbanos.

Em suma, o reúso de águas pluviais representa uma solução sustentável e promissora para a gestão dos recursos hídricos em centros urbanos. Através da coleta e utilização dessas águas, é possível reduzir o consumo de água potável, aliviar a pressão sobre os sistemas de drenagem urbana e promover a conservação dos recursos hídricos naturais.

Recentemente, foi aprovado pela Câmara Municipal de Limeira, no dia 05/06/2023, o Projeto de Lei 162/2020, que institui o “IPTU Verde” e confere de 5 a 10% de desconto no tributo para os imóveis residenciais que implantarem parte ou todos os dispositivos abaixo (LIMEIRA, 2023):

- Sistema de captação de água pluvial e sistema de reúso de água residual;
- Sistema de energia alternativa;
- Telhado verde;
- Área verde permeável;
- Arborização interna.



Tal medida, após sancionada pelo Prefeito Municipal, tende a aumentar ainda mais o potencial de captação e reúso das águas pluviais em Limeira, contribuindo para a redução do escoamento superficial e o alívio dos sistemas de micro e macrodrenagem do município.

18.1. TÉCNICAS DE REÚSO DE ÁGUA PLUVIAL

Antigamente, as águas pluviais eram simplesmente descartadas após a drenagem no ambiente urbano, porém, ao longo do tempo, elas passaram a ser valorizadas e foram desenvolvidas técnicas para o reúso dessas águas em diversas aplicações.

O uso de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais propicia, além de benefícios de conservação de água e de educação ambiental, a redução do escoamento superficial e a consequente redução das vazões nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais e o amortecimento dos picos de enchentes, contribuindo para a redução de inundações, além de ajudar a suprir a escassez de água em regiões áridas e semiáridas do Brasil (LISBOA, 2011).

As instalações do sistema de captação para as áreas externas são, normalmente, utilizadas para limpeza calçadas e/ou rega de jardins, sendo esse consumo muito menor do que nas áreas internas, e podendo possuir reservatórios menores e instalados sobre a superfície do solo em questão. Nesse caso, usa-se a gravidade para alimentar os pontos de consumo diretamente do reservatório do sistema. Já para o uso interno, uma vez que o consumo é muito maior, é requerido um reservatório maior e, também, é necessário a utilização de bombas e de outros equipamentos para recalque da água armazenada.

18.1.1. Legislação Pertinente e padrões de qualidade de potabilidade e reúso

A Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021, estabelece as exigências a serem rigorosamente seguidas e os padrões de potabilidade da água a serem atendidos, além de apresentar planos de amostragem e definir as competências e responsabilidades no âmbito federal, estadual, municipal e demais esferas de atuação. Por sua vez, a Lei nº 14.546, de 4 de abril de 2023, que altera a Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, trata especificamente do reúso de águas pluviais, estabelecendo medidas



de prevenção ao desperdício, diretrizes para o aproveitamento das águas da chuva e reúso não potável das águas cinzas.

As normas técnicas NBR 13.969 (ABNT, 1997), NBR 15.527 (ABNT, 2007) e NBR 10844 (ABNT, 1989) estabelecem padrões de qualidade da água, critérios para o aproveitamento de águas pluviais em áreas urbanas para fins não potáveis e requisitos para projetos de sistemas de drenagem de águas pluviais, respectivamente. Importantes instituições como a Agência Nacional das Águas (ANA), a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP) colaboraram para a elaboração de um manual de conservação e reúso de água em edificações, estabelecendo requisitos específicos para diferentes usos, como irrigação de jardins, descarga em bacias sanitárias, refrigeração e sistema de ar condicionado, lavagem de veículos e lavagem de roupas (SILVA JUNIOR, 2022).

É essencial analisar as características e a qualidade requerida para determinar o tipo de reúso apropriado, levando em consideração o tratamento necessário, como a dosagem adequada de cloro. Se a água de reúso for utilizada para consumo humano, ela deve atender aos padrões de qualidade e potabilidade estabelecidos na Portaria nº 888/2021 e na lei nº 14.546/2023, não podendo conter substâncias nocivas à saúde, nem apresentar odor, sabor ou aparência desagradáveis. No caso do uso industrial, o pH da água desempenha um papel importante nas reações, sendo necessário realizar uma análise para determinar seu uso e se é necessário algum tipo de tratamento adicional (SILVA JUNIOR, 2022).

18.1.2. Tipos de reúso

O reúso das águas pluviais pode ser classificado em reúso direto ou indireto, sendo resultado de ações planejadas ou não planejadas. O reúso indireto não planejado ocorre quando a água é descarregada no meio ambiente e posteriormente reutilizada de forma não controlada e intencionalmente a jusante. Já o reúso indireto planejado envolve o tratamento adequado da água, que é descarregada de forma planejada em corpos hídricos e utilizada posteriormente de maneira controlada a jusante. O reúso direto não planejado ocorre quando a água é descarregada sem tratamento e reutilizada diretamente no local de descarga, geralmente em situações irregulares

devido à falta de controle dos parâmetros de qualidade. Por fim, o reúso direto planejado ocorre quando a água pluvial é tratada adequadamente e direcionada diretamente para o local de reúso, como indústrias ou áreas rurais para irrigação (GOLDENFUM, 2006).

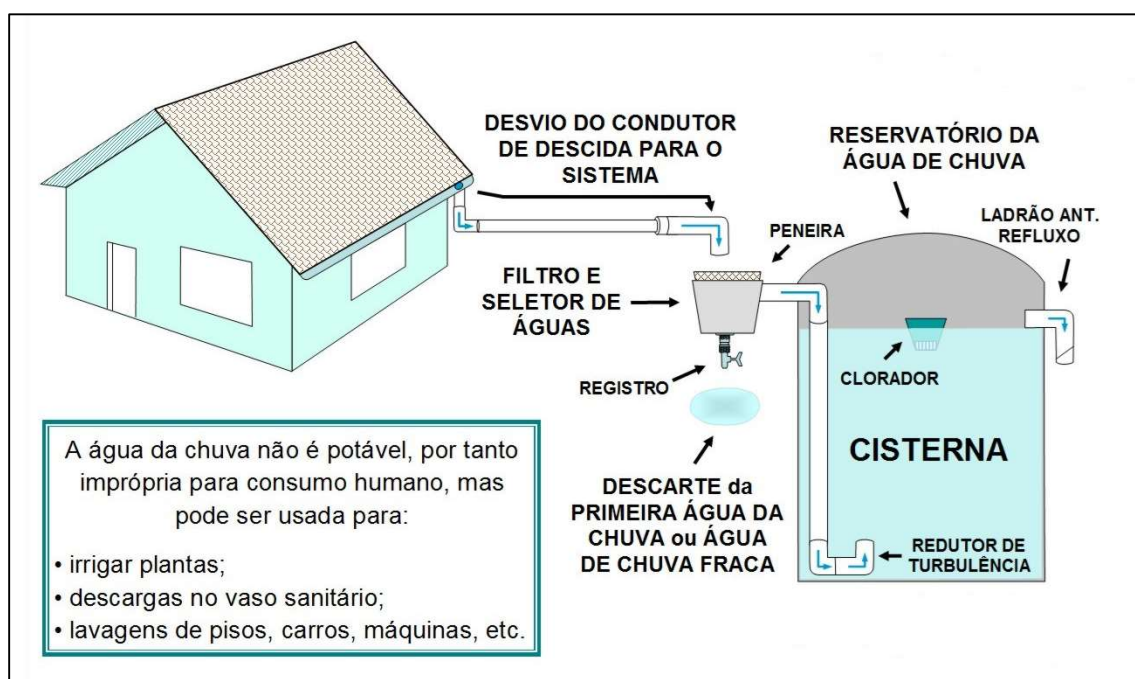
Os diversos tipos de reutilização das águas pluviais incluem uso urbano, industrial, agrícola, ambiental e recarga de aquífero. Em locais onde não há fontes naturais, poços ou sistemas de abastecimento de água, a água das chuvas geralmente é utilizada para consumo doméstico e como água potável (SILVA JUNIOR, 2022).

18.1.3. Técnicas utilizadas para armazenamento e desinfecção de águas pluviais

a) Sistema de captação

Recomenda-se descartar as águas pluviais nos primeiros cinco minutos para eliminar as impurezas presentes nos telhados e evitar que sejam direcionadas para o reservatório (SILVA JUNIOR, 2022). O sistema de captação tem como objetivo coletar as águas pluviais e conduzi-las até um reservatório para armazenamento. Esse sistema utiliza calhas, condutores e telhados, como ilustrado na Figura 55.

Figura 55 – Exemplo de sistema de captação para reaproveitamento de águas pluviais



Fonte: Sempre Sustentável. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

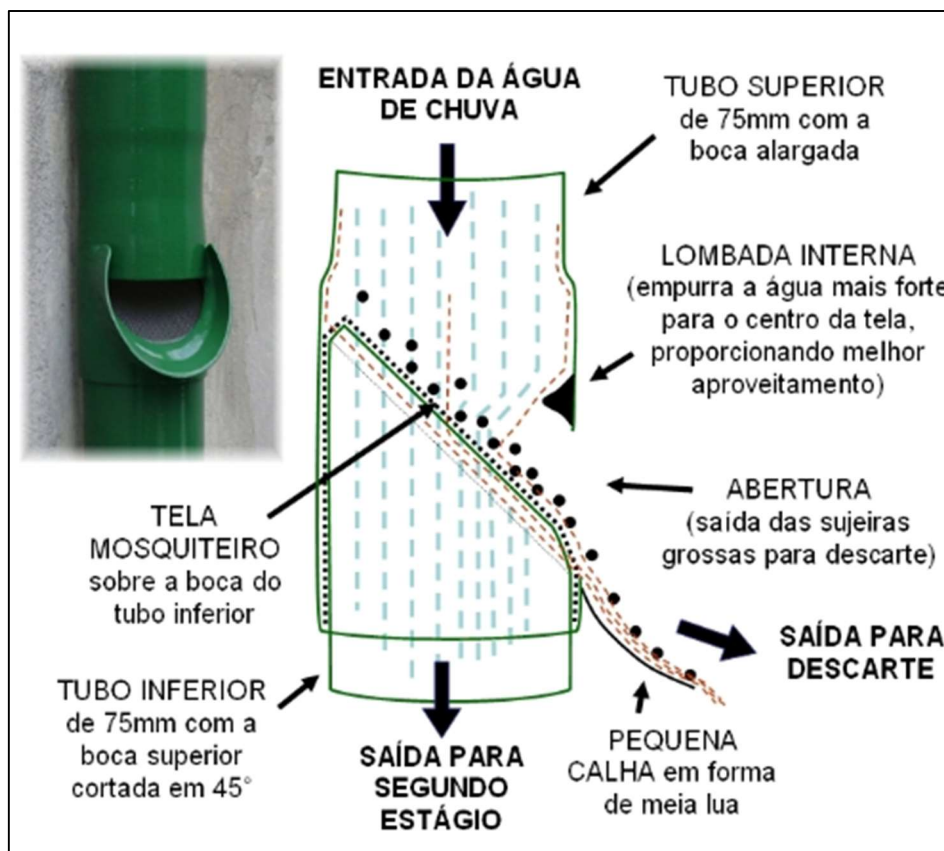
Nesse sistema, o telhado é a área de recebimento e captação da água da chuva, deixando o projeto com um custo relativamente baixo e facilitando a distribuição por gravidade até o reservatório (SILVA JUNIOR, 2022).

b) Remoção de sólidos

Independente do sistema adotado para a coleta da água da chuva, deve-se evitar a entrada de folhas, gravetos ou outros materiais grosseiros no interior do reservatório de armazenamento, uma vez que estes poderão se decompor, prejudicando a qualidade da água armazenada. A instalação de telas ou grades é uma maneira bastante simples para a remoção deste tipo de material (LISBOA, 2011).

A Figura 56 abaixo ilustra um exemplo de filtro para sólidos.

Figura 56 – Exemplo de equipamento para remoção de sólidos.



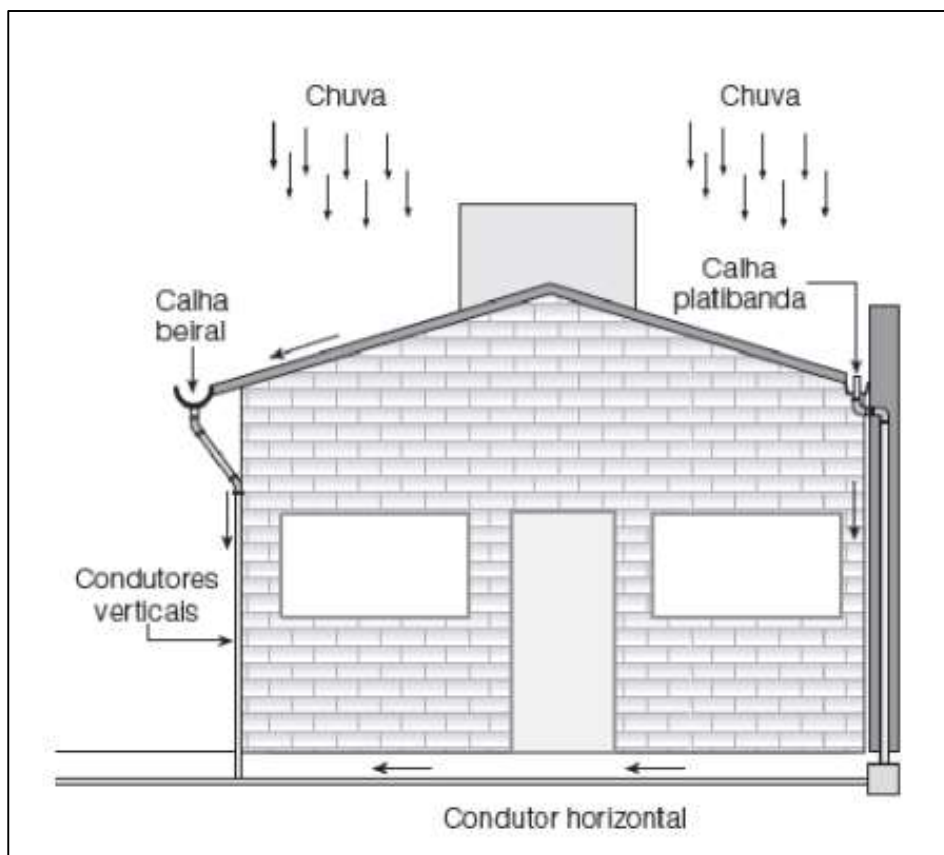
Fonte: Sempre Sustentável. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

c) Condução

Existem dois tipos de condutores de águas pluviais: vertical e horizontal, que atendem às necessidades externas e internas, conforme mostrado na Figura 57 (SILVA JUNIOR, 2022).

Os condutores são responsáveis por levar a água até o reservatório e devem ser dimensionados corretamente. Os condutores verticais devem ter uma inclinação contínua de 1% a 1,5% para permitir o escoamento eficiente da água, evitando o acúmulo de detritos e algas. Já os condutores horizontais devem ser projetados com uma declividade uniforme mínima de 1%. Os materiais ideais para os condutores são o alumínio e o aço galvanizado devido às suas melhores propriedades físicas, embora tenham um custo mais elevado (SILVA JUNIOR, 2022).

Figura 57 – Condutores de água pluvial vertical e horizontal



Fonte: Grabowski, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



18.1.4. Armazenamento

O armazenamento das águas pluviais é geralmente realizado em reservatórios ou cisternas. Os reservatórios têm a função de distribuir a água nos pontos de uso designados, podendo ser internos ou externos, dependendo do projeto. O dimensionamento adequado do reservatório leva em consideração fatores como custo total de implantação, demanda de água no local, áreas de captação, confiabilidade necessária e regime pluviométrico da região. Eles podem ser instalados enterrados, semienterrados ou na superfície do solo, e podem ser feitos de materiais como alvenaria, fibra de vidro, concreto, polietileno, entre outros. É importante que os reservatórios sejam protegidos contra quedas, mantenham-se fechados para evitar a contaminação e sejam submetidos a limpezas periódicas. A proximidade dos reservatórios com os pontos de consumo é fundamental, e a localização adequada considera fatores como serviços existentes, fossas sépticas, poços, topografia, declividade e profundidade do leito rochoso e do solo (SILVA JUNIOR, 2022).

18.1.5. Desinfecção das águas pluviais coletadas

Nos sistemas de reúso de água pluvial, a desinfecção pode ou não ser necessária, dependendo da finalidade e da qualidade da água. A desinfecção pode ser realizada pelo uso de cloro, respeitando as medidas corretas estabelecidas na NBR 13.969/2007, que determina uma faixa admissível de cloro entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L. Além disso, podem ser utilizados sistemas de filtração simples e procedimentos de autolimpeza nos primeiros milímetros de precipitação para garantir a qualidade da água coletada (SILVA JUNIOR, 2022).

Os primeiros cinco minutos de água pluvial geralmente são descartados em uma calha separada para eliminar as impurezas presentes e evitar que esse volume seja direcionado ao reservatório de águas pluviais. O sistema de bloqueador (boia) é amplamente utilizado nesse processo, em que um reservatório de autolimpeza é esvaziado durante a chuva e a água é direcionada ao reservatório de águas pluviais somente após esse período. Esse sistema garante a separação das águas iniciais, que devem ser descartadas, das águas apropriadas para armazenamento (SILVA JUNIOR, 2022).



O sistema boia, ou bloqueador, é muito utilizado e consiste em um reservatório de autolimpeza da chuva vazio e que recebe as primeiras águas da chuva até atingir o seu limite, implicando no fechamento da torneira-boia. A partir disso, a água começa a escoar para o outro reservatório, que seria o de água da chuva. Ao parar a chuva, o registro desse reservatório de autolimpeza deve ser aberto para o seu esvaziamento e para que seja utilizado novamente. Esse sistema boia é muito utilizado para fazer o descarte da primeira chuva, impedindo que o volume, que deve ser descartado, seja enviado para o reservatório de águas pluviais (SILVA JUNIOR, 2022).

19. TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS

Os efeitos resultantes da urbanização intensiva sobre os processos hidrológicos têm evidenciado as limitações das abordagens convencionais de drenagem urbana. Isso ocorre devido à propensão dessas abordagens em agravar ou intensificar tais efeitos. Os sistemas tradicionais de drenagem apresentam pouca flexibilidade e adaptabilidade às mudanças de uso do solo que são frequentes nos processos intensivos de urbanização. Conseqüentemente, esses sistemas tornam-se onerosos e rapidamente obsoletos, exigindo altos investimentos do setor público para reconstrução, especialmente quando se trata de intervenções em áreas urbanas já construídas. Essas intervenções muitas vezes são realizadas em caráter emergencial, após a ocorrência de eventos graves de inundação, e tendem a adotar soluções localizadas e parciais, baseadas em estudos diagnósticos e alternativas elaborados de forma apresada e simplista (TUCCI, 1995, BAPTISTA et al., 2007)).

Além disso, os sistemas tradicionais de drenagem frequentemente foram ou ainda são adotados sem considerar etapas importantes de planejamento integrado de desenvolvimento urbano e gestão integrada de recursos hídricos em áreas urbanas. Isso contribui para agravar os impactos da urbanização no meio ambiente e ampliar os riscos associados, como inundações, impactos na saúde pública e empobrecimento da qualidade e diversidade ambiental (TUCCI, 1995, BAPTISTA et al., 2007)).

A partir dos anos 1970, uma abordagem alternativa tem sido desenvolvida para abordar essas questões, observando-se uma acumulação significativa de experiências em países europeus, América do Norte, Austrália e Japão. Essa abordagem é conhecida como tecnologias alternativas ou compensatórias de drenagem pluvial. O



termo "compensatório" refere-se ao objetivo central dessas técnicas de compensar ou mitigar os impactos da urbanização no ciclo hidrológico (TUCCI, 1995, BAPTISTA et al., 2007).

Inicialmente, essas abordagens foram direcionadas ao controle dos escoamentos por meio da implementação de estruturas de armazenamento de águas pluviais, resultando no amortecimento de enchentes ou na infiltração das águas pluviais, o que promove a redução dos volumes de escoamento superficial. Além disso, foram desenvolvidas soluções combinadas de armazenamento e infiltração. Com o passar do tempo, a experiência adquirida na aplicação dessas técnicas possibilitou constatar seu desempenho também na redução da poluição difusa originada pela precipitação pluvial (Hares; Ward, 1999; USEPA, 1999; Gautier, 1998; Bertrand-Krajewski; Chebbo, 2003).

Atualmente, existe uma ampla variedade de técnicas compensatórias utilizadas na drenagem pluvial. Essas técnicas são predominantemente baseadas em processos de armazenamento e infiltração de águas pluviais. Além disso, também são aplicadas soluções que visam a interceptação e evapotranspiração, como telhados ou coberturas verdes, bem como o manejo de áreas verdes em ambientes urbanos, com o intuito de reduzir os escoamentos originados pelas chuvas (ELLIS, 2008). Abordagens complementares enfatizam a desconexão ou não conexão de áreas impermeáveis com o sistema de drenagem, direcionando, sempre que possível, o escoamento superficial para áreas verdes que possuam capacidade de infiltração adequada (BAPTISTA et al., 2007).

Também são observadas inovações em outros domínios, como nos esforços em promover uma melhor integração urbanística de soluções compensatórias. Em determinados casos, busca-se o desenvolvimento de usos múltiplos para áreas destinadas ao controle de enchentes, associando-as a espaços verdes, parques, locais adequados para prática de esportes e atividades similares. Em outras situações, quando múltiplos usos não são viáveis, busca-se pelo menos garantir a adequada integração das soluções alternativas de gerenciamento pluvial ao projeto urbano, valorizando as estruturas e a presença de água, seja ela ocasional, em bacias de retenção secas ou permanentes (BAPTISTA et al., 2007; RIGHETTO, 2009).

Essas iniciativas são fundamentais para fomentar a adoção de soluções compensatórias pela população, especialmente por aqueles que residem nas



proximidades dessas implantações, trazendo benefícios para aprimorar a conscientização sobre a presença da água em ambientes urbanos. Além disso, a implementação de usos múltiplos facilita a justificação da reserva de áreas de solo, normalmente valorizadas em contextos urbanos, para fins de gerenciamento de águas pluviais.

Outras inovações de natureza tecnológica e urbanística nesse campo estão relacionadas ao uso combinado de diferentes técnicas compensatórias em uma mesma bacia hidrográfica urbana, aproveitando os efeitos de sua associação em arranjos em série (on-line) e em paralelo (off-line). Esses arranjos proporcionam benefícios em termos de controle de escoamentos, por exemplo, quando a saturação de uma estrutura de infiltração resulta em transbordamentos que são absorvidos por uma estrutura de armazenamento localizada a jusante, e assim sucessivamente (BAPTISTA et al., 2007; RIGHETTO, 2009).

Em resumo, as técnicas compensatórias no âmbito da drenagem urbana e manejo das águas pluviais são ações adotadas com o objetivo de mitigar os impactos negativos causados pela urbanização intensa nos processos hidrológicos. Essas medidas visam equilibrar e compensar as alterações no ciclo hidrológico decorrentes do desenvolvimento urbano, minimizando enchentes, reduzindo a poluição difusa e preservando a qualidade da água.

Essas medidas podem ser classificadas em estruturais e não estruturais. As medidas estruturais referem-se à construção de infraestruturas físicas, como bacias de retenção, reservatórios, canalizações, dispositivos de armazenamento e infiltração, entre outros. Essas estruturas têm a função de controlar o escoamento das águas pluviais, armazenando, retardando ou direcionando o fluxo de água, proporcionando uma gestão mais eficiente das chuvas urbanas (BAPTISTA et al., 2007; CANHOLI, 2014).

Por outro lado, as medidas não estruturais estão relacionadas a ações de caráter mais social, institucional e de gestão. Elas envolvem a implementação de políticas, regulamentações, diretrizes de planejamento urbano, capacitação e conscientização da população, educação ambiental, monitoramento e fiscalização, entre outros. Essas medidas visam promover a mudança de comportamento, estimular a participação da comunidade e garantir a sustentabilidade das ações de drenagem urbana (BAPTISTA et al., 2007; CANHOLI, 2014).

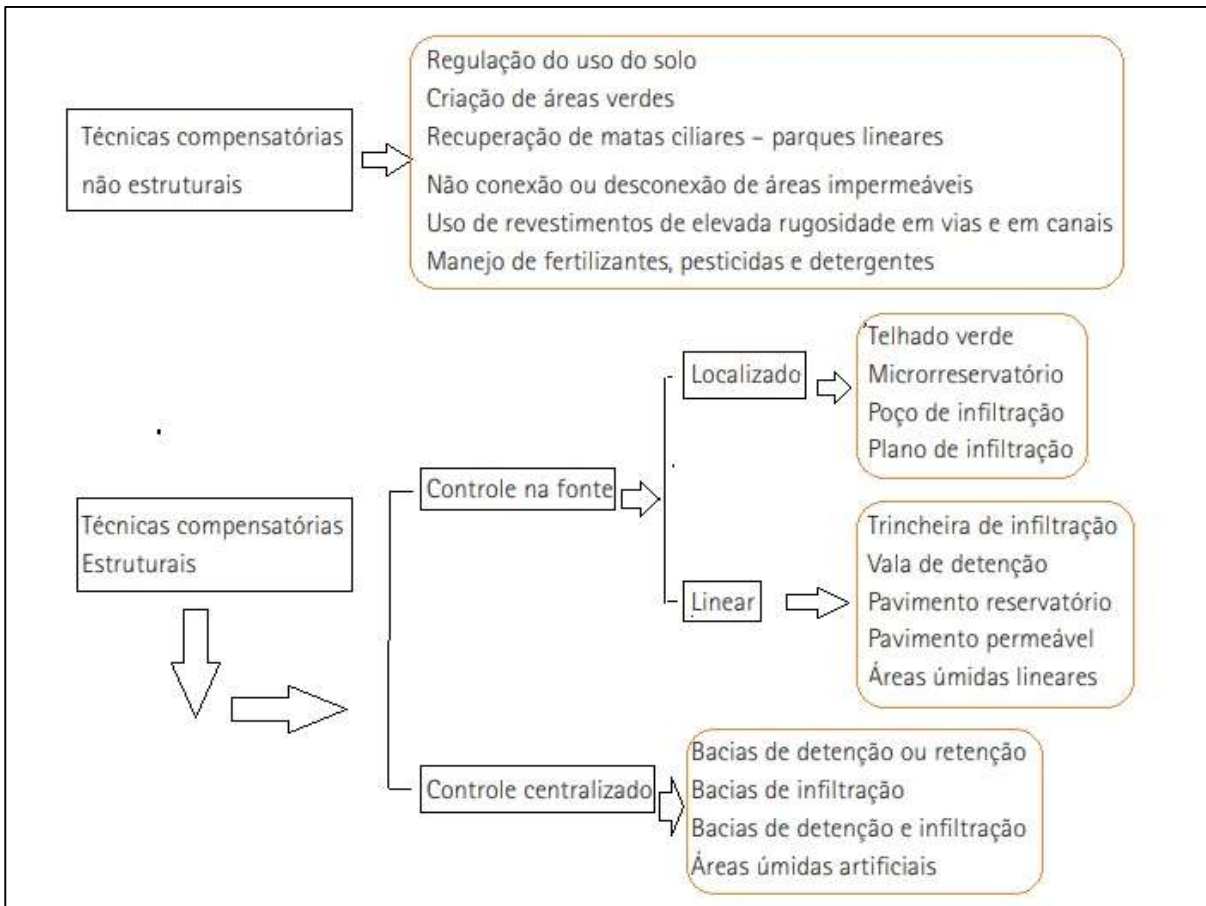


É importante destacar que as medidas compensatórias estruturais e não estruturais são complementares e interdependentes. Enquanto as medidas estruturais fornecem soluções físicas para o gerenciamento das águas pluviais, as medidas não estruturais garantem a efetividade e a sustentabilidade dessas ações, ao envolver a participação ativa da comunidade, o desenvolvimento de políticas adequadas e a gestão eficiente dos recursos hídricos (BAPTISTA et al., 2007; CANHOLI, 2014).

No entanto, a aplicação dessas medidas enfrenta algumas limitações, como restrições financeiras, falta de espaço físico disponível, resistência social, complexidade de integração com outros sistemas urbanos, necessidade de manutenção constante das estruturas, entre outros desafios. Portanto, é essencial adotar abordagens integradas, considerando as particularidades locais, e buscar soluções adaptadas a cada contexto urbano.

A Figura 58 mostra as segmentações gerais das técnicas compensatórias supracitadas, bem como alguns exemplos de medidas estruturais e não estruturais a elas associados.

Figura 58 – Técnicas compensatórias e suas segmentações.



Fonte: Baptista et al., 2007; Baptista et al., 2005; Righetto, 2009; adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

20. MEDIDAS ESTRUTURAIS

Dentro do contexto da drenagem urbana e manejo das águas pluviais, as medidas estruturais englobam as intervenções físicas e obras de engenharia que visam controlar o escoamento das águas pluviais em áreas urbanizadas. Essas medidas podem ser classificadas em duas categorias principais, de acordo com seus objetivos (CANHOLI, 2014):

Medidas Intensivas:

- Aceleração do escoamento: inclui a canalização de córregos e rios, construção de galerias e tubulações para aumentar a velocidade de escoamento das águas pluviais;



- Retardamento do fluxo: envolve a criação de reservatórios, como bacias de detenção ou retenção, e a restauração de calhas naturais para diminuir a velocidade de escoamento e reter temporariamente as águas pluviais;
- Desvio do escoamento: compreende a construção de túneis de derivação e canais de desvio para redirecionar o fluxo das águas pluviais em determinadas áreas urbanas;
- Medidas de proteção contra inundações: são ações individuais ou estruturais para tornar as edificações mais resistentes a inundações e alagamentos.

Medidas Extensivas:

- Pequenos armazenamentos: são intervenções menores, como bacias de retenção em áreas verdes, que permitem o acúmulo temporário das águas pluviais e sua posterior infiltração no solo;
- Recomposição da cobertura vegetal: envolve o plantio de vegetação nativa ou outras práticas de paisagismo que promovam a infiltração das águas pluviais e reduzam o escoamento superficial;
- Controle de erosão do solo: são ações para evitar a degradação do solo, como o uso de técnicas de terraceamento e contenção, para reduzir o carreamento de sedimentos para os sistemas de drenagem.

O Quadro 9 mostra a relevância das condicionantes do meio físico para a implementação de diferentes medidas estruturais.

Quadro 9 – Importância relativa de restrições à implantação e à operação das técnicas.

TÉCNICA	RESTRICÕES À IMPLANTAÇÃO E À OPERAÇÃO DAS TÉCNICAS					
	Permeabilidade do solo	Declividade	Proximidade do lençol	Proximidade leito rochoso	Restrições uso do solo	Aporte de sólidos
Bacia de detenção	+	+	+	++	+++	++
Bacia de infiltração	+++	+	+++	+++	+++	+++
Valas e valetas de detenção	+	++	+	++	++	++
Valas e valetas de infiltração	+++	+++	+++	+++	++	+++



TÉCNICA	RESTRICÕES À IMPLANTAÇÃO E À OPERAÇÃO DAS TÉCNICAS					
	Permeabilidade do solo	Declividade	Proximidade do lençol	Proximidade leito rochoso	Restrições uso do solo	Aporte de sólidos
Pavimentos porosos	++	+++	++	+	+	+++
Revestimentos permeáveis	++	+++	++	+	+	+++
Trincheiras de detenção	+	++	++	++	++	+
Trincheiras de infiltração	+++	+	+++	+++	++	+
Poços de infiltração	+++	+	+++	+++	++	+
Telhados armazenadores	+	+	+	+	+	+
Reservatórios individuais	+	+	++	++	+	+

+++ = grande importância; ++ = média ou possível importância; + = importância pequena ou nula.

Fonte: Baptista et al, 2005. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Já o Quadro 10 mostra a possibilidade de uso das diferentes técnicas.

Quadro 10 – Possibilidades de uso das técnicas.

TÉCNICA	ÁREA DE DRENAGEM CONTROLADA	CONTROLE DE VAZÃO DE PICO			Controle de volumes	Recarga do lençol	Reúso direto	Controle de erosão a jusante
		(TEMPO DE RETORNO - ANOS)						
		1 - 2	1 - 10	1 - 100				
Bacia de detenção / retenção	Grande (> 16 ha)	P	P	V	N	N	V	V
Bacia de infiltração	Média	P	P	V	P	P	V	P
Valas e valetas de detenção	Pequena - média	V	N	N	N	N	N	N
Valas e valetas de infiltração	Pequena - média	V	N	N	P	P	N	V
Pavimentos porosos	Pequena - média	P	N	N	V	V	N	V
Revestimentos permeáveis	Pequena - média	V	N	N	V	V	N	V
Trincheiras de detenção	Pequena (< 4 ha)	V	V	N	N	N	N	N



TÉCNICA	ÁREA DE DRENAGEM CONTROLADA	CONTROLE DE VAZÃO DE PICO			Controle de volumes	Recarga do lençol	Reúso direto	Controle de erosão a jusante
		(TEMPO DE RETORNO - ANOS)						
		1 - 2	1 - 10	1 - 100				
Trincheiras de infiltração	Pequena	V	V	N	V	V	N	V
Poços de infiltração	Pequena	V	N	N	V	V	N	V
Telhados armazenadores	Pequena	V	N	N	N	N	V	V
Reservatórios individuais	Pequena	P	V	N	N	N	V	V

P = geralmente possível; V = pode ser possível; N = nunca ou usualmente impossível.

Fonte: Baptista *et al*, 2005. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

20.1. DETENÇÃO E RETENÇÃO

Os dispositivos de detenção e retenção são componentes utilizados na drenagem urbana para controlar o fluxo e o volume das águas pluviais. Eles são projetados para captar, armazenar temporariamente e liberar gradualmente a água excedente durante eventos de chuva, contribuindo para a redução dos picos de escoamento e minimizando os riscos de enchentes.

Segundo Canholi (2014), os dispositivos de detenção são projetados para armazenar temporariamente a água pluvial em determinados pontos do sistema de drenagem. Eles têm a função de retardar o escoamento e liberá-lo de forma controlada ao longo do tempo. Esses dispositivos são adequados para reduzir o pico de vazão durante eventos de chuva intensa, evitando sobrecargas no sistema de drenagem e minimizando os riscos de enchentes.

As principais condicionantes para a aplicabilidade dos dispositivos de detenção incluem a disponibilidade de espaço físico adequado, a topografia do terreno, a capacidade de armazenamento necessária e a viabilidade técnica e econômica de implantação. São mais adequados para locais onde há espaço disponível para a implantação do dispositivo, como parques, áreas verdes, ou mesmo em espaços subterrâneos, como tanques de detenção. (CANHOLI, 2014).



Já os dispositivos de retenção têm a função de armazenar permanentemente a água pluvial, geralmente em áreas mais amplas, como lagoas ou reservatórios. Eles são projetados para reter grandes volumes de água, controlar o escoamento ao longo do tempo e promover a infiltração no solo ou a evaporação gradual da água armazenada. Esses dispositivos são indicados para o controle de enchentes em áreas mais amplas e para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos (CANHOLI, 2014).

As condicionantes para a aplicabilidade dos dispositivos de retenção envolvem aspectos como disponibilidade de espaço adequado, qualidade do solo para infiltração, necessidade de controle de qualidade da água retida e aspectos legais e ambientais. Os dispositivos de retenção devem ser projetados para manter uma lâmina d'água constante e, assim, possibilitar a infiltração da água no solo, contribuindo para a recarga de aquíferos e a melhoria da qualidade da água. São mais indicados para áreas onde a disponibilidade de espaço é limitada, pois podem ser integrados a áreas urbanas, como estacionamentos, praças ou calçadas, através de bacias de retenção, poços de infiltração ou sistemas de tratamento de águas pluviais (CANHOLI, 2014).

20.2. ÁREA DISPONÍVEL PARA INSTALAÇÃO OU AMPLIAÇÃO DOS DISPOSITIVOS

A análise do espaço físico disponível para a implementação ou ampliação dos dispositivos de macrodrenagem foi realizada por meio de ferramentas de geoprocessamento e da base cartográfica produzida na fase de diagnóstico. Nesse processo, as áreas foram divididas em três tipos distintos: infiltração, retenção e detenção. Como critérios para determinar as áreas foram levados em consideração o zoneamento urbano, a posição das mesmas em relação aos corpos hídricos e fluxos de drenagem, a urbanização das microbacias, a localização dos pontos críticos e os projetos de loteamento aprovados ou em análise para implantação.

As áreas de infiltração foram determinadas preferencialmente onde já existe a presença de vegetação densa consolidada, na cabeceira dos corpos hídricos e início dos fluxos de drenagem, longe de fontes pontuais de poluição e em locais com vegetação rasteira que já são utilizados para equipamentos públicos ou socialização e convivência, como praças, quadras, campos de futebol e afins.



As áreas de retenção foram locadas visando a construção de dispositivos *on-line*, ou seja, nos próprios corpos hídricos, geralmente usando bacias de retenção ou áreas alagadas construídas para favorecer tanto o amortecimento dos picos de cheia como a infiltração das águas pluviais e a recarga das águas subterrâneas.

Já as áreas de detenção foram locadas com o objetivo da implementação de dispositivos *off-line*, ou seja, fora da linha de drenagem dos corpos hídricos, acumulando e reservando volumes de água pluvial apenas durante os eventos de tormenta e liberando-os após a normalização dos níveis dos canais principais de macrodrenagem. Identificou-se preferencialmente vazios urbanos em áreas com pouco espaço disponível para infiltração ou retenção e/ou próximos a fontes pontuais e difusas de contaminação.

Insta salientar que as áreas identificadas não representam necessariamente as dimensões dos dispositivos a serem implementados, apenas sua disponibilidade e disposição. Tais áreas serão disponibilizadas em arquivos *shapfile* para poderem ser trabalhadas pelos setores de geoprocessamento da prefeitura e facilitar a tomada de decisão sobre sua melhor utilização.

20.2.1. Microbacia do Alto Ribeirão Tatu

A Microbacia do Alto Ribeirão Tatu abrange uma área de aproximadamente 2748 hectares (ha) e, segundo o diagnóstico, necessita de no mínimo 82,44ha para construção de dispositivos de amortecimento. A análise espacial da bacia identificou um total de 31,50ha de áreas possíveis para dispositivos de detenção e 59,93ha para retenção, resultando em 91,43ha de área disponível, além de 186,32ha (6,7%) para infiltração, como mostra o mapa da Figura 59.

- Ponto crítico 01

Localizado na Avenida Araras, próximo à indústria CPKelco, caracterizado pela passagem de via sob a linha férrea, com o rebaixamento do ponto crítico em mais de 2 metros em relação às vias adjacentes. Possui boca coletora no local, contudo, a mesma não é suficiente para a vazão gerada, além do nível da via estar muito próximo



ao nível do canal, o que causa afogamento do dispositivo durante a subida de nível d'água do mesmo.

Como medida para mitigação com vistas à solução do problema, indica-se:

- Melhoria do sistema de microdrenagem - revisão da capacidade do sistema de microdrenagem, com possível ampliação da rede de GAP para distribuição da vazão de chegada em mais de um ponto, aliviando assim o volume a ser escoado neste ponto; (Medida citada no PMSB, 2013)
- Implantação de sistema de bombeamento mecânico: quando verificada situação de alagamento da passagem sob a ferrovia, propõe-se a realização de estudo para implantação de um sistema de bombeamento, para aumento da capacidade de vazão do sistema de drenagem implantado; (Medida citada no PMSB, 2013)
- Priorização de implantação das estruturas de detenção, retenção e infiltração nas áreas identificadas da microbacia, principalmente na porção norte e noroeste, diminuindo assim o volume que chega a este ponto e/ou aumentando o tempo de escoamento das águas, favorecendo assim o desague no Ribeirão Tatu.

- Ponto crítico 02

Localizado na Rua Antônio Lucato, adjacente ao comércio atacadista Madei-forte, onde há a saída da rede de Galerias de Águas Pluviais (GAP) e desague do Córrego Granja Machado para o Ribeirão Tatu.

Este ponto crítico, já identificado em 2013 pelo PMSB, necessita atenção haja vista a temporalidade do problema e a área que envolve, pois não só o ponto de final no córrego no Ribeirão Tatu apresenta alagamento, mas sim uma extensa parte a montante. Assim, indica-se:

- Avaliação e manutenção da galeria no Córrego Granja Machado; (Medida citada no PMSB, 2013)
- Melhoria do sistema de microdrenagem: revisão da capacidade do sistema de microdrenagem, com possível ampliação da rede de GAP para distribuição da vazão de chegada em mais de um ponto, aliviando assim o volume a ser escoado neste ponto; (Medida citada no PMSB, 2013)



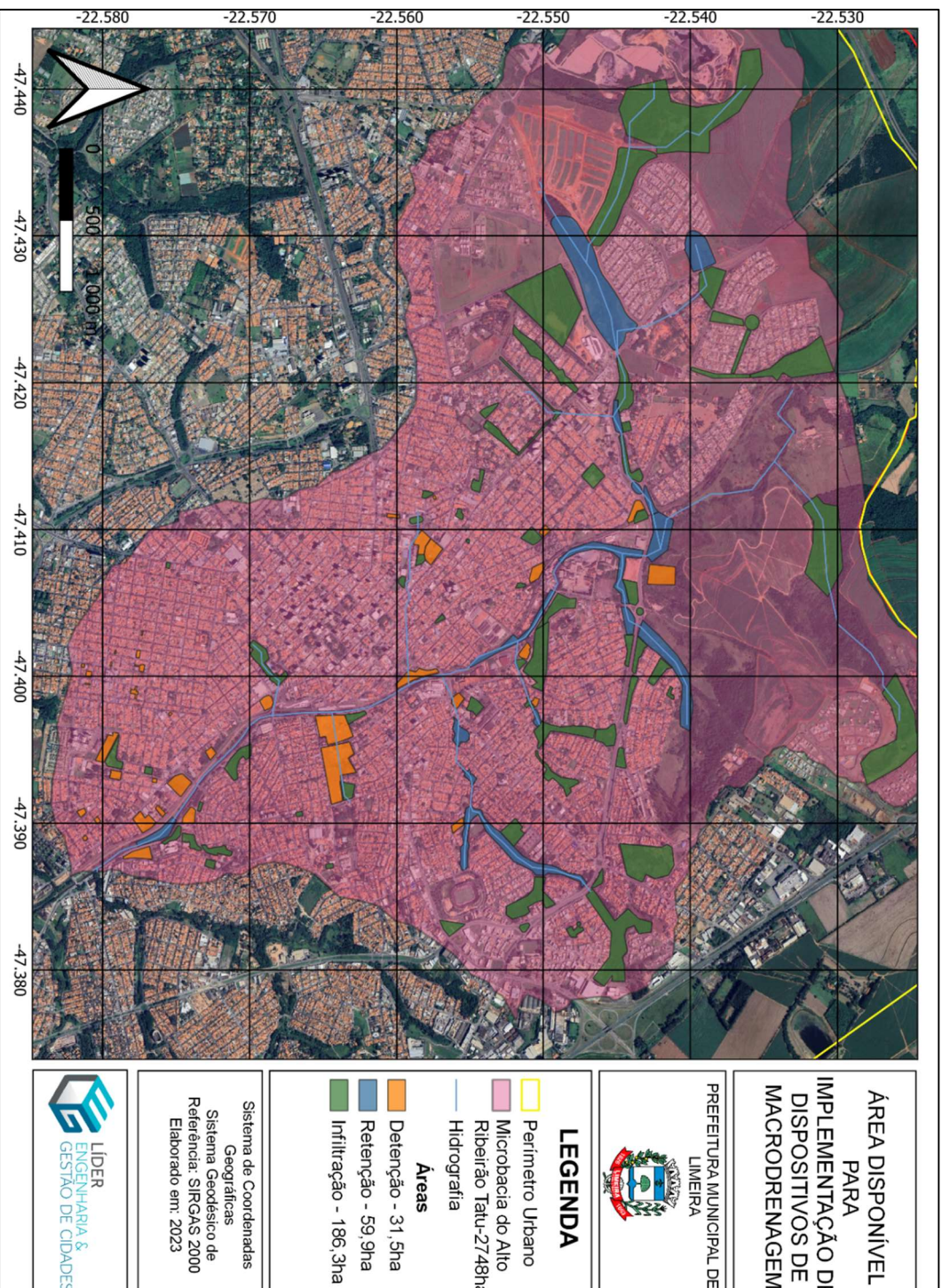
- Estudo de implantação das estruturas de infiltração nas áreas identificadas da microbacia, principalmente na porção leste, diminuindo assim o volume que chega a este ponto e/ou aumentando o tempo de escoamento das águas, favorecendo assim o desague no Ribeirão Tatu.
- Ponto crítico 03

Localizado na área da baixada do Mercado Modelo, apresenta problemas, tanto devido à canalização do Córrego Lava-Pés e a alta urbanização sobre o mesmo, quanto a topografia e rede de GAP, que faz com que um grande volume da água pluvial da microbacia seja direcionado para o local.

Para solucionar o problema de alagamentos nesta área, já está em fase de execução a construção de mais duas bacias de retenção, ou “piscinões”, com capacidade de armazenamento de aproximadamente 10 mil m³.



Figura 59 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem - Alto Tatu.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



20.2.2. Microbacia do Córrego do Varga

A Microbacia do Córrego do Varga possui uma área aproximada de 532,91 hectares. De acordo com o diagnóstico, é necessário reservar pelo menos 16 hectares para dispositivos de amortecimento. A análise espacial identificou um total de 11,77 hectares para dispositivos de detenção e 20,91 hectares para de retenção, totalizando uma área disponível de 32,68 hectares. Além disso, a bacia apresenta 36,18 hectares (6,8% da área total) destinados à infiltração, conforme representado no mapa da Figura 60.

Mesmo não havendo pontos críticos diretamente inseridos nesta microbacia, a implantação dos dispositivos de detenção e áreas de infiltração pode colaborar no controle de problemas relacionados ao Ribeirão Tatu, uma vez que se terá um maior controle do volume escoado desta microbacia e que é lançado no Ribeirão.

- Ponto crítico 05

Localizado na Avenida Campinas, corresponde a uma passagem de via sob a linha férrea, com cota da via na depressão muito próxima da cota do nível d'água e nesse ponto existe a convergência dos exutórios de 2 microbacias (Alto Tatu e Varga)

Como medidas estruturais de melhoria tem-se:

- Melhoria do sistema de microdrenagem: revisão da capacidade do sistema de microdrenagem, com possível ampliação da rede de GAP para distribuição da vazão de chegada em mais de um ponto, aliviando assim o volume a ser escoado neste ponto; (Medida citada no PMSB, 2013)
- Implantação de sistema de bombeamento mecânico: quando verificada situação de alagamento da passagem sob a ferrovia, propõe-se a realização de estudo para implantação de um sistema de bombeamento, para aumento da capacidade de vazão do sistema de drenagem implantado; (Medida citada no PMSB, 2013)
- Como verificado no PMSB de 2013 e corroborado agora, uma das possíveis causas para o extravasamento do curso d'água neste ponto pode ser o estrangulamento do Ribeirão Tatu sob a Ponte Preta. Tendo em vista a importância da via, pode-



se realizar estudo para adequação da estrutura a fim de não atrapalhar o escoamento das águas em tempos de grandes volumes de chuvas.

20.2.3. Microbacia Barroca Funda

A Microbacia Barroca Funda abrange uma área de aproximadamente 1.071,41 hectares. Segundo o diagnóstico realizado, é necessário reservar no mínimo 32 hectares para a construção de dispositivos de amortecimento. A análise espacial da bacia identificou um total de 13,32 hectares de áreas possíveis para dispositivos de detenção e 54,70 hectares para dispositivos de retenção, resultando em uma área disponível de 68,02 hectares. Além disso, há 51,57 hectares (4,8% da área total) destinados à infiltração, conforme indicado no mapa da Figura 61.

- Ponto crítico 04

Localizado no encontro da Rua Ângelo Celeguin com a Avenida Eduardo Peixoto - Rotatória Roberto Antunes de Campos, já recebeu uma intervenção estrutural com o objetivo de sanar os problemas de drenagem das águas pluviais restando a avaliação da efetividade destas estruturas.

No entanto, é indicado o estudo e posterior implantação de áreas de infiltração nos pontos indicados, principalmente nas porções norte e sudoeste, para possível redução do escoamento nas áreas a jusante.

- Ponto crítico 07

Localizado no bairro do Complexo Vila Cláudia apresenta problemas de drenagem relacionados ao modelo de loteamento e construção, interferindo no escoamento das águas pluviais sendo quase em sua totalidade superficial.

Para controle e alívio no escoamento das águas nesta área, propõe-se:

- Melhoria do sistema de microdrenagem: revisão da capacidade do sistema de microdrenagem, com possível ampliação da rede de GAP para distribuição da vazão;



- Estudo de implantação de estrutura de retenção na área identificada na Figura 61, próxima a região central da microbacia e situada ao sul do Complexo.

20.2.4. Microbacia do Médio Ribeirão Tatu

Já a microbacia do Médio Ribeirão Tatu possui uma área de aproximadamente 2.109,24 ha e, segundo o diagnóstico, necessita de no mínimo 63,00 ha para construção de dispositivos de amortecimento. A análise espacial da bacia identificou um total de 36,50 ha de áreas possíveis para dispositivos de retenção e 109,68 ha para de retenção, resultando em 146,18 ha de área disponível, além de 132,63 ha (6,2%) para infiltração, como mostra o mapa da Figura 62.

- Ponto crítico 06

Localizado na Rua Comendador Jamil Abraão Saad, possui a cota da rua muito próxima à cota do corpo hídrico adjacente. Nas visitas técnicas de diagnóstico o córrego lindeiro passava por desassoreamento e o material resultante desse processo era alocado nas margens, como uma estrutura improvisada de dique.

Como medidas de estruturação para mitigação do problema, orienta-se:

- Estudo e implantação de dique estruturado para contenção das águas;
- Estudo de implantação das estruturas de retenção e infiltração nas áreas identificadas da microbacia, principalmente na porção norte – região onde está situado o ponto crítico, diminuindo assim o volume que chega a este ponto e/ou aumentando o tempo de escoamento das águas, favorecendo assim o desague no Ribeirão Tatu.

As microbacias mencionadas anteriormente são caracterizadas por apresentarem altos níveis de urbanização e impermeabilização do solo, além de abrigarem todos os pontos críticos de inundação identificados durante a fase de diagnóstico. É importante ressaltar que a microbacia do Médio Ribeirão Tatu, dentre as mencionadas acima, é aquela que possui a maior extensão de área ainda não urbanizada. Não obstante, essa microbacia também é a que concentra o maior número de projetos de



loteamentos aprovados ou em processo de aprovação, configurando-se como a principal área destinada à expansão urbana no horizonte do projeto do presente Plano.

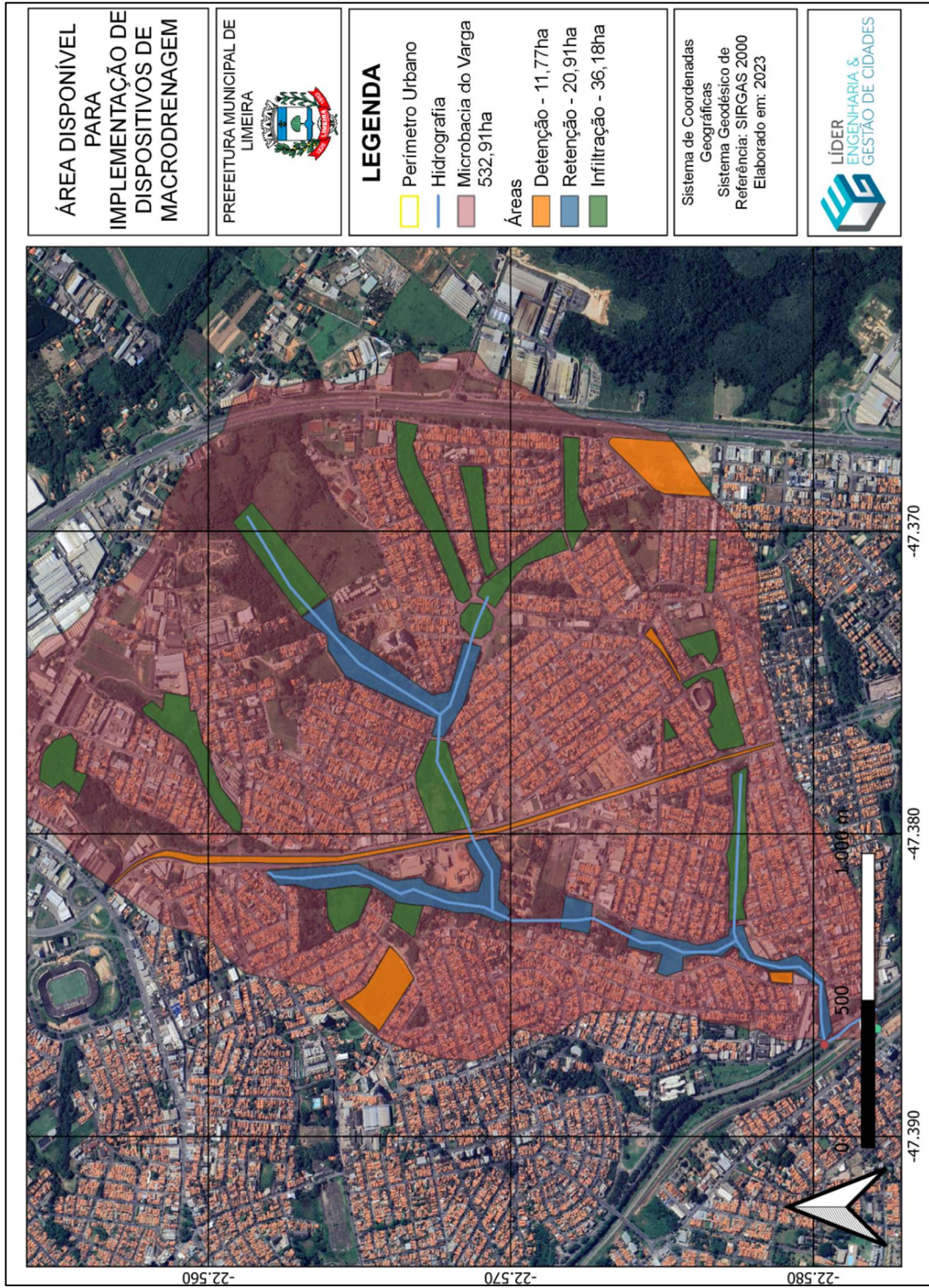
20.2.5. Microbacia do Córrego Granufo

A microbacia do Córrego Granufo abrange uma área de aproximadamente 1.139,40 ha e, segundo o diagnóstico, necessita de pelo menos 34,18 ha para implementação de dispositivos de amortecimento. A análise espacial identificou um total de 11,66 ha para dispositivos de detenção e 19,15 ha para de retenção, totalizando uma área disponível de 44,34 ha. Além disso, a bacia apresenta 94,59 hectares (8,3% da área total) destinados à infiltração, conforme representado no mapa da Figura 63. Essa microbacia possui grandes áreas com loteamentos aprovados ou em análise para implementação e também merece destaque quanto à direção da expansão da malha urbana.

20.2.6. Microbacia do Baixo Tatu

A microbacia do Baixo Tatu é composta, em sua maior parte, por área rural, com muito baixa ocupação e nenhum loteamento aprovado ou em análise para aprovação. Para essa microbacia foram delimitadas apenas as áreas de infiltração e a APP do Ribeirão Tatu, que deve ser respeitada integralmente, de acordo com a legislação federal. O mapa da Figura 64 salienta a pequena área do perímetro urbano que está inserida na microbacia, bem como mostra a delimitação da APP de algumas áreas de infiltração na cabeceira dos corpos hídricos e fluxos de drenagem.

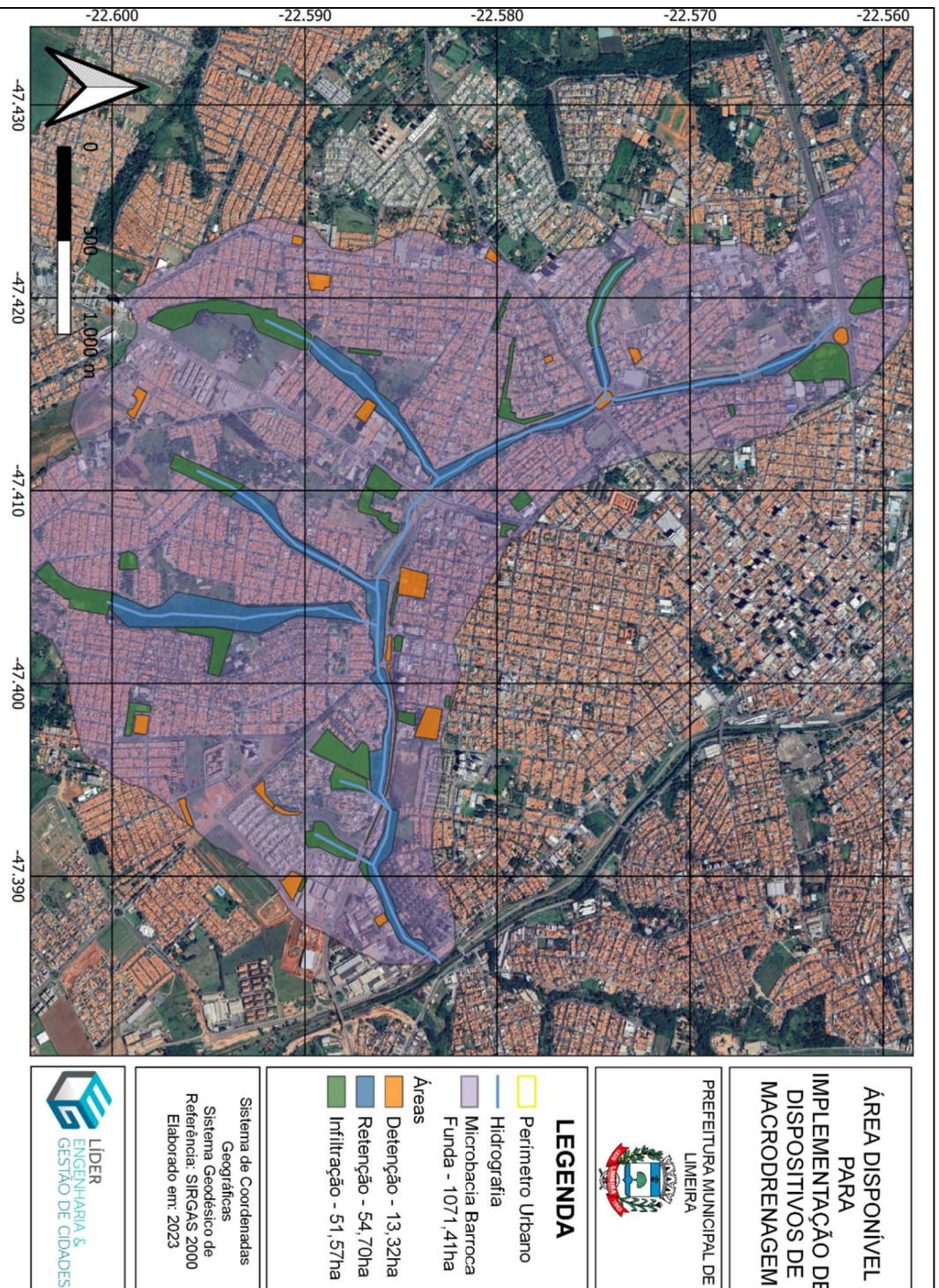
Figura 60 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem – Varga.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023

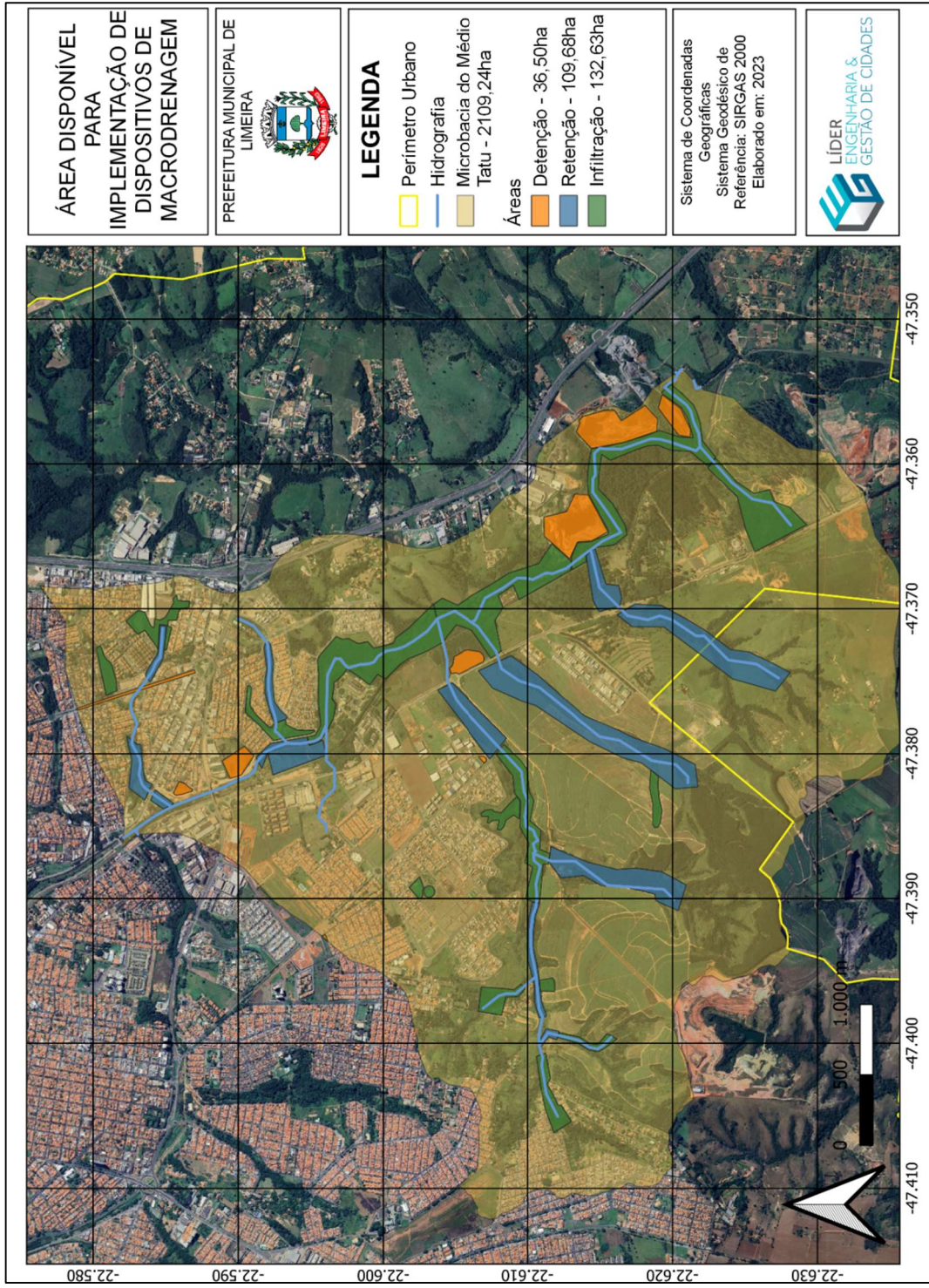


Figura 61 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem – Barroca Funda.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

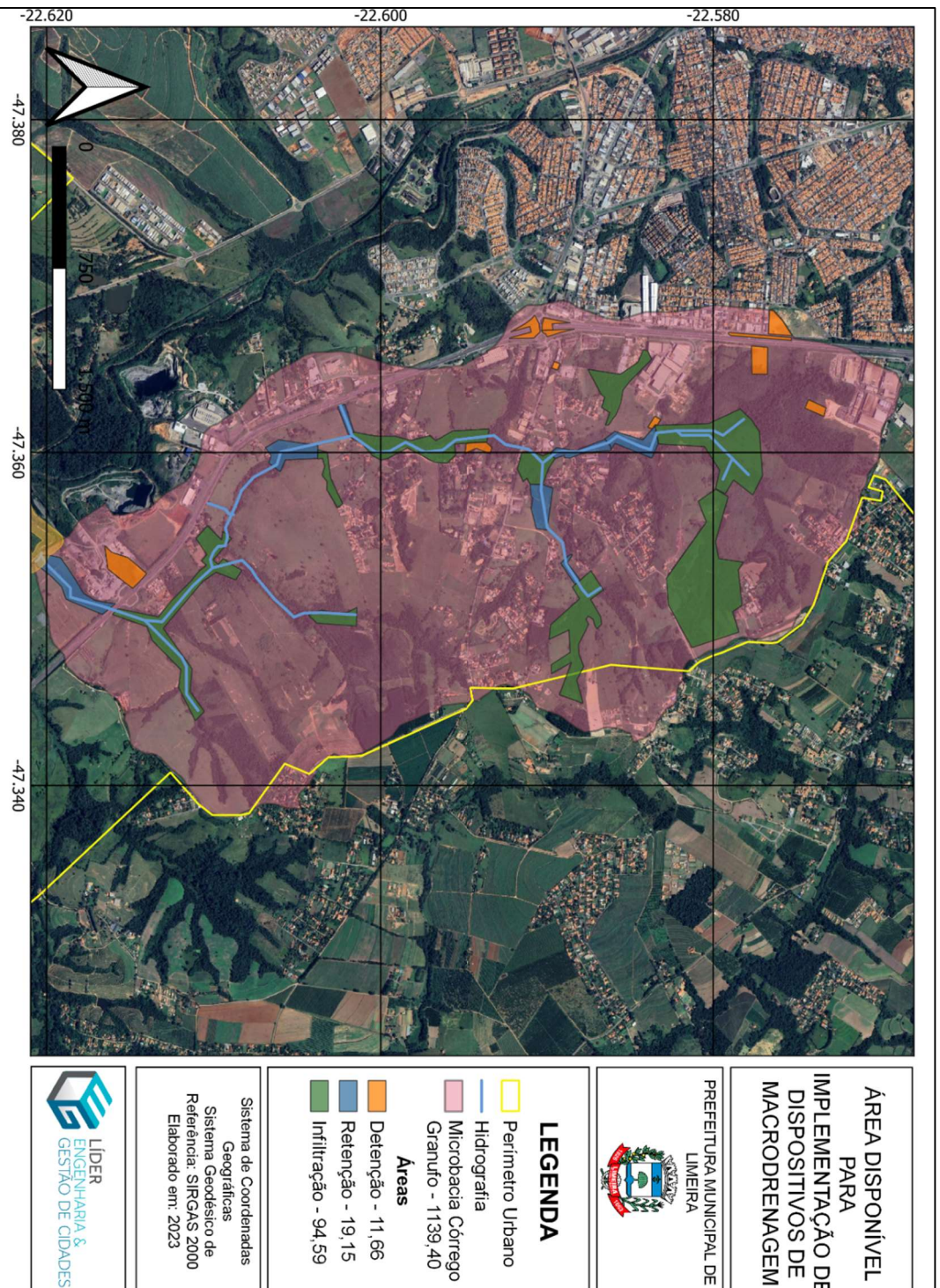
Figura 62 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem – Médio Tatu.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

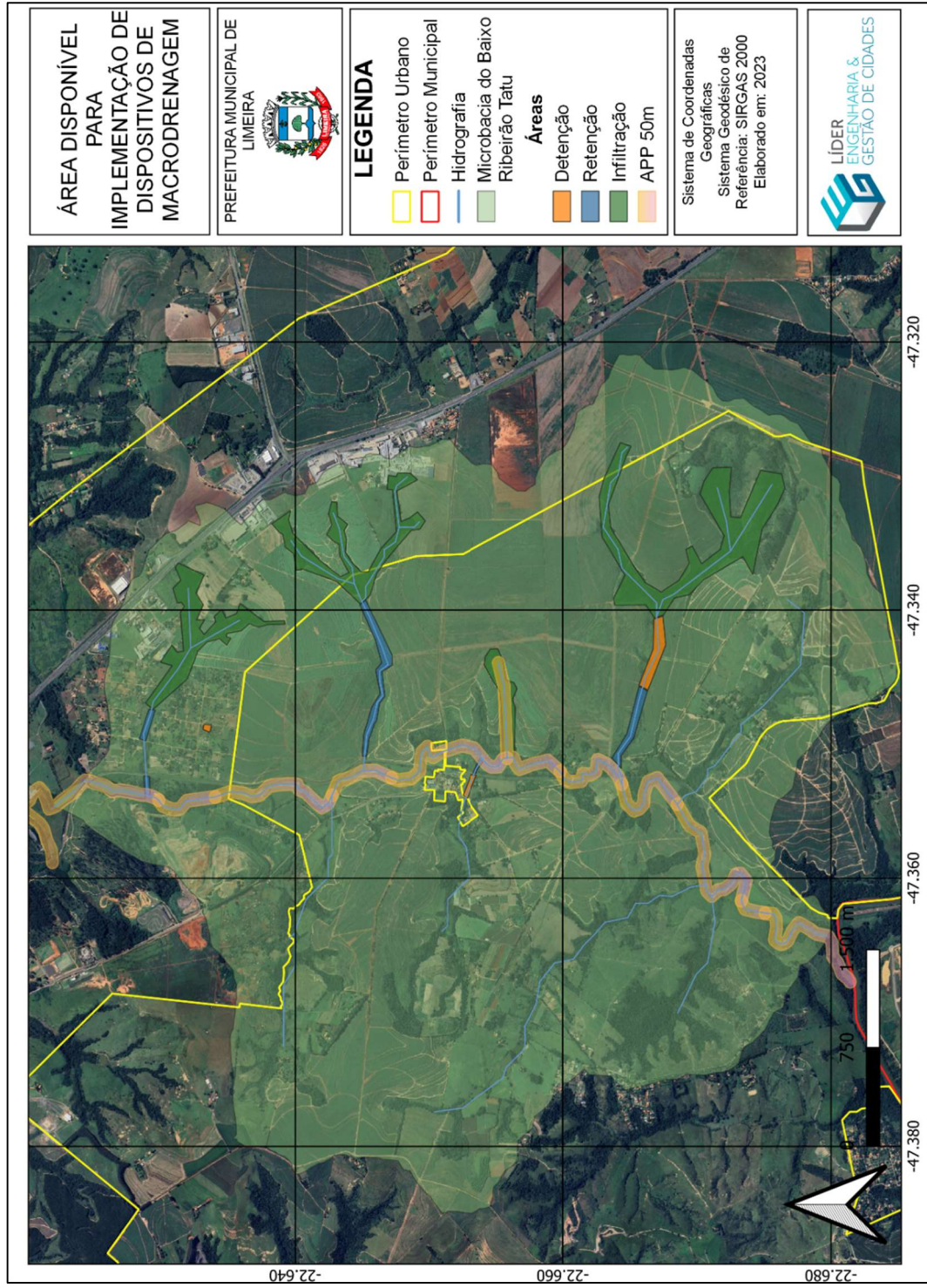


Figura 63 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem – Granufo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 64 – Área disponível para implementação de dispositivos de macrodrenagem – Baixo Tatu.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



20.3. INFILTRAÇÃO NA FONTE

O sistema de drenagem pluvial pode adotar o uso de superfícies permeáveis para facilitar a infiltração da água no solo, reduzindo o impacto do escoamento a jusante. A presença de vegetação nessas superfícies permite a remoção de certos tipos de poluentes, atuando como um filtro biológico. Dentro desses sistemas, é possível reter temporariamente o escoamento por meio de estruturas de represamento em série. A utilização de superfícies vegetadas, como gramados, é recomendada para áreas residenciais, fundos de lotes ou acostamentos de vias, substituindo as soluções tradicionais de drenagem (CANHOLI, 2014).

Devido à mudança do antigo paradigma higienista da drenagem para o paradigma atual, sustentável, nos últimos anos, essa metodologia tem sido aplicada mais frequentemente. A disposição no local é um tipo de reservação das águas precipitadas que visa principalmente o controle em lotes residenciais e vias de circulação. Constitui-se por obras ou dispositivos que facilitem a infiltração e percolação das águas coletadas diretamente no local onde se encontram (CANHOLI, 2014).

O principal objetivo dessa metodologia é a redução dos picos de vazão veiculados para a rede de drenagem. São vantagens adicionais desse tipo de detenção na fonte a possibilidade de aproveitamento dessas águas para usos diversos menos restritivos, a recarga de aquíferos e a diminuição da poluição difusa carregada pelos escoamentos superficiais.

Os dispositivos de infiltração utilizados, segundo Nakamura (1988), podem ser divididos em dois grupos principais: métodos dispersivos e métodos em poços. Os métodos dispersivos englobam os dispositivos pelos quais a água superficial se infiltra no solo. Já os métodos em poços são aqueles em que ocorre a recarga do nível subterrâneo pelas águas da superfície.

Os métodos dispersivos estão sujeitos a inevitável colmatagem ao longo do tempo de sua vida útil e são recomendados para casos em que há maior disponibilidade de área para implantação. Os principais dispositivos dispersivos são descritos a seguir:

- Superfícies de infiltração: considerado o método mais simples para disposição no local, consiste em deixar que as águas superficiais percorram uma área coberta



por vegetação. Em terrenos com subsolo argiloso ou pouco permeável pode-se instalar subdrenos para evitar acúmulo de água parada.

- Trincheiras de percolação: as trincheiras de percolação são construídas por meio do preenchimento de uma pequena vala com meio granular para infiltração e/ou detenção do escoamento superficial. Geralmente é instalada juntamente com manta geotêxtil de porosidade maior que a do solo para promover o pré-tratamento da água infiltrada. Para fins de projeto, geralmente são dimensionadas com largura e profundidade de 1 a 2m e comprimento variável. O material granular tem diâmetro aproximado de 40 a 60mm de forma que a porosidade resulte em pelo menos 30%;
- Valetas de infiltração abertas: constituem-se de valetas revestidas com vegetação, geralmente grama, adjacentes a ruas e estradas, ou próximas a áreas de estacionamento para facilitar a infiltração. Podem ou não ser complementadas por trincheiras de percolação ou alagados construídos, formando pequenos bolsões de retenção denominadas valetas úmidas. A vegetação promove a melhoria da qualidade da água e também ajuda a diminuir sua velocidade de escoamento. Para fins de projeto, são dimensionadas com largura de até 2m, margens com inclinação 3:1 e declividade longitudinal de 1%;
- Lagoas de infiltração: constituem-se de pequenas bacias de detenção especialmente projetadas que facilitam a infiltração pelo aumento do tempo de detenção. Possuem nível de água permanente e um volume de espera.
- Bacias de percolação: usadas desde a década de 70 para a disposição de águas de drenagem, as bacias de percolação são constituídas pela escavação de uma valeta preenchida com brita ou cascalho e posteriormente reaterrada. O material granular promove a reservação temporária do escoamento, enquanto a percolação se processa lentamente para o subsolo. Para fins de projeto, são dimensionadas com uma profundidade de até 0,6m e grãos de dimensão de 0,5 a 1mm com uma razão mínima entre comprimento e largura de 2:1;
- Pavimentos porosos: também conhecidos como pavimentos permeáveis, constituem-se normalmente de pavimentos de asfalto ou concreto convencionais dos quais foram retiradas as partículas mais finas e construídos sobre camadas permeáveis, geralmente bases de material granular. Uma variação de pavimento poroso pode ser obtida com a implantação de elementos celulares de concreto sobre uma base

granular. Para evitar a passagem de partículas mais finas, usualmente coloca-se mantas geotêxteis entre a base e o pavimento.

- **Poços de Infiltração:** medida de detenção na fonte mais indicada quando a disponibilidade de área para implantação é baixa, geralmente quando a urbanização, já consolidada, não permite a utilização das medidas dispersivas para aumento de infiltração. Para serem eficientes, os poços devem ser instalados em locais onde a altura do lençol freático se encontre suficientemente baixa em relação a superfície do terreno e o subsolo possua camadas arenosas.

A Figura 65 e a Figura 66 mostram algumas das técnicas supracitadas.

Figura 65 – Diferentes dispositivos de detenção e infiltração na fonte.



Fonte: Tucci, 2003.

Figura 66 – Poço de infiltração, vala de infiltração, trincheira de infiltração e filtro gramado.



Fonte: Lucas et al., 2015.



20.4. RECUPERAÇÃO DE MATAS CILIARES E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

A preservação e recuperação das matas ciliares e Áreas de Preservação Permanente (APP) desempenham um papel crucial na drenagem urbana e no manejo das águas pluviais. A mata ciliar refere-se à vegetação natural presente nas margens dos corpos hídricos, como rios, córregos e lagos, enquanto as APPs são espaços que possuem uma função ambiental importante, como garantir a proteção dos recursos hídricos e a preservação dos ecossistemas.

A importância da mata ciliar reside em seu significado multifuncional. Ela atua como uma barreira natural que filtra os sedimentos e resíduos provenientes das áreas urbanas, evitando sua chegada aos corpos d'água. Esses sedimentos e resíduos são frequentemente transportados pela água da chuva, carregando consigo poluentes e substâncias nocivas. A vegetação da mata ciliar tem a capacidade de reter esses elementos, promovendo a melhoria da qualidade da água.

Além disso, as matas ciliares desempenham um papel vital na regulação do fluxo de água. Suas raízes ajudam a estabilizar as margens dos rios, evitando a erosão do solo e o assoreamento dos cursos d'água. Ao absorver e armazenar água, a mata ciliar contribui para o controle de enchentes e inundações, mitigando os impactos das chuvas intensas.

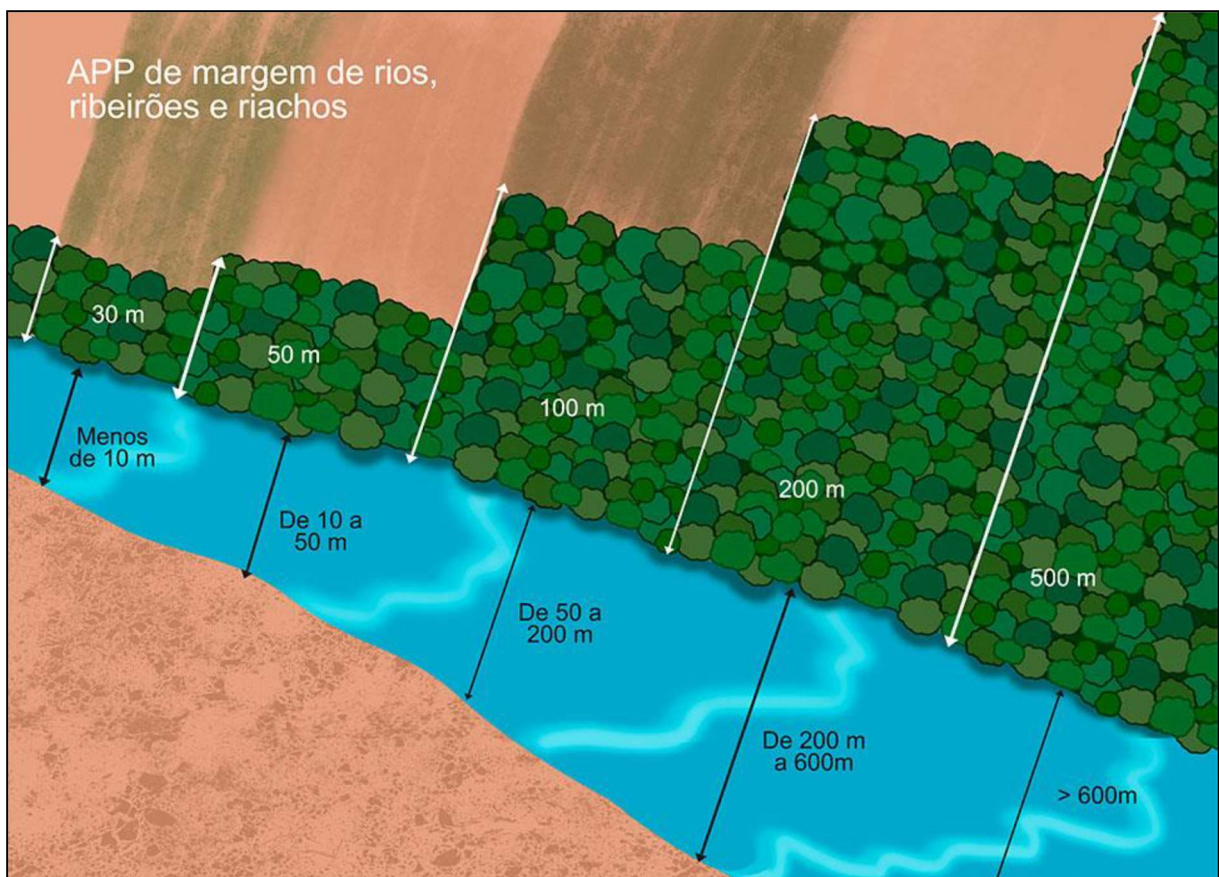
A preservação das APPs também é essencial para evitar a ocupação irregular desses espaços. A ocupação inadequada das margens dos rios e das áreas de proteção compromete a integridade dos ecossistemas e interfere na capacidade de absorção e retenção de água. A urbanização desordenada pode resultar no aumento do escoamento superficial, sobrecarregando o sistema de drenagem e causando problemas como enchentes e deslizamentos de terra.

Portanto, investir na recuperação e preservação das matas ciliares e APPs é fundamental para a sustentabilidade das áreas urbanas. Essas medidas contribuem para a melhoria da qualidade da água, o controle de enchentes, a conservação da biodiversidade e a proteção dos recursos naturais. Além disso, promovem uma melhor qualidade de vida para as comunidades, evitando riscos e prejuízos causados por eventos climáticos extremos e ocupações irregulares.

É importante destacar que a conscientização da população e a implementação de políticas de proteção ambiental são fundamentais para garantir a preservação dessas áreas. Ações como o reflorestamento, a fiscalização do uso do solo e a educação ambiental são medidas complementares que fortalecem a importância da recuperação das matas ciliares e APPs na drenagem urbana e no manejo das águas pluviais.

A recuperação deve se atentar para o estabelecido de acordo com a legislação pertinente para APPs, Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, quanto o tamanho das faixas de proteção, a Figura 67 explicita a relação entre a largura do leito do rio e o tamanho da APP.

Figura 67 – Áreas de Preservação Permanente - APPs



Fonte: Ciflorestas, 2021.

A recuperação deve ser feita com espécies nativas do bioma em que a bacia está inserida. Além disso, pressupor uma futura urbanização, e mais adiante, a possibilidade de criação de parques lineares para evitar a ocupação irregular nas planícies aluviais. As Áreas de Proteção Permanente (APPs) dos demais cursos hídricos que



cortam a malha urbana também devem ser recuperados, onde possível, concomitantemente à implantação dos parques lineares, sempre respeitando a largura estabelecida em lei e a escolha de espécies nativas da região.

20.5. PARQUES LINEARES

Os Parques Lineares são obras estruturadoras de programas ambientais em áreas urbanas. Buscam conciliar tanto os aspectos urbanos e ambientais como as exigências da legislação e a realidade existente. Constituem-se de áreas lineares destinadas tanto à conservação como à preservação dos recursos naturais, tendo como principal característica a capacidade de interligar fragmentos de vegetação e outros elementos encontrados em uma paisagem, assim como os corredores ecológicos. Contudo, neste tipo de parque, têm-se a agregação de funções de uso público, como atividades de lazer, cultura e rotas de locomoção não motorizada, como ciclovias e caminhos de pedestres (ABCP, 2013).

Segundo Secretaria do Verde e Meio Ambiente da Prefeitura do Município de São Paulo e o Laboratório de Habitação e Assentamentos Humanos da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (PMSP, 2006), um Parque Linear se caracteriza fundamentalmente como uma intervenção urbanística associada à rede hídrica, em fundo de vale, mais especificamente na planície aluvial, e tem como objetivos:

- Proteger ou recuperar os ecossistemas lindeiros aos cursos e corpos d'água;
- Conectar áreas verdes e espaços livres de um modo geral;
- Controlar enchentes;
- Prover áreas verdes para o lazer.

Quanto ao manejo de águas pluviais, o parque linear tem como um de seus princípios fundamentais proteger a área de várzea dos rios, permitindo assim, o funcionamento natural das zonas de inundação e a vazão mais lenta da água durante as cheias. Além do mais, ajudam a evitar a ocupação humana irregular em áreas de proteção ambiental.



As principais vantagens da criação de parques lineares urbanos são (THE DOBRIS ASSESSMENT *apud* FRIEDRICH, 2007):

- Disponibilização de áreas recreativas para as populações urbanas;
- Os parques são verdadeiros palcos naturais em meio urbano, propícios a manifestações culturais de conservação da natureza, educação ambiental e investigação científica;
- Melhoria do microclima urbano, da circulação do ar, do balanço da umidade e da captura de poeiras e gases. Possuem a potencialidade de constituir zonas tampão que melhorem o ambiente urbano em áreas industriais ou densamente urbanas;
- Locais para repouso que contribuem para a diminuição de estresse, muito frequentes em meios urbanos.

Mesmo possuindo muitas vantagens, a criação de parques lineares urbanos deve se atentar para algumas precauções, tais como: a necessidade de desapropriação e realocação de ocupações irregulares – o que pode encarecer sua implementação; a instalação de infraestrutura básica e serviços de manutenção – como iluminação e sinalização, manutenção das áreas verdes e gestão de resíduos – para o uso público; o envolvimento da comunidade na criação do parque para aumentar o sentimento de corresponsabilidade – consequentemente diminuindo o risco de depredação e; garantir a acessibilidade do parque à toda população.

Os parques lineares podem, de acordo com suas características e peculiaridades, conter, entre outros:

- Iluminação pública;
- Ciclovia;
- Equipamentos de lazer;
- Áreas para alimentação;
- Trilha de caminhada;
- Arborização paisagística ou de recuperação;
- Reservatórios para controle de cheias, com ou sem espelho d'água;
- Quadras poliesportivas;



- Academias ao ar livre;
- Equipamentos para drenagem de águas pluviais;
- Bancos e outras estruturas de repouso;
- Hortas comunitárias;
- Parquinho para crianças;
- Palcos, coretos e afins;
- Centros de Educação Ambiental;
- Pistas de skate;
- Sanitários;
- Teatros;
- Bibliotecas;
- Centros de convenções e exposições.

Nesse sentido, em função de sua composição urbanística e ambiental, o zoneamento de um Parque Linear pode ser classificado em diferentes tipologias, que privilegiem com maior intensidade um ou mais de um dos objetivos citados acima. As tipologias devem ser relacionadas tanto com a composição das áreas do parque, quanto com relação à sua inserção urbana, que deve ser relacionada com a necessidade de maior implantação de equipamentos e espaços de lazer e sociabilidade ou maior priorização da preservação ambiental com menos usos. Essa composição é dividida em três tipos de espaços diferenciados que se combinam de diferentes formas (PMSP, 2006):

- Área Core, coincidente com a Área de Preservação Permanente – APP, definida pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012;
- Zona de Amortecimento, tida como a área de transição entre a Área Core e a Zona Equipada;
- Zona Equipada, para o provimento de equipamentos de lazer e destinada ao uso público mais intenso.

A APP do corpo hídrico deve ser respeitada e destinada principalmente à preservação ambiental, sendo toda intervenção planejada para essa área passível de



licenciamento ambiental. A zona de amortecimento é aquela que integra a área de preservação com a área equipada, de maior intensidade de uso, e deve sempre acompanhar a APP, sendo permitida a criação de trilhas, continuação de caminhos verdes e implantação de equipamentos de drenagem quando necessário. A última área, a equipada, deve ser instalada onde o espaço territorial às margens do corpo hídrico seja mais amplo, evitando custos e conflitos com desapropriações e indenizações. É nessa área onde serão implementados os equipamentos de lazer e desenvolvidas as práticas de sociabilidade pertinentes às necessidades das comunidades de entorno.

A viabilização econômica dos parques lineares deve integrar os interesses públicos, sociais e ambientais aos interesses de investimento privados. A implantação dos parques tende a valorizar os empreendimentos imobiliários próximos e a construção dos últimos pode ser condicionada à estruturação dos primeiros como forma de compensação social e/ou ambiental. Vale ressaltar que a implantação dos parques deve começar primeiramente com o zoneamento e a restrição de uso das áreas, evitando sua ocupação irregular.

Deve-se também identificar as áreas críticas e a presença de moradias em áreas de APP para realização do Termo de Ajuste de Conduta – TAC, para recuperação e preservação da área. Nem toda a área do parque permitirá o uso público, sendo que a maioria dela terá como objetivo a preservação das matas ciliares e a proteção dos corpos hídricos.

20.6. EQUIPAMENTOS RETENTORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os sistemas de drenagem pluvial urbana, em função do tipo de cobertura do terreno, carregam uma quantidade variável de sedimentos. Entretanto, acabam também direcionando aos cursos d'água uma quantidade preocupante de resíduos sólidos indesejáveis, devido a fatores como disfunções urbanas de serviços, infraestrutura e condições socioeconômicas e culturais (RIGHETTO, 2009).

Dessa forma, o impacto causado pelos resíduos sólidos na drenagem urbana tem dois aspectos:



- Físico: os resíduos sólidos podem entupir ou obstruir elementos do sistema de drenagem ou diminuir sua capacidade de escoamento por depósitos e assoreamentos;
- Qualidade da água: os resíduos domésticos e industriais podem conter substâncias químicas, organismos e matéria orgânica que alteram a qualidade da água circulante nos sistemas de drenagem e nos corpos receptores.

A origem dos resíduos sólidos que impactam os sistemas de drenagem urbanos e, conseqüentemente, os corpos d'água é variada, incluindo resíduos domésticos e industriais, entulhos e sedimentos. Esses resíduos provenientes de diferentes fontes podem chegar aos cursos d'água através de quatro principais formas de transporte: por meio do sistema de drenagem existente, por transporte pelo vento e por descarte direto nos corpos hídricos.

Os resíduos depositados ao longo dos córregos podem variar de acordo com a localização, sendo influenciados pelo gradiente do canal, velocidade do fluxo de água, densidade da vegetação ripária e características do leito. Os resíduos presentes nas bacias hidrográficas podem ser transportados para grandes corpos d'água a jusante, como banhados, baías e estuários, nos quais fatores adicionais, como marés, correntes e ventos, afetam sua distribuição.

Haja vista o transporte e acúmulo de resíduos nestas áreas, faz-se necessária a adoção de medidas de controle e retenção destes materiais indesejáveis, para controle da funcionalidade do sistema de drenagem e, até mesmo, da qualidade da água.

Segundo Neves e Tucci (2008), as medidas estruturais para retenção de resíduos sólidos no sistema de drenagem atuam sobre as conseqüências. Na década de 1990 foram propostas estruturas de retenção, cuja evolução é apresentada na Figura 68.

Figura 68 – Evolução das estruturas de retenção de resíduos sólidos

Variações	Esquema	Conclusões
UYS (1994) e Wilse-nash (1994): canais laterais em conjunção com barreiras e vertedores		Acima de um valor crítico, a vorticidade provocou a passagem das partículas para jusante. Turbulência alta no final da estrutura. Modificações posteriores deixaram-na complicada
Furlong (1995): estudou as barreiras suspensas		Mostrou pouca eficiência em vazões muito baixas. Lixo capturado mais pelos vórtices a jusante da barreira
Louw (1995) E Burger e Beeslaar (1996): estudos com telas inclinadas associadas a vertedores		A turbulência no alargamento diminui a eficiência. Configurações com maiores eficiências resultaram em grandes perdas de carga
Compion (1997): configurações que envolvessem vertedores e mudanças de seções, a partir das idéias anteriores		Captura completa conseguida para números de Froude (Fr) inferiores que 0,05. Nenhuma captura a partir de Fr igual a 0,3.

Fonte: NEVES E TUCCI, 2008.

Existem diversas metodologias para a coleta de resíduos, as quais podem ser autolimpantes ou não. Nas estruturas autolimpantes, as quais têm se mostrado mais eficientes, a água corrente empurra o resíduo, limpando o separador, desviando este para um local de acumulação.

Neves e Tucci (2008), destacam alguns exemplos como a SCS (*Stormwater Cleaning Systems*) (Figura 69), cuja função é forçar o escoamento sobre o vertedor e um gradeamento inclinado em aproximadamente 45° em direção a um compartimento. Outra estrutura, chamada CDS (*Continuous Deflective Separation*), destaca-se pela eficiência de quase 100% (Figura 70).

Figura 69 – SCS.

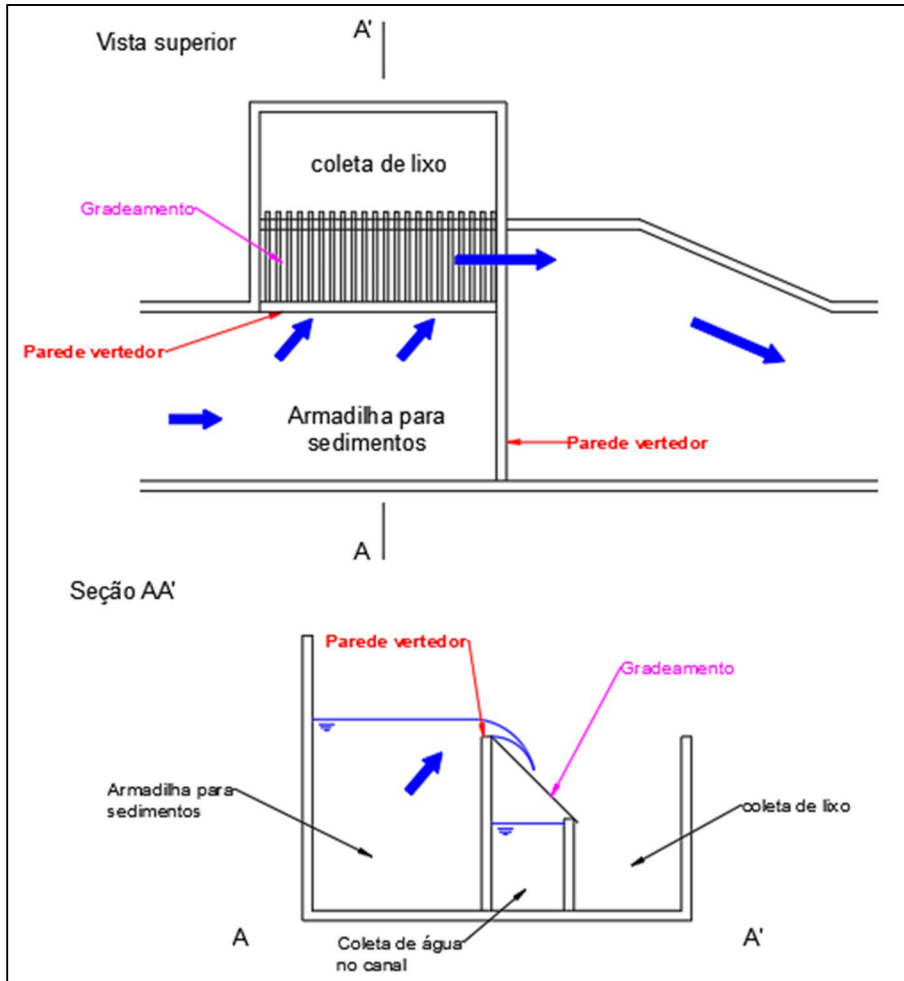
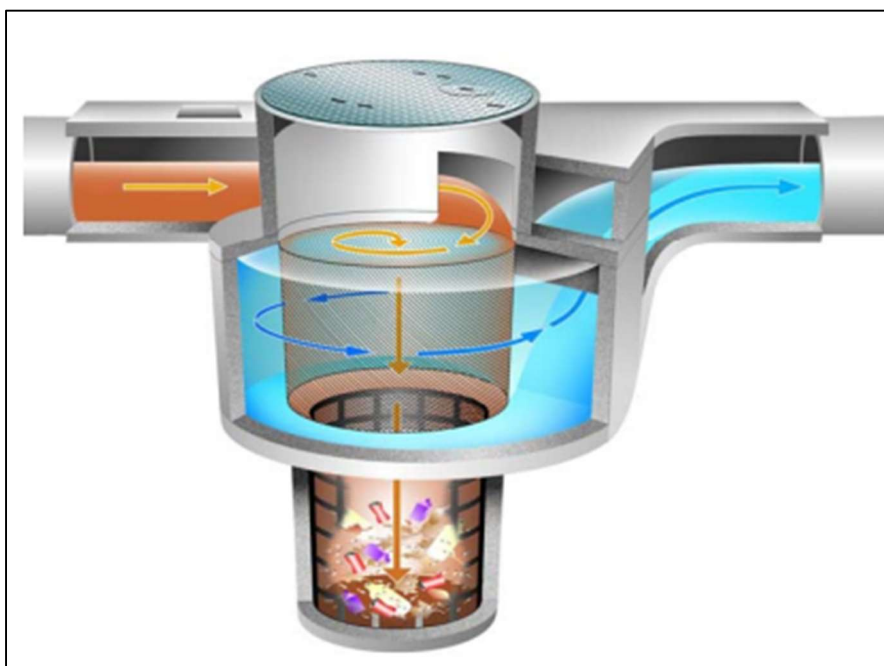


Figura 70 – CDS.



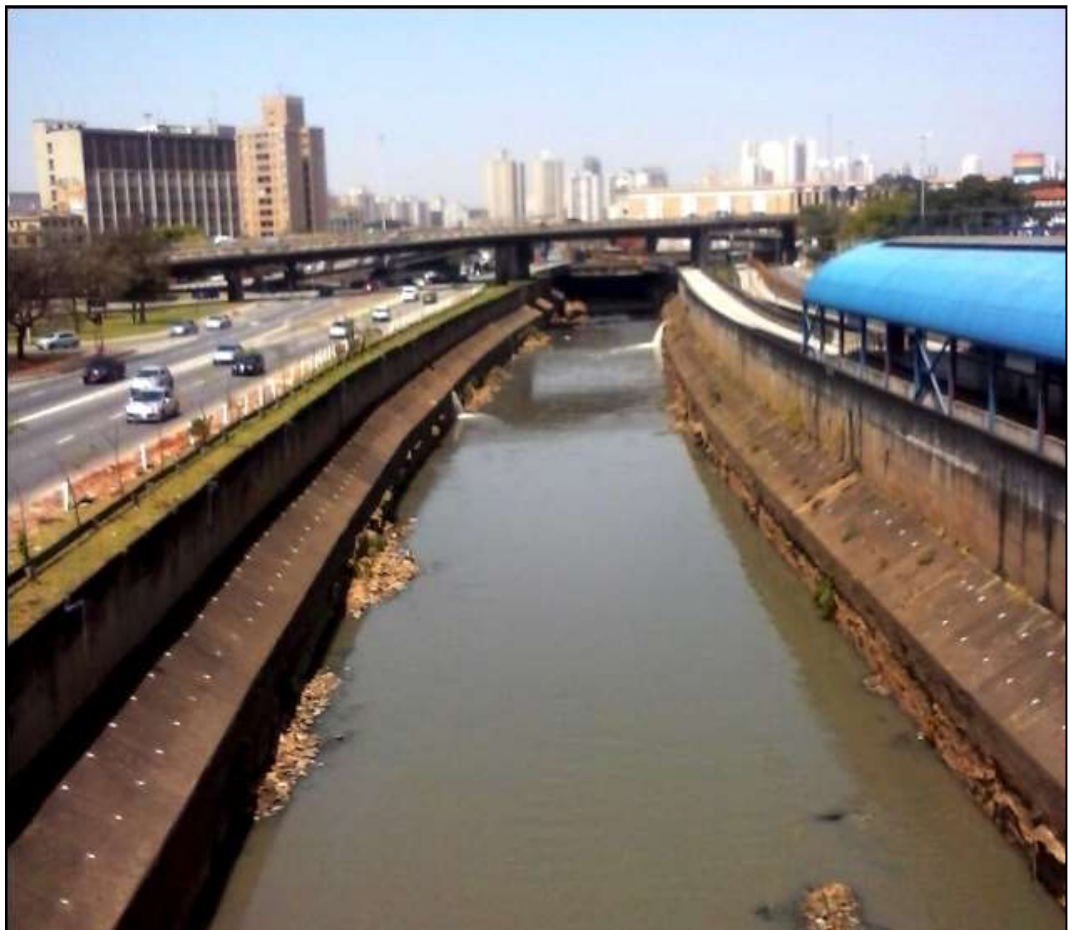
Fonte: Armitage et al., (1998) apud Neves e Tucci (2008). Adaptado por Líder Engenharia, 2023.

20.7. DIQUES

Dique são barramentos ou muros laterais de terra ou de concreto, inclinados ou retos, construídos ao longo das margens do rio, de altura tal que contenham as vazões no canal principal a um valor limite estabelecido em projeto. Este tipo de obra assegura o controle completo das cheias que tenham o seu pico inferior ao limite estabelecido, mas nenhuma proteção para as vazões que ultrapassam tal limite, que passarão sobre tais muros.

Este tipo de obra é uma das mais antigas medidas estruturais de controle de cheias. Em geral esses diques ficam ao tempo, ficando sujeitos a água de chuva. Como o dique de contenção tem que ficar fechado para garantir que o vazamento (se houver) fique contido no dique, ele acaba enchendo de água de chuva. Para isso, os diques de contenção em geral possuem válvulas para realizar a drenagem. A Figura 71 mostra exemplos de diques.

Figura 71 – Diques.





Fonte: Trata Brasil, 2012.

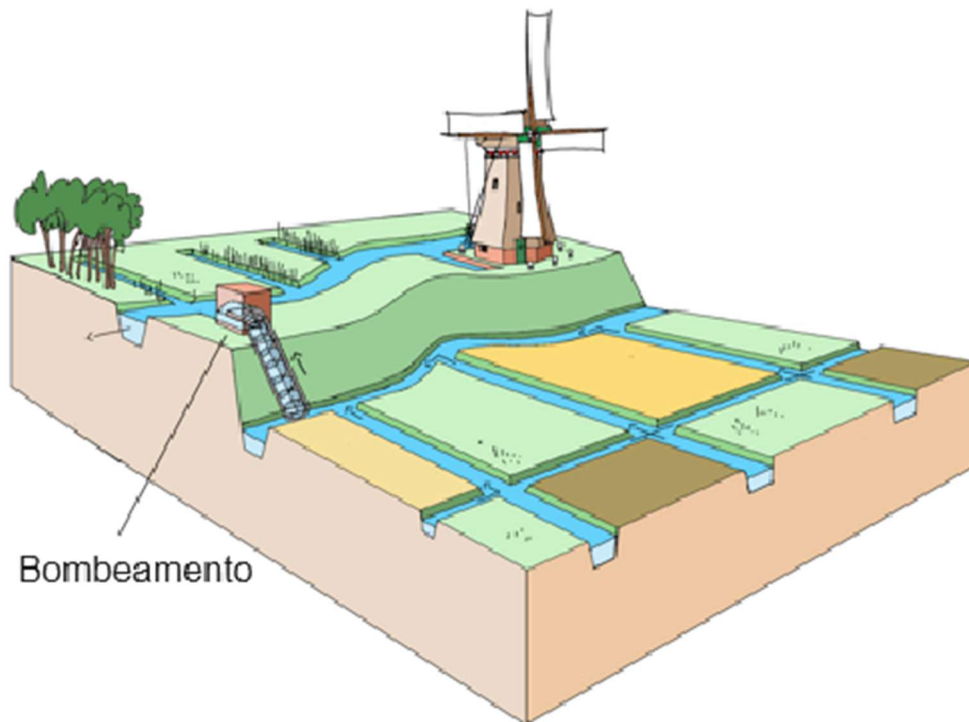
20.8. PÔLDERES

Um polder (Figura 72) é uma porção de terreno baixo e plano construído de forma artificial, localizada entre aterros conhecidos como diques e, utilizado para a agricultura ou habitação. Nele, a drenagem das águas pluviais deve ser realizada por meio de canais com comportas e/ou bombas, a fim de impedir a subida excessiva da água no interior da área ensecada pelos diques. Essas estruturas estão entre as mais importantes técnicas clássicas da drenagem para controle de enchentes, utilizadas para proteger regiões baixas próximas a rios ou mares. Assim, regiões urbanas onde o rio antes extravasava, ou eram tomadas pelo mar, passam a estar “secas” para a ocupação humana.

Os polders são utilizados para proteger áreas restritas. A distinção entre diques e polders é que estes últimos utilizam uma estação de bombeamento para retirar as águas que chegam na área protegida durante uma enchente. Neste tipo de obra

geralmente há necessidade de construir uma galeria com comportas reguláveis para evitar a entrada da água do rio principal na área protegida e propiciar a saída da água do ribeirão quando a situação é normal.

Figura 72 – Exemplo ilustrado de Pôlder.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

21. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

Os sistemas não estruturais compreendem métodos que utilizam meios naturais para reduzir a geração de escoamento e a carga poluidora, sem a necessidade de obras civis. Esses sistemas envolvem ações de natureza social, como a implementação de meios legais, sanções econômicas e programas educacionais, visando modificar os padrões de comportamento da população. São chamados de sistemas de controle na fonte, uma vez que atuam no local ou próximo das fontes de escoamento, estabelecendo critérios de controle do uso e ocupação do solo nessas áreas (CANHOLI, 2014).

Nos últimos anos, as medidas preventivas de caráter não estrutural têm ganhado importância, tanto pela eficácia em resolver o problema na sua origem quanto



pela distribuição dos custos relacionados às obras de drenagem, evitando a necessidade de implantação de obras mais dispendiosas no futuro.

As medidas não estruturais no âmbito da drenagem urbana e manejo das águas pluviais referem-se a ações e estratégias que não envolvem intervenções físicas no ambiente, mas sim abordagens relacionadas ao planejamento, conscientização pública, regulamentação e gestão. Essas medidas têm como objetivo complementar as medidas estruturais e promover uma gestão sustentável das águas pluviais.

As medidas não estruturais de controle do escoamento na fonte podem ser agrupadas em categorias, como demonstrado no Quadro 11.

Quadro 11 – Categorias de medidas não estruturais.

PRINCIPAIS CATEGORIAS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
Educação pública	Educação pública e disseminação do conhecimento
Planejamento e manejo da água	Equipe técnica capacitada Superfícies com vegetação Áreas impermeáveis desconectadas Telhados verdes Urbanização de pequeno impacto
Uso de materiais e produtos químicos	Uso de produtos alternativos não poluentes Práticas de manuseio e de armazenamento adequadas
Manutenção dos dispositivos de infiltração nas vias	Varrição das ruas Coleta de resíduos sólidos Limpeza dos sistemas de filtração Manutenção das vias e dos dispositivos Manutenção dos canais e cursos d'água
Controle de conexão ilegal de esgoto	Medidas de prevenção contra a conexão ilegal Fiscalização: detecção, retirada e multa Controle do sistema de coleta de esgoto e de tanques sépticos
Reúso da água pluvial	Jardinagem e lavagem de veículos Sistema predial Fontes e lagos

Fonte: (RIGHETTO, 2009)



21.1. REGULAMENTO DO USO DA TERRA

Embora não haja uma base regulamentar específica no Brasil voltada para o uso de técnicas compensatórias no manejo das águas pluviais, a legislação brasileira em níveis federal, estadual e municipal dispõe de instrumentos legais que podem direcionar sua aplicação com o objetivo de controlar os escoamentos e reduzir a poluição difusa e seu impacto nos corpos receptores.

Especificamente em contexto urbano, a Lei Federal nº 10.257, de 10 de agosto de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade, contém instrumentos de política urbana que podem ser empregados como meio de controle dos impactos da urbanização no ciclo hidrológico e nos recursos hídricos. Alguns exemplos desses instrumentos são (RIGHETTO, 2009):

- Os instrumentos de planejamento, como os planos nacionais, regionais e estaduais de ordenação do território, o planejamento metropolitano e municipal;
- Os instrumentos tributários e financeiros;
- Os institutos jurídicos e políticos, destacando-se:
 - a desapropriação;
 - a servidão administrativa;
 - as limitações administrativas;
 - a instituição de unidades de conservação;
 - o direito de superfície;
 - o direito de preempção.
 - a outorga onerosa do direito de construir e de alteração de uso;
 - a transferência do direito de construir;
 - as operações urbanas consorciadas.

São instrumentos de planejamento e gestão previstos no Estatuto da Cidade para a esfera municipal (RIGHETTO, 2009):

- O plano diretor;



- A disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo;
- O zoneamento ambiental;
- O plano plurianual;
- As diretrizes orçamentárias e o orçamento anual;
- Os planos, os programas e os projetos setoriais;
- A gestão orçamentária participativa;
- Os planos de desenvolvimento econômico e social.

Dentre esses instrumentos, o plano diretor, os planos setoriais, como o de gestão de águas pluviais, a regulamentação do parcelamento do solo e o zoneamento ambiental têm um impacto mais significativo no emprego de técnicas compensatórias de drenagem pluvial. É importante ressaltar que essas soluções técnicas frequentemente estão relacionadas à implantação de equipamentos públicos de lazer e proteção ambiental, tornando-se parte integrante dos planos de desenvolvimento econômico e social. Além disso, devem ser objeto de escolhas da sociedade, inclusive por meio da gestão orçamentária participativa.

O zoneamento é um instrumento legal que regula o uso do solo por meio de divisões espaciais que estabelecem permissões ou proibições (SARNO, 2004). Essas permissões e proibições estão associadas aos tipos de uso (residencial, comercial, serviços, industrial ou misto) e a parâmetros de uso, como tamanho mínimo do lote, densidade de ocupação e taxas de impermeabilização permitidas. Ao controlar o uso do solo e a densidade de ocupação, o zoneamento possibilita:

- Proteger áreas ambientais sensíveis, como as áreas úmidas;
- Restringir o desenvolvimento em áreas de risco natural;
- Restringir a ocupação de áreas de interesse para a gestão de águas pluviais.

Como exemplos de restrição de áreas relevantes para a gestão de águas pluviais, incluem-se as delimitações de áreas destinadas à implementação de estruturas de armazenamento, como bacias de retenção, e áreas de interesse para favorecer processos de infiltração das águas pluviais.

O zoneamento apresenta maior eficácia quando as justificativas para estabelecer restrições de uso do solo são claramente definidas e têm o apoio da população.



Além disso, é fundamental que o município tenha meios de fiscalização e controle do uso do solo. No Brasil, é comum que áreas com restrições de ocupação legal sejam ocupadas de forma ilegal, especialmente por populações de baixa renda. Portanto, é importante que as restrições de ocupação sejam acompanhadas pela implementação de equipamentos de interesse coletivo, como aqueles voltados para o controle de águas pluviais em áreas verdes, praças e parques.

Os estudos que embasam o zoneamento devem considerar a possibilidade de maior adensamento em regiões menos sensíveis a impactos ambientais causados pela urbanização ou expostas a riscos naturais menores. Essas regiões representam alternativas viáveis para o desenvolvimento urbano e podem servir como contrapartida para uma maior restrição do uso do solo em áreas ambientalmente mais sensíveis. Uma maneira de efetivar essa política é associar o zoneamento a outros instrumentos legais, como a transferência do direito de construir ou a outorga onerosa do direito de construir (RIGHETTO, 2009).

A outorga onerosa do direito de construir consiste na autorização concedida pelo Poder Público para exercer o direito de construir, utilizando coeficientes de aproveitamento superiores aos previamente estabelecidos, mediante uma contrapartida a ser prestada pelo beneficiário. As áreas em que a outorga onerosa pode ser aplicada devem ser indicadas previamente no plano diretor. O coeficiente de aproveitamento refere-se à relação entre a área edificável e a área do terreno.

A transferência do direito de construir permite que o proprietário de um imóvel exerça seu direito de construir em outro local, caso o primeiro imóvel seja considerado necessário para a implantação de equipamentos urbanos ou comunitários, para preservação ambiental, paisagística, histórica, social ou cultural, ou para programas de regularização fundiária. Essa transferência deve ser realizada por meio de uma lei municipal baseada no plano diretor.

O direito de preempção confere ao Poder Público municipal a preferência na aquisição de imóveis urbanos quando estes forem colocados à venda, com o objetivo de atender a necessidades, como:

- De implantação de equipamentos urbanos e comunitários;
- De criação de espaços públicos de lazer e de áreas verdes;
- De ordenamento e de direcionamento da expansão urbana;



- De criação de unidades de conservação e de proteção de áreas de interesse ambiental.

Portanto, o direito de preempção é uma prerrogativa que o Poder Público municipal pode exercer para a implantação de estruturas, como bacias de detenção, planos de infiltração e outras soluções de drenagem pluvial, especialmente quando combinadas com a criação de áreas verdes e espaços públicos destinados a atividades de lazer.

A implementação de diversas soluções compensatórias de drenagem pluvial em uma determinada área pode ser realizada como parte integrante de operações urbanas consorciadas. Esse instrumento é coordenado pelo Poder Público municipal, com a participação dos moradores, proprietários, usuários e investidores privados da área abrangida pela operação, com o objetivo de realizar transformações urbanas estruturais, melhorias sociais e valorização ambiental.

Através das operações urbanas consorciadas, é possível promover alterações nos índices e nas características do parcelamento, ajustes nas normas de construção, modificações no sistema viário existente, transferência do direito de construir e outras ações, levando em consideração o impacto ambiental resultante dessas intervenções. Trata-se de um instrumento importante que pode facilitar a adoção de técnicas compensatórias, especialmente em áreas já ocupadas, desde que sejam associadas a outras ações de melhoria da qualidade de vida.

Essa medida inclui o ordenamento territorial, a definição de áreas de preservação e o estabelecimento de diretrizes para o uso do solo. O planejamento adequado considera a capacidade de absorção do solo, o direcionamento do crescimento urbano e a preservação de áreas verdes, visando evitar a impermeabilização excessiva e o acúmulo de águas pluviais (BAPTISTA et al., 2005; CANHOLI, 2014).

Além disso, deve-se integrar práticas de drenagem urbana sustentável no planejamento e no projeto de novos empreendimentos e na requalificação de áreas urbanas existentes. Isso envolve considerar a drenagem como parte integrante do processo de projeto, considerando fatores como a topografia, a capacidade de infiltração do solo e a preservação de áreas de recarga hídrica (BAPTISTA et al., 2005; BAPTISTA et al., 2007).



O zoneamento municipal é a definição de um conjunto de regras para a ocupação das áreas de maior risco de inundação, visando à minimização futura das perdas materiais e humanas em face das grandes cheias. Conclui-se daí, que o zoneamento urbano permitirá um desenvolvimento racional das áreas disponíveis para a expansão urbana dentro do território municipal. O desenvolvimento de um Plano Diretor urbano e legislação específica pode estabelecer diretrizes para o controle do manejo das águas pluviais, como exigências para a implementação de sistemas de drenagem e ações para preservação de áreas permeáveis.

Dentro de um plano diretor municipal, existem índices urbanos que desempenham um papel crucial no zoneamento e no controle do crescimento urbano. Alguns dos índices mais importantes e sua relação com as características físicas da bacia incluem (BAPTISTA et al., 2005; BAPTISTA et al., 2007):

- **Coeficiente de Aproveitamento (CA):** o CA estabelece a relação entre a área construída e a área do terreno. Ele influencia diretamente a ocupação do solo e a densidade urbana. Ao planejar o zoneamento das atividades, é necessário modificar o CA em função da topografia e da capacidade de infiltração do solo. Em áreas com topografia acidentada ou solos com baixa capacidade de infiltração, é recomendado adotar um CA mais baixo, a fim de reduzir o escoamento superficial e permitir maior permeabilidade do solo.
- **Taxa de Permeabilidade do Solo:** esse índice estabelece a porcentagem mínima da área do terreno que deve ser mantida como área permeável, permitindo a infiltração da água da chuva no solo. A taxa de permeabilidade deve ser ajustada levando em consideração as características da topografia e a capacidade de infiltração do tipo de solo. Terrenos com topografia plana e solos com alta capacidade de infiltração podem apresentar uma taxa de permeabilidade mais elevada, enquanto em áreas com topografia acidentada e solos impermeáveis, a taxa deve ser ajustada para minimizar o escoamento superficial.
- **Recuos e Áreas Livres:** os recuos estabelecem a distância mínima entre as construções e as divisas dos terrenos, enquanto as áreas livres são espaços destinados à permeabilidade, lazer e áreas verdes. Esses elementos têm um papel importante no controle do escoamento superficial, na drenagem adequada e na promoção da qualidade ambiental. Devem ser dimensionados considerando não apenas a



topografia e a capacidade de infiltração do solo, mas também a necessidade de preservação de áreas verdes para a qualidade de vida da população e a promoção da biodiversidade urbana.

Além disso, outras condicionantes devem ser consideradas no planejamento da drenagem urbana. Entre elas, destacam-se a análise de bacias hidrográficas, o mapeamento de áreas suscetíveis a inundações, a avaliação da capacidade do sistema de drenagem existente e a identificação de áreas de risco. Essas condicionantes devem ser levadas em conta no processo de zoneamento, a fim de direcionar as atividades para áreas menos propensas a problemas de inundação e garantir a segurança dos habitantes.

Um aspecto fundamental para diminuir os riscos relacionados às enchentes e inundações é a proibição de ocupação e a revitalização das áreas de preservação permanente (APP) e de fundo de vale. Essas áreas desempenham um papel crucial na proteção dos recursos hídricos, na preservação da vegetação natural e na redução dos riscos de desastres. Ao manter essas áreas livres de ocupação e promover sua revitalização, é possível preservar a capacidade de infiltração do solo, promover a absorção da água da chuva e reduzir os riscos de enchentes e inundações.

21.2. CADASTRO DA REDE DE DRENAGEM

O cadastro da rede de drenagem pluvial e a batimetria dos canais são etapas fundamentais no processo de gestão eficiente da drenagem urbana. Essas informações fornecem dados essenciais para a compreensão e análise do funcionamento hidráulico do sistema, permitindo a identificação de pontos críticos, áreas de risco e a elaboração de estratégias de controle e prevenção de inundações.

O cadastro da rede de drenagem pluvial consiste em levantar informações detalhadas sobre os elementos que compõem a infraestrutura de drenagem, como bocas coletoras, galerias, tubulações e demais estruturas de escoamento. Esses dados incluem dimensões, materiais, declividades, localização geográfica e interconexões entre os elementos. Essa base de dados é essencial para a realização de análises hidráulicas, dimensionamento de dispositivos de controle e manutenção eficiente do sistema.



A batimetria dos canais de macrodrenagem, por sua vez, consiste na medição da profundidade e características geométricas desses canais, permitindo a obtenção de perfis longitudinais e transversais. Esses dados são cruciais para a modelagem hidráulica do sistema de drenagem, uma vez que fornecem informações sobre a capacidade de escoamento, a velocidade da água e a distribuição de níveis em diferentes cenários de chuva. Com base nesses parâmetros, é possível realizar simulações hidráulicas precisas e avaliar o desempenho do sistema em diferentes condições.

A correta realização do cadastro da rede de drenagem e da batimetria dos canais permite a construção de modelos hidráulicos confiáveis, capazes de prever o comportamento do sistema diante de eventos pluviais. Isso possibilita a tomada de decisões embasadas na prevenção de inundações, no dimensionamento adequado de estruturas e na definição de estratégias de mitigação de riscos.

Portanto, a obtenção e atualização desses dados são de suma importância para garantir a eficiência e a sustentabilidade do sistema de drenagem pluvial do município, visando à proteção da população, do patrimônio e do meio ambiente frente aos desafios relacionados ao escoamento das águas pluviais.

21.2.1. Levantamento de campo para complementação dos cadastros

Em conjunto com o levantamento e a análise dos dados cadastrais, referentes ao sistema de macrodrenagem das bacias, devem-se levantar os dados e elementos topológicos adicionais que forem necessários à modelagem hidráulico-hidrológica do sistema. O cadastro final deve apresentar seções transversais suficientes para bem caracterizar o leito de escoamento do canal ou galeria, incluindo todas as singularidades existentes, tais como: curvas, inflexões, transições, estreitamentos bruscos, mudanças de declividades, entradas de afluentes, desemboques, etc.

Deve-se incluir ainda a caracterização topológica de reservatórios de amortecimento de cheias, lagos e represas que, de alguma forma, interfiram no regime hidráulico-hidrológico do sistema. Também, se deve cadastrar os trechos críticos dos sistemas de microdrenagem que drenam áreas sujeitas à inundação ou que, de alguma forma, interfiram no desempenho do sistema de macrodrenagem.

Os traçados e principais características das redes existentes devem ser indicados em planta, aconselha-se que a precisão do cadastro seja compatível com a



precisão dos demais dados de entrada dos modelos de simulação. Sugere-se também, que os cadastros e nivelamentos sejam georreferenciados ao mesmo sistema de referência da base cartográfica adotada.

21.2.2. Cartografia das bacias

Nesta atividade, deve ser preparada a cartografia básica de referência para os planos de informação (“*layers*”) georreferenciados dos diversos temas que devem ser abordados. Recomenda-se que os dados e informações coletados, bem como os produtos gerados nas demais atividades do Plano, sejam armazenados e tratados em bancos de dados georreferenciados.

Para a modelagem hidráulico-hidrológica do sistema de macrodrenagem, associado ao cadastro do sistema de canais/galerias/estruturas existentes devem ser utilizados mapas em escala compatível com o padrão de documentação exigidos. Os estudos hidrodinâmicos devem ser realizados em escala mais detalhada compatível com a delimitação precisa da planície de inundação. Para os estudos de ocupação territorial devem ser utilizadas ortofotos recentes.

21.2.3. Serviços de topografia

Os serviços de topografia para cadastramento da rede de drenagem de águas pluviais, deverá ser executado por equipe(s) em campo, equipadas, preferencialmente, com receptores GNSS RTK (*Real Time Kinematic*), ou outro equipamento de georreferenciamento geodésico receptor de satélites.

21.2.4. Metodologia

A metodologia proposta consiste em equipe de campo composta por, pelo menos, 02 (dois) técnicos práticos responsáveis pela operação de 01 (um) equipamento geodésico receptor de satélites e de 01 (uma) estação total topográfica robótica. Necessidade de referencial geodésico para amarração do levantamento topográfico.

Deve-se definir itinerário a ser percorrido pelas seções transversais de rios prioritários previamente definidos, de modo a cadastrar as seções nos pontos de entrada



e saída de galerias ou cursos d'água, realizando o levantamento das seções topobatimétricas.

Deverão ser apresentados os registros fotográficos referentes ao levantamento das seções topobatimétricas dos rios de cada uma das bacias prioritárias

Orienta-se a utilização de software gráfico para projetos de drenagem urbana, o qual tem o objetivo de otimizar a apresentação gráfica do trabalho de cadastramento. De maneira resumida, através do software deverá apresentar os pontos levantados no serviço topográfico, traçar a rede de drenagem, e ainda automatizar a numeração de poços de visita, bocas coletoras, declividade do trecho e extensão.

É indicado que o software deva possuir as seguintes capacidades: lançamento da rede e acessórios diretamente sobre a planta de topografia digitalizada; simulações e ensaios diversos; cálculo de áreas/bacias, verificação da capacidade das sarjetas e bocas coletoras, dimensionamento de redes/galerias; levantamento de quantitativos por etapa de projeto; geração de arquivos de dados, planilhas, plantas e ordens de serviço para execução; importação e exportação automática de informações entre os módulos de desenho e cálculo; verificação de condições hidráulicas de redes existentes; e, geração automática de perfis longitudinais dos coletores.

21.2.5. Batimetria

A batimetria é a aferição da profundidade dos oceanos, lagos e rios através de curvas batimétricas que unem pontos de mesma profundidade e com equidistâncias verticais (semelhante às curvas de nível obtidas em topografia). Ela pode ser utilizada para diversas finalidades como para levantamento de seções transversais para estudos de vazão, identificação de profundidades para implantação de obras, para licenciamento ambiental para obras futuras, em obras de engenharia como construção de barragens, reservatórios, hidrelétricas, portos e pontes.

O levantamento batimétrico pode ser definido como o estudo da continuidade da topografia entre duas margens, a ponto de se conhecer o terreno submerso na água.

Esse conhecimento pode auxiliar diversos estudos, em suas mais variadas áreas, como verificar assoreamento (camada depositada no fundo), é possível fazer



o cálculo de sua capacidade volumétrica e o volume da massa d'água, permitindo ser possível analisar as variações de volume, área inundada e volume de dragagem.

Além do método de levantamento planialtimétrico, a batimetria também é realizada através de aparelhos como o ecobatímetro, ou até mesmo por técnicas de sensoriamento remoto.

A batimetria trata do conjunto dos princípios, métodos e convenções usados para determinar a medida do contorno, da dimensão relativa da superfície submersa dos mares, rios, lagos, represas e canais. Os levantamentos batimétricos têm por objetivo efetuar medições de profundidades que estejam associadas a uma posição da embarcação na superfície da água, as quais são necessárias em áreas marítimas, fluviais, canais, lagoas, etc., buscando representar estas áreas em uma carta, e desta forma conhecer o comportamento da morfologia de fundo de um rio, reservatório, canal ou de um oceano. Compreende assim uma abordagem planimétrica (X, Y) que fornece a posição da embarcação onde está a estação, e a obtenção das profundidades. As coordenadas (X, Y) são frequentemente obtidas por *Differential Global Positioning System* - DGPS, irradiação, interseção à vante (conforme a situação), e as profundidades por sondagem.

As profundidades são necessárias para representação das isóbatas, possibilitando a visualização da topografia submersa e orientação para navegação. As medições da profundidade podem ser feitas de forma direta (uso do prumo de mão, máquina de sondar e estádias) ou indireta (emprego de sensores acústicos como o ecobatímetro monofeixe ou multifeixe, sensores eletromagnéticos espacial ou aerotransportado) (KRUEGER, 2005). Fatores que devem ser considerados: visibilidade, profundidade, aplicação, tempo para execução, dimensão da área, etc.

A forma mais comum de realizar um levantamento batimétrico é utilizando réguas ou cordas graduadas esticadas ao longo do local. Com uma régua rígida e pesada, faz-se a leitura das profundidades ao longo da corda onde se obtém o perfil do curso d'água.



21.2.6. Critérios para o traçado da rede de drenagem

- A rede coletora deverá ser lançada em planta baixa (escala 1:2.000 ou 1:1.000), de acordo com as condições naturais do escoamento superficial. Algumas regras básicas para o traçado da rede são as seguintes:
- Os divisores de bacias e as áreas contribuintes a cada trecho deverão ficar convenientemente assinalados nas plantas;
- As áreas controladas por Medidas de controle (Dispositivos de armazenamento e Dispositivos de infiltração) deverão ser claramente identificadas;
- Os trechos em que o escoamento se dê apenas pelas sarjetas deverão ficar identificados por meio de setas.;
- O posicionamento das galerias pluviais será feito sempre que possível no eixo das vias públicas, analisando-se a sua locação a partir das interferências já existentes com outras canalizações de serviços públicos;
- O sistema coletor, em uma determinada via, poderá constar de uma rede única, recebendo ligações de bocas coletoras de ambos os passeios;
- A solução mais adequada, em cada via pública será estabelecida, economicamente, em função da sua largura e condições de pavimentação;
- O amortecimento do escoamento será realizado nas áreas baixas junto à drenagem principal. Deve-se procurar localizar a área de amortecimento junto à saída do sistema projetado;
- Preferencialmente, os sistemas de detenções deverão estar integrados de forma paisagística na área. Neste caso, poderá ser necessário utilizar detenções ou retenções internas ao parcelamento na forma de lagos permanentes ou secos integrados ao uso previsto para a área;
- O projeto deverá estabelecer a área máxima impermeável de cada lote do parcelamento, além das áreas comuns;
- No caso de rede sob o passeio, será localizada se possível a 1/3 da largura do passeio, a contar da guia ou meio-fio;
- No caso de galerias circulares, conduzindo as águas pluviais para canais principais ou cursos d'água receptores, as redes deverão contar com diâmetro mínimo de



0,40 m. No desenvolvimento do projeto, deverão ser adotados diâmetros comerciais correntes usualmente iguais a: 0,40; 0,50; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20; 1,50; 1,80 e 2,00 m.

21.3. CONTROLE NA FONTE

No manejo da água pluvial no meio urbano, é necessário implementar estratégias que visem garantir a qualidade de vida da população, reduzindo os riscos de inundação decorrentes da impermeabilização do solo. O uso sustentável da água envolve a formulação de políticas de uso e ocupação do solo, com um enfoque no desenvolvimento e planejamento estratégico de longo prazo. Nesse contexto, o objetivo é projetar sistemas que minimizem os efeitos da urbanização na quantidade e qualidade do escoamento de água, por meio do aumento do armazenamento e da redução do lançamento de efluentes e cargas de poluição difusa.

Nas últimas décadas, surgiu o conceito de sistemas não convencionais de controle na fonte para lidar com os desafios relacionados à água pluvial no ambiente urbano, com ênfase no manejo sustentável do escoamento de drenagem. Esses sistemas compreendem medidas práticas para enfrentar os problemas dos efluentes urbanos, com a implementação de sistemas de controle próximos aos locais de geração dos efluentes, que podem incluir medidas estruturais e não estruturais. As medidas não estruturais envolvem ações operacionais, educacionais e de controle, e buscam promover a retenção e infiltração do escoamento, além de controlar os impactos da urbanização na drenagem (CANHOLI, 2014).

O objetivo dos sistemas de controle na fonte é preservar as características hidrológicas da bacia antes da urbanização, reduzindo os impactos para um nível aceitável. Portanto, ao estabelecer um sistema de controle não convencional, é importante considerar as condições físicas do local, como a disponibilidade de espaço para implantação dos dispositivos, a seleção dos dispositivos mais adequados de acordo com os poluentes presentes no escoamento e a verificação contínua de sua eficiência de funcionamento. Além disso, é necessário analisar o comportamento do lençol freático durante a estação chuvosa, o perfil litológico do local e os custos de implantação e manutenção da estrutura, levando em consideração a disponibilidade de materiais, a facilidade de manutenção e a eficiência na remoção de poluentes, bem como a disponibilidade e o treinamento de pessoal técnico (CANHOLI, 2014).



21.4. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E CONSCIENTIZAÇÃO PÚBLICA

A educação ambiental deve ser implementada em todos os níveis educacionais, de forma interdisciplinar e holística, assegurando uma visão crítica dos indivíduos sobre seu papel na sociedade e na proteção do meio ambiente (BRASIL, 1999). No que se refere especificamente à drenagem urbana, são necessárias ações tanto contínuas como pontuais de educação ambiental de forma a conscientizar e sensibilizar a população sobre o impacto de suas ações e escolhas no cenário municipal. A abordagem deve adequar-se ao público e as ações devem extrapolar os ambientes formais de ensino, chegando a toda comunidade.

Os principais temas de educação ambiental a serem abordados para o assunto drenagem urbana são:

- O ciclo da água;
- O conceito de bacia hidrográfica;
- escoamento superficial;
- Impactos da urbanização no escoamento superficial;
- Importância dos canais naturais de drenagem;
- Função e importância das matas ciliares para a proteção dos cursos d'água;
- O papel do correto gerenciamento de resíduos sólidos para a drenagem urbana;
- A necessidade de se manter áreas permeáveis nos lotes comerciais e residenciais;
- Medidas de contenção e mitigação de escoamentos superficiais na fonte;
- Captação e utilização de águas pluviais.

Para o presente trabalho foi elaborada uma cartilha de educação ambiental em drenagem que aborda sucintamente os principais temas acima citados. Esta cartilha poderá servir de exemplo e ponto de partida para a elaboração de novos materiais bem como para realizar ações de sensibilização e conscientização ambiental. A Figura 73 mostra a cartilha supracitada.

Figura 73 – Cartilha de Educação Ambiental em drenagem



Matas Ciliares

Muito beneficiado nos aspectos das ruas, calçadas, lagoas, lagos, rios, córregos, riachos e nascentes.

Função:

1. Filtro de sedimentos que são transportados para cima e para baixo da mata ciliar.
2. Controla a velocidade de infiltração da água, evita a erosão e a contaminação da água.
3. Protege o solo e o lençol freático da água das chuvas, evitando a contaminação.
4. Faz parte das áreas de proteção ambiental e de preservação permanente (APPs).

Fonte: TAVARES, R. B. S.

Resíduos Sólidos e Drenagem Urbana

Os resíduos sólidos, quando não são coletados e destinados corretamente, podem causar danos ambientais e à saúde pública. A coleta seletiva é uma das formas mais eficazes de gerenciamento dos resíduos sólidos.

Fonte: TAVARES, R. B. S.

Áreas permeáveis e Drenagem Urbana: importância

Participam Ativas Passivamente nos Circuitos de Drenagem Urbana:

- Áreas de Permeabilidade Permanente (APPs)
- Parques e Áreas Verdes

Fonte: TAVARES, R. B. S.

Medidas de Controle na Fonte

Fonte: TAVARES, R. B. S.

Os dispositivos de controle na fonte possuem muitos e variados mecanismos de atuação, com o objetivo de reduzir a quantidade de poluição gerada e evitar a contaminação dos corpos hídricos por esgoto.

Fonte: TAVARES, R. B. S.

Captação e Utilização de Água da Chuva

Fonte: TAVARES, R. B. S.

Compreende a coleta, o armazenamento, o tratamento e a utilização da água da chuva.

- Captação
- Armazenamento
- Tratamento
- Utilização

Água da chuva pode ser usada para lavar, irrigar, regar jardins, e até para beber (depois de um tratamento adequado).

Fonte: TAVARES, R. B. S.

Protótipo Sustentável para Captação de Águas da Chuva

Fonte: TAVARES, R. B. S.



21.4.1. Programa de Atualização e Equalização do Conhecimento (PAEC)

O Programa de Atualização e Equalização do Conhecimento (PAEC) tem como objetivo principal equalizar os conhecimentos dos colaboradores e servidores envolvidos com a implantação, administração, planejamento, gestão e monitoramento do Plano. Tem como objetivos específicos:

- Elaborar e aplicar o Curso de Equalização do Conhecimento dos servidores e colaboradores, da chefia gestora até os auxiliares administrativos envolvidos com o PMMDUMAP, sobre conceitos e premissas mínimas relacionadas ao manejo das águas pluviais;
- Elaborar e aplicar o Curso de Atualização e Melhoria Contínua da capacitação dos servidores e colaboradores, principalmente os cargos de tomada de decisão e planejamento, quanto às inovações tecnológicas, mudanças de legislação, novos procedimentos de manejo e gestão das águas pluviais.

No Curso de Equalização do Conhecimento deve-se abordar o máximo possível de conceitos relacionados à drenagem urbana e suas características em Limeira. O curso deve ser ministrado por profissional especializado com amplo conhecimento da área ou por consultoria contratada para esse fim. Deve ser realizado no início da implementação do Plano e extrapolar os muros da administração pública, podendo ser replicado para todos os envolvidos no manejo das águas pluviais dentro do município, sejam entes públicos ou privados.

Já o curso de Atualização deverá ser realizado pelo menos uma vez ao ano ou sempre que ocorrer mudanças significativas na área temática da gestão do sistema de drenagem e na dinâmica do manejo das águas pluviais.

21.4.2. Programa de Especialização e Operacionalização

O Programa de Especialização e Operacionalização do PMMDUMAP, PEO, tem como objetivo principal especializar os diferentes atores envolvidos com o gerenciamento do sistema de drenagem pluvial, cada qual em sua função e



responsabilidade, bem como capacitar o corpo operacional envolvido diretamente neste, deixando a execução dos serviços mais segura e eficiente. Tem como objetivos específicos:

- Elaborar e aplicar cursos de especialização para os gestores, encarregados e supervisores, cada qual com sua especificidade, de todos os serviços de manejo das águas pluviais sob tutela pública;
- Elaborar e aplicar treinamentos específicos para o corpo operacional diretamente envolvido na gestão do sistema de drenagem pluvial, tanto quanto à realização da função como a segurança no trabalho realizado.
- Realizar campanhas de sensibilização da população sobre a importância do manejo adequado das águas pluviais. Isso pode incluir a divulgação de boas práticas, a conscientização sobre o descarte correto de resíduos e a promoção da conservação dos recursos hídricos.

Os cursos de especialização devem abranger os diferentes atores da gestão e manejo das águas sob responsabilidade pública. O conteúdo programático deve abordar tópicos sobre gerenciamento, planejamento, procedimentos específicos e outros que sejam pertinentes à boa gestão do sistema, assim como conceitos de segurança do trabalho, definidos em legislações e normas regulamentadoras específicas, e aqueles voltados à saúde e salubridade ambiental.

21.4.3. Espaços Formais de Ensino

Entende-se por educação ambiental no ensino formal aquela desenvolvida no âmbito dos currículos das instituições de ensino públicas e privadas. A educação ambiental deve ser desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal. A Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA (BRASIL, 1999) deixa explícito em sua redação que a Educação Ambiental não deve ser oferecida como uma disciplina isolada na grade curricular, mas sim permear todas as outras disciplinas, fazendo-se da visão holística do funcionamento do meio ambiente.



Para a implementação da educação ambiental aos moldes da Política Nacional, faz-se necessária a capacitação dos servidores e colaboradores dos estabelecimentos formais de ensino, de forma a estarem aptos a inserir a dimensão ambiental em seu cotidiano didático. Mesmo a temática ambiental sendo obrigatória em todas as disciplinas dos cursos de formação de educadores, recomenda-se que cursos de equalização e atualização dos conhecimentos, como os propostos acima, sejam elaborados e realizados para os professores da rede pública.

Os programas, projetos e ações para os espaços de ensino formais, além de serem pautados pelo preconizado na PNEA (BRASIL, 1999), devem estar alinhados com as instituições de ensino e serem construídos de forma participativa junto a seus gestores e docentes. Contudo, como já é exigida a componente ambiental no ensino formal, dentro da forma da lei, a municipalidade deve se ater à fiscalização de sua aplicação, bem como no fomento indireto por meio de avaliações da componente, concursos e mostras culturais nas escolas.

21.4.4. Espaços Não Formais de Ensino

Entendem-se por educação ambiental não-formal as ações e práticas educativas voltadas à sensibilização e conscientização da coletividade sobre as questões ambientais e à sua organização e participação na defesa da qualidade do meio ambiente, fora dos espaços formais de ensino supracitados.

Segundo a PNEA (BRASIL, 1999), o Poder Público, em níveis federal, estadual e municipal, deve incentivar:

- “I - A difusão, por intermédio dos meios de comunicação de massa, em espaços nobres, de programas e campanhas educativas, e de informações acerca de temas relacionados ao meio ambiente;
- II - A ampla participação da escola, da universidade e de organizações não-governamentais na formulação e execução de programas e atividades vinculadas à educação ambiental não-formal;
- III - A participação de empresas públicas e privadas no desenvolvimento de programas de educação ambiental em parceria com a escola, a universidade e as organizações não-governamentais;
- IV - A sensibilização da sociedade para a importância das unidades de conservação;
- V - A sensibilização ambiental das populações tradicionais ligadas às unidades de conservação;
- VI - A sensibilização ambiental dos agricultores;
- VII - O ecoturismo.”



Faz-se necessária a criação de uma Política Municipal de Educação Ambiental, de forma a reger e incentivar as ações de educação ambiental na cidade, em conformidade com as políticas federal e estadual sobre essa temática.

Além disso, deve-se aproveitar os espaços culturais da cidade, bem como os naturais, para iniciativas que aumentem o senso de pertencimento e corresponsabilidade da população sobre a natureza e o meio em que vivem. De maneira geral, a educação ambiental não-formal deve ser construída de forma participativa e horizontal, com a devida atenção para os anseios e necessidades das populações alvo das ações.

Este plano detalhará projetos de educação ambiental a serem desenvolvidos no âmbito não-formal de ensino, tendo em vista a gestão das águas, de forma a propiciar à população conceitos e informações sobre a gestão do sistema de drenagem e sua importância para a manutenção da sociedade, dos ecossistemas e dos serviços ambientais que desempenham. As demais componentes da educação ambiental não-formal, ou seja, aquelas que não envolvem o manejo das águas, devem ser implementadas pelo setor responsável pela educação no município, não sendo objeto desse Plano.

21.5. AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA

21.5.1. Sistemas de alerta e previsão de inundações

O monitoramento em tempo real propicia uma avaliação permanente da condição do sistema ou dos equipamentos do sistema de drenagem urbana. Este monitoramento constitui-se do estabelecimento de uma rede de transmissão de dados pluviométricos e fluviométricos às centrais de processamento e informação.

As estações automáticas pluviométricas e fluviométricas podem transmitir dados em tempo real mediante satélite ou via *General Packet Radio Service* - GPRS (Serviço de Rádio de Pacote Geral) e possibilitam o desenvolvimento de rotinas de previsão hidrometeorológica e de gerenciamento de contingências em tempo real, com mecanismos de supervisão à distância.

As informações obtidas pelo sistema de monitoramento em tempo real possibilitam a antecipação dos impactos devido à previsibilidade do conjunto de dados, a



atuação em situações emergenciais de risco para controle de inundações e acionar os meios humanos e materiais de proteção a eventos extremos.

A automatização propiciada pelo monitoramento em tempo real também permite identificar imediatamente qualquer defeito ou falha no funcionamento dos equipamentos do sistema de drenagem, permitindo ao operador adotar as soluções possíveis.

A previsão e alerta de inundação compõe-se de aquisição de dados em tempo real, da transmissão de informações para um centro de análise, da previsão em tempo atual com modelo matemático e acoplada a um plano de contingências e de defesa civil que envolve ações individuais ou coletivas para reduzir as perdas durante as inundações. Um sistema de alerta de previsão em tempo real envolve os seguintes aspectos (CANHOLI, 2014):

- Sistema de coleta e transmissão de informações do tempo e hidrológicas: Sistema de monitoramento por rede telemétrica, satélite ou radar e transmissão destas informações para o centro de previsão;
- Centro de previsão: recepção e processamento de informações, modelo de previsão, avaliação e alerta;
- Defesa Civil: programas preventivos: educação, mapa de alerta, locais críticos; alerta aos sistemas públicos: escolas, hospitais, infraestrutura; alerta a população de risco, remoção e proteção à população atingida durante a emergência ou nas enchentes.

Na ocorrência de eventos chuvosos críticos, há 4 níveis referentes ao sistema de alerta:

- Nível de acompanhamento: Nível onde existe um acompanhamento por parte da equipe técnica na evolução da enchente. A partir desse momento a Defesa Civil é alertada sobre a chegada de uma enchente. É iniciada então a previsão de níveis em tempo real;
- Nível de atenção: A partir deste nível é previsto que um nível futuro crítico será atingido dentro de um horizonte de tempo da previsão. Tanto a Defesa Civil como os administradores municipais passam a receber regularmente as previsões para a

cidade e então a população recebe o alerta e as instruções da Defesa Civil. Nível onde é indicado que a sinalização luminosa seja ativada;

- Nível de alerta: O nível de alerta indica que as áreas mapeadas já apresentam algum grau de inundação, devendo assim iniciar o processo de bloqueio das vias indicadas e o contínuo monitoramento da situação dos pontos críticos;
- Nível de emergência: Neste nível ocorrem os prejuízos materiais e humanos. Deve-se avaliar a ampliação das áreas de bloqueio para segurança da população.

Essas informações são o nível real e previsto com antecedência, e o intervalo provável dos erros, obtidos dos modelos. A fase de mitigação consiste em medidas que devem ser executadas para diminuir o prejuízo da população quando a enchente ocorre, isolando ruas e áreas de risco, remoção da população, animais e proteção de locais onde haja interesse público.

A Figura 74 mostra um exemplo de estação automática e a Figura 75 dois exemplos de sinalização luminosa, um com alimentação por baterias e outro solar.

Figura 74 – Estação fluviométrica automática.



Fonte: SigmaSensors, 2020.

Figura 75 – Sinalização luminosa de atenção



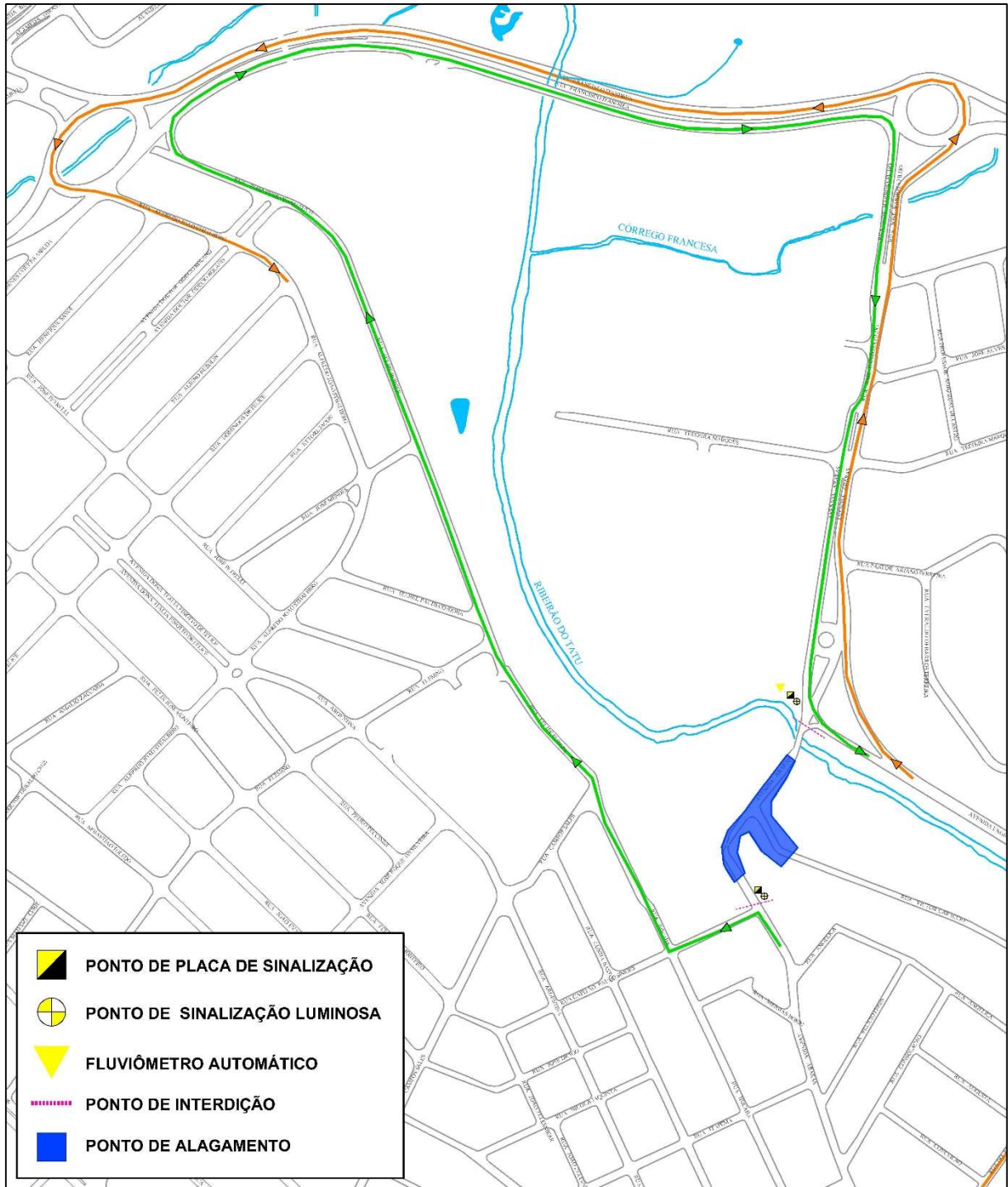
Fonte: Kteli, 2023.

Nos períodos chuvosos o monitoramento da altura do leito do rio deve ser realizado constantemente e, quando atingir o limite de referência, os integrantes e responsáveis pela Defesa Civil municipal devem emitir o sinal de alerta à população. Este sinal pode ser dado por meio de aplicativos de dispositivos móveis para comunicação, telefonemas, carros de som e/ou alarmes sonoros e luminosos e visa reduzir os danos econômicos, sociais e ambientais dos episódios de grandes cheias.

Seguindo o Plano Municipal de Redução de Risco de 2012, as alternativas de rotas mais seguras, são detalhadas para as áreas identificadas com potencial de bloqueio de vias. A indicação das rotas acompanha uma proposta de posicionamento de sinalização indicativa, que deverá alertar sobre os riscos em dias de chuva e orientar o fluxo de veículos.

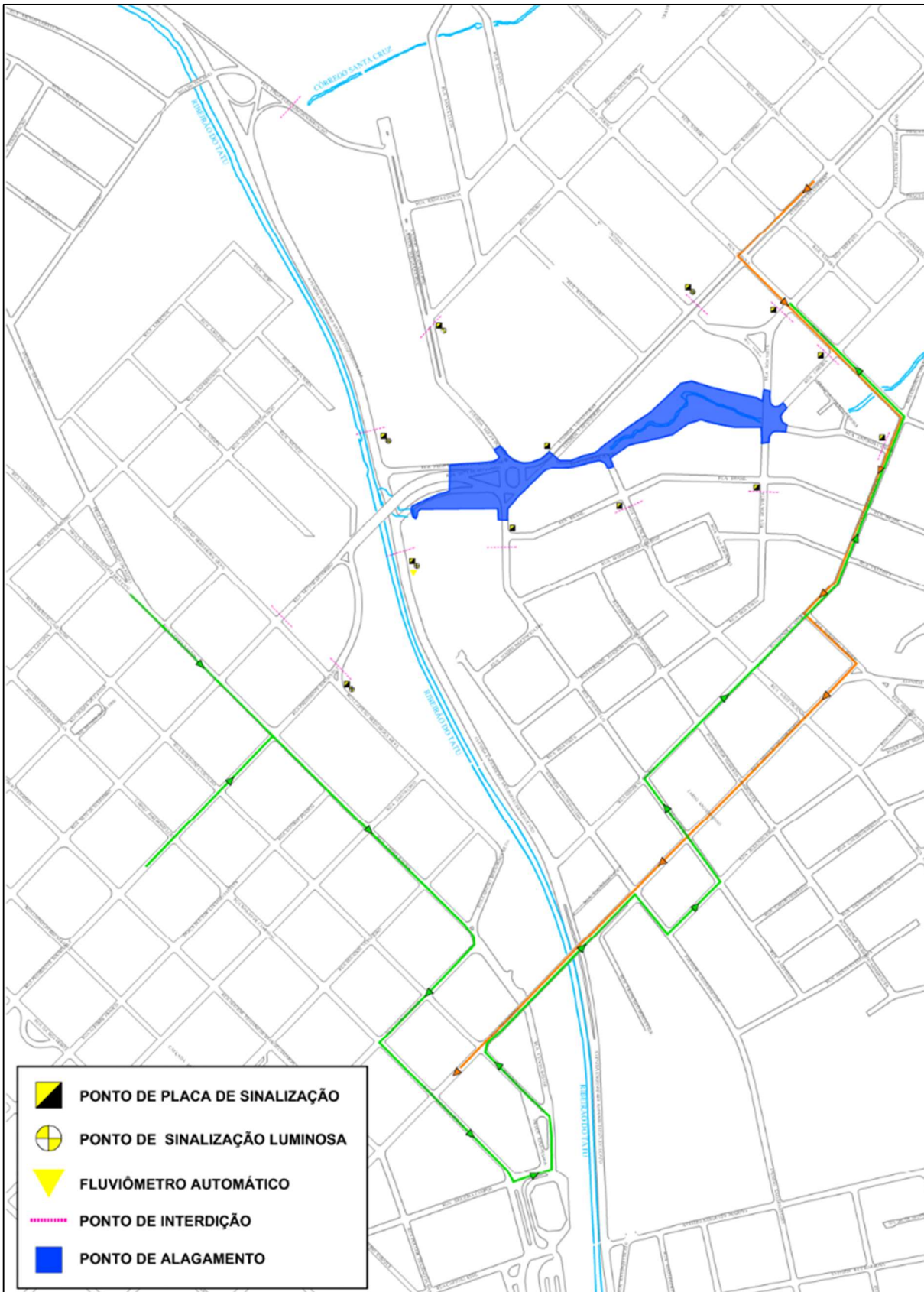
A seguir a Figura 76, Figura 77 e a Figura 78 apresentam os pontos críticos identificados passíveis de intervenções em eventos de chuvas intensas em que sejam necessárias ações para prevenção de acidentes. As cartas em tamanho A4 estão em anexo.

Figura 76 – Ponto crítico 01 – Equipamentos, dispositivos e rotas alternativas



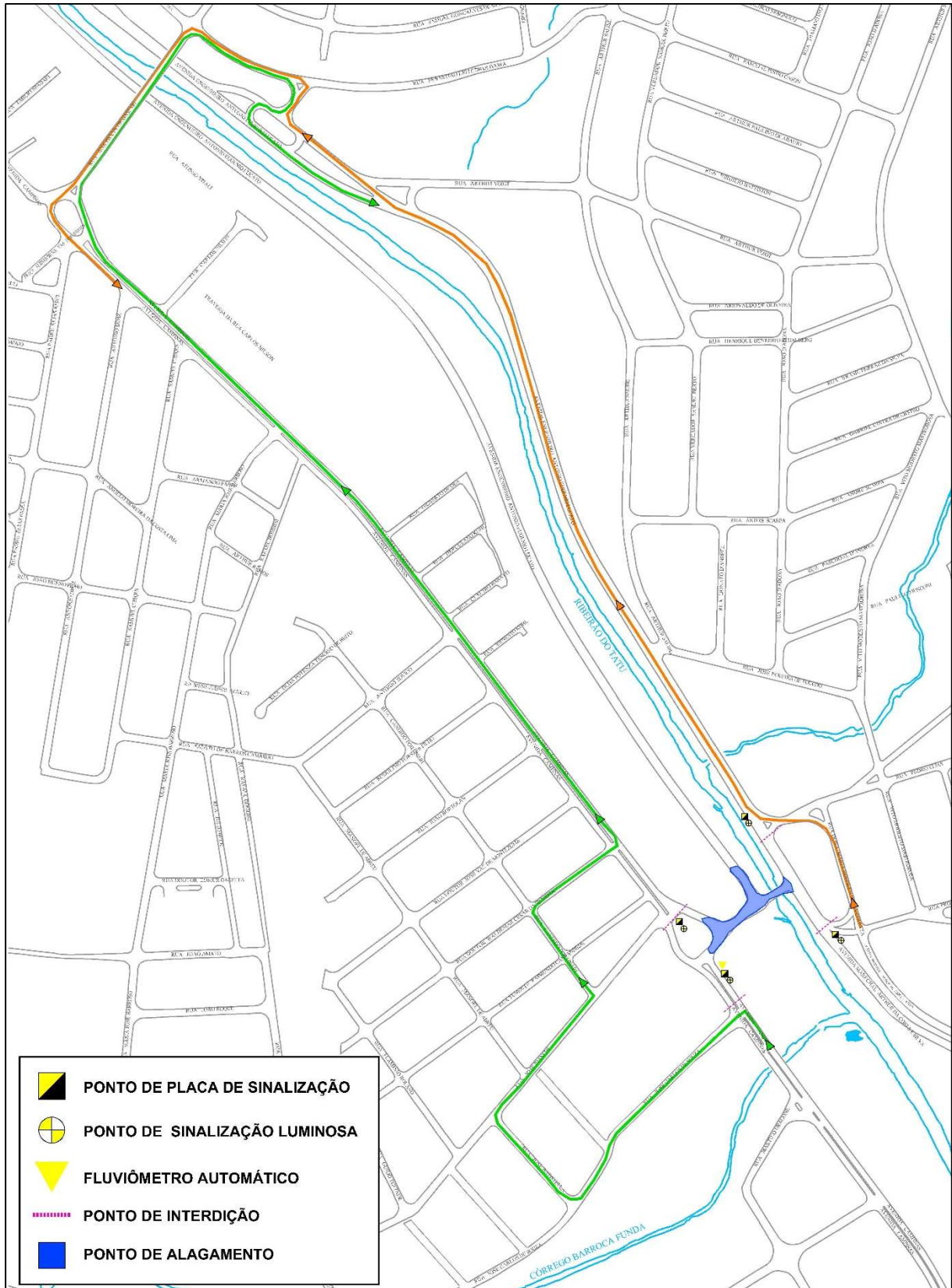
Fonte: PMRR, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 77 – Ponto crítico 02 – Equipamentos, dispositivos e rotas alternativas



Fonte: PMRR, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 78 – Ponto crítico 05 – Equipamentos, dispositivos e rotas alternativas



Fonte: PMRR, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



21.6. REGULAMENTAÇÃO E LEGISLAÇÃO

Consistem em normas e regulamentos que definem diretrizes para o manejo das águas pluviais em áreas urbanas. Essas regulamentações podem abordar questões como o controle do escoamento superficial, a retenção e o tratamento das águas pluviais, a implantação de áreas verdes, entre outros aspectos relacionados (CANNOLI, 2014).

- Manejo de áreas verdes: promover a preservação e o aumento de áreas verdes, como parques, praças e jardins, que contribuem para a infiltração e a retenção da água da chuva. Essas áreas ajudam a reduzir o escoamento superficial, fornecem sombra e contribuem para a qualidade ambiental das cidades.
- Práticas de gestão da água no lote: incentivar práticas no nível do lote, como a instalação de cisternas para captação e reúso da água da chuva, o redirecionamento de calhas para áreas permeáveis e a construção de trincheiras de infiltração, pode ajudar a reduzir o escoamento de águas pluviais e aumentar a recarga do lençol freático.
- Manejo de áreas verdes: promover a preservação e o aumento de áreas verdes, como parques, praças e jardins, que contribuem para a infiltração e a retenção da água da chuva. Essas áreas ajudam a reduzir o escoamento superficial, fornecem sombra e contribuem para a qualidade ambiental das cidades.
- Uso de práticas de baixo impacto: incentivar o uso de técnicas de baixo impacto, como técnicas de manejo de águas pluviais baseadas em natureza (*nature-based solutions*), que se inspiram em processos naturais para gerenciar as águas pluviais. Exemplos incluem a criação de áreas de infiltração, o uso de *swales* (valas vegetadas), a conservação do solo e a minimização do uso de superfícies impermeáveis.
- Práticas de gestão sustentável de águas pluviais em empreendimentos: a adoção de medidas de gerenciamento de águas pluviais em empreendimentos, como o uso de telhados verdes, pavimentos permeáveis e sistemas de reúso da água, contribui para reduzir o impacto do escoamento pluvial nas áreas urbanas.
- Gestão operacional e manutenção: refere-se à implementação de práticas adequadas de operação e manutenção dos sistemas de drenagem e manejo das águas



pluviais. Isso inclui a limpeza e desobstrução de canais e galerias, a manutenção de bacias de retenção e piscinões, a inspeção regular dos sistemas e a adoção de medidas corretivas quando necessário.

- **Monitoramento e avaliação:** envolve o acompanhamento contínuo dos sistemas de drenagem e manejo das águas pluviais, por meio de monitoramento hidrológico, coleta de dados, análise de desempenho e avaliação de impactos. Isso permite identificar problemas, tomar decisões informadas e promover ajustes nas medidas adotadas.

21.7. TAXA DE DRENAGEM

A implantação e gestão dos sistemas de drenagem urbana implicam na mobilização de uma quantidade significativa de recursos financeiros. Para garantir a sustentabilidade financeira destes serviços, é possível estabelecer modalidades de captação de recursos. Dentre estas modalidades estão os impostos, as taxas (podendo ser fixas ou calculadas com base em parâmetros físicos) e os pagamentos correspondentes a um consumo (BAPTISTA E NASCIMENTO, 2002).

Primeiramente, faz-se necessário diferenciar taxa de tarifa. As taxas desempenham um papel crucial na geração de recursos destinados à cobertura dos custos associados aos serviços de utilidade pública providos pelo Poder Público e disponibilizados à comunidade. Tais tributos são devidos pelos cidadãos, independentemente de sua utilização específica desses serviços (ATALIBA, 2014). Segundo Reis (2024):

“As taxas têm como objetivo gerar recursos para cobrir os custos de manutenção dos serviços de utilidade pública, desenvolvidos pelo Poder Público e colocados à disposição da comunidade, sendo devidas pelos cidadãos, independentemente de utilizarem ou não destes serviços. Veja que, em relação às taxas, não há como mensurar a quantidade do serviço que será utilizada por cada cidadão, individualmente, embora ela atenda ao seu interesse, igualmente ao de toda população.”

As tarifas públicas representam serviços, utilidades ou bens fornecidos pelo Poder Público a um indivíduo específico, atendendo ao seu interesse exclusivo. A distinção fundamental entre taxa e tarifa pública reside no fato de que a primeira é



paga pelo direito à disposição de um serviço, enquanto a segunda é paga pela aquisição de um bem, direito ou serviço entregue pelo poder público.

Reis (2024) resume a diferenciação entre as duas modalidades de cobrança:

“A diferença básica entre taxa e tarifa pública é que a primeira ele paga por ter um direito a sua disposição e a segunda ele paga por adquirir um bem, direito ou serviço que lhe é entregue pelo poder público. Empiricamente falando, a tarifa pública é opcional e gera um acréscimo de valor ao patrimônio individual do adquirente, enquanto a taxa apenas lhe proporciona maior conforto, deixando à sua disposição determinado serviço ou direito, pelo qual paga, querendo ou não, utilizando-se ou não do direito.

Nesse contexto, as tarifas públicas são opcionais e agregam valor ao patrimônio individual do adquirente, enquanto as taxas proporcionam maior conforto ao disponibilizar um serviço ou direito específico, independentemente do uso ou não pelo contribuinte.

A Lei Federal 14.026/2020, que atualiza o marco legal do Saneamento Básico também possibilita a implantação da cobrança das taxas de drenagem, em seu artigo 29:

“Art. 29 - Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços, e, quando necessário, por outras formas adicionais, como subsídios ou subvenções, vedada a cobrança em duplicidade de custos administrativos ou gerenciais a serem pagos pelo usuário, nos seguintes serviços:

I - De abastecimento de água e esgotamento sanitário, na forma de taxas, tarifas e outros preços públicos, que poderão ser estabelecidos para cada um dos serviços ou para ambos, conjuntamente;

II - De limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, na forma de taxas, tarifas e outros preços públicos, conforme o regime de prestação do serviço ou das suas atividades; e

III - de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, na forma de tributos, inclusive taxas, ou tarifas e outros preços públicos, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou das suas atividades.”

A aplicação de uma taxa de drenagem é uma forma de sinalizar ao usuário a existência de um valor para os serviços de drenagem urbana e que estes custos variam de acordo com a impermeabilização do solo (GOMES, BAPTISTA, NASCIMENTO, 2008). O custo referente a operação e manutenção da rede de drenagem urbana pode ser cobrado através de:



- Como parte do orçamento geral do município, sem uma cobrança específica dos usuários;
- Através de uma taxa fixa para cada propriedade, sem distinção de área impermeável;
- Baseada na área impermeável de cada propriedade – é a mais justa sobre vários aspectos, à medida que quem mais utiliza o sistema deve pagar proporcionalmente ao volume que gera de escoamento (GOMES, BAPTISTA, NASCIMENTO, 2008).

Vários países considerados desenvolvidos possuem uma taxa de drenagem urbana implantada como forma de gestão da drenagem, tais como os Estados Unidos (EUA), Canadá, Polônia, Dinamarca, Suíça e Suécia.

Uma série de obstáculos podem interferir na implementação de uma taxa de drenagem, dificultando a instauração deste mecanismo de financiamento. No entanto, o principal obstáculo refere-se à precificação e à atribuição, para cada usuário do sistema, de um valor de escoamento direto produzido em sua propriedade (GOMES, BAPTISTA, NASCIMENTO, 2008).

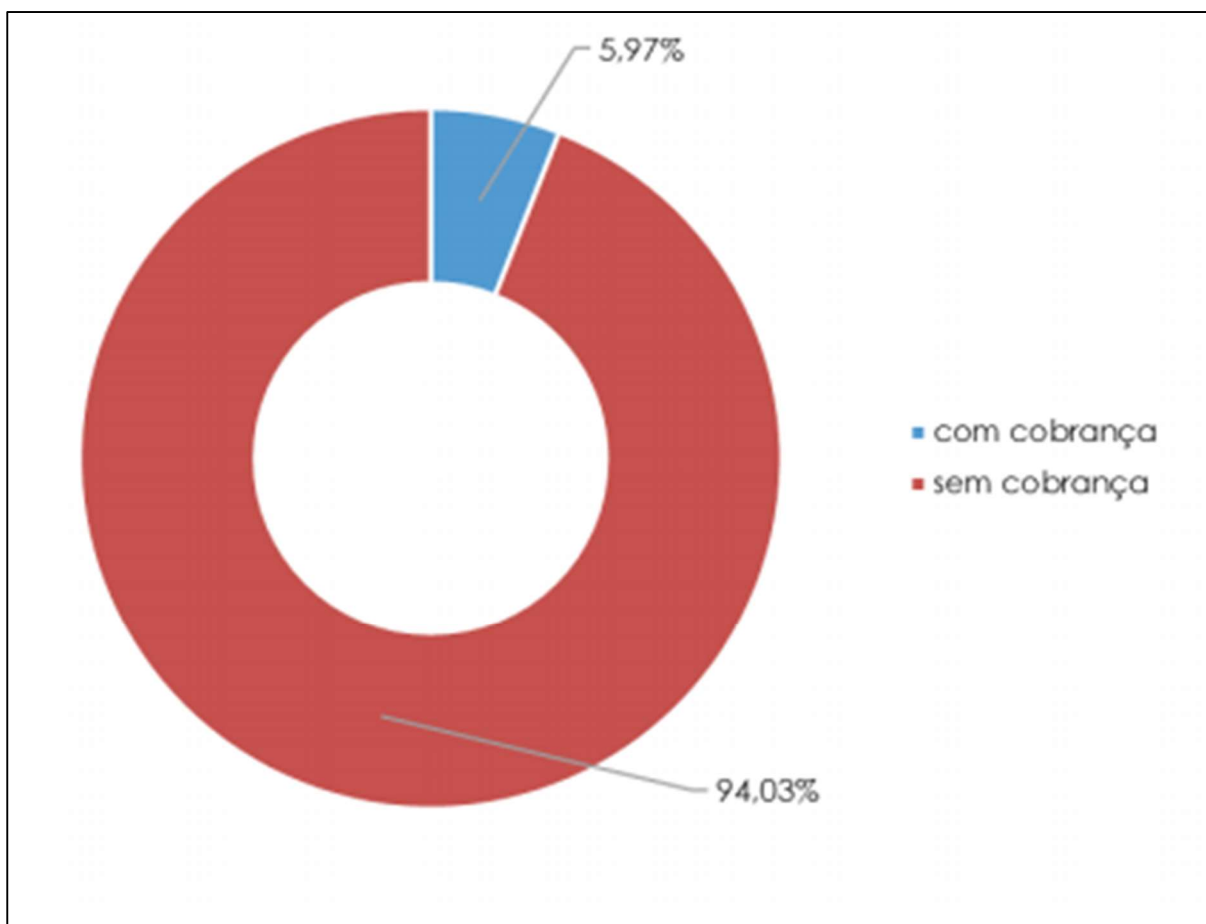
Como vantagens da aplicação deste instrumento, Gomes, Baptista e Nascimento (2008) destacam a relevância da aplicação de uma taxa de drenagem baseada na parcela de solo impermeabilizado, pois esta apresenta uma base física, que torna a cobrança mais fácil, ou de melhor aceitação por parte da população, além de promover a equidade.

O crescimento populacional de cidades aumenta a impermeabilização, que aumenta o escoamento superficial, que onera a estrutura de drenagem, propiciando a ocorrência de enchentes urbanas. Neste contexto, cabe a inserção, portanto, de uma taxa de drenagem urbana, que possibilite a sustentabilidade financeira do sistema de drenagem, não considerando as externalidades geradas por este sistema, mas de forma que a manutenção do sistema de drenagem seja feita de forma satisfatória (GOMES, BAPTISTA, NASCIMENTO, 2008).

O Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) solicita aos prestadores informar a existência de alguma forma de cobrança ou de ônus indireto aos usuários pelo uso ou disposição dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas - DMAPU. Dos 3.603 municípios que participaram do levantamento

de 2018, 3.388 (94,03%) não possuem nenhuma forma de cobrança, nem ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU, enquanto 215 (5,97%) têm algum tipo de cobrança ou ônus indireto por estes serviços. A distribuição percentual dos municípios em que existe ou não alguma cobrança ou ônus indireto é apresentada na Figura 79.

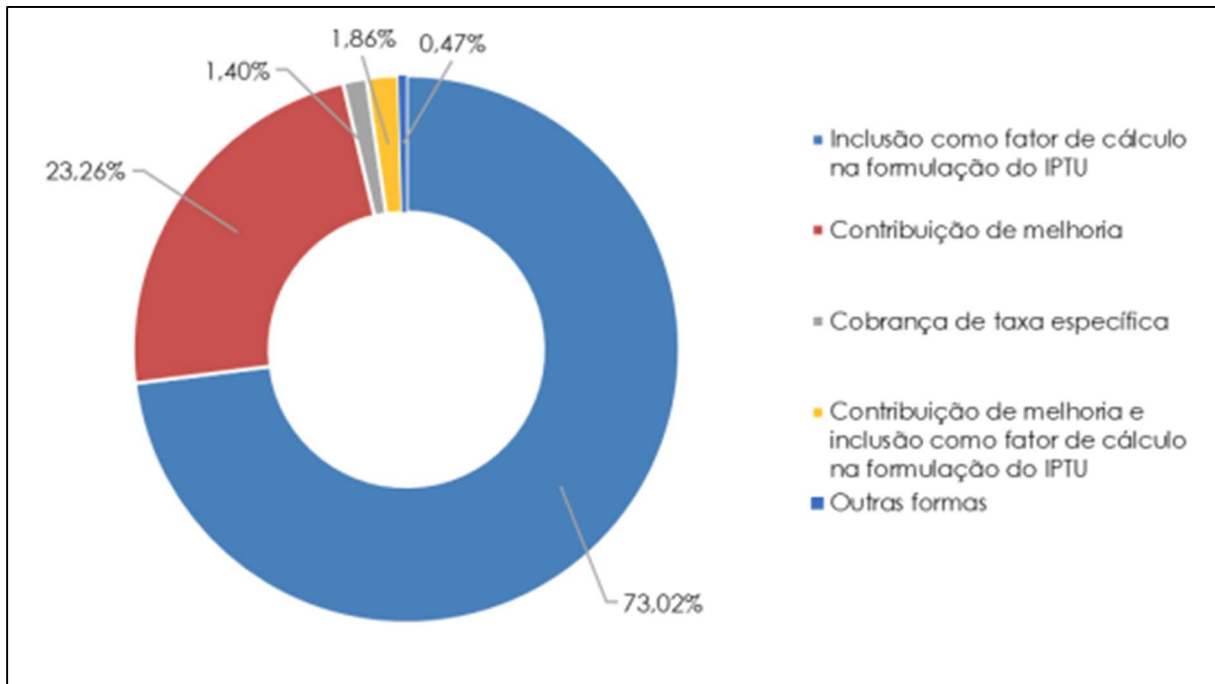
Figura 79 – Distribuição percentual de municípios com ou sem cobrança ou ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU.



Fonte: SNIS, 2018.

Em relação aos mecanismos de cobrança, dos 215 (5,97%) municípios que possuem algum mecanismo, 157 (73,02%) a fazem por meio de inclusão como fator de cálculo na formulação do Imposto sobre Propriedade Territorial Urbana (IPTU), 50 (23,26%) por meio de contribuição de melhoria, 3 (1,40%) por meio de cobrança de taxa específica, 4 (1,86%) por uma combinação de cobrança de contribuição de melhoria e inclusão como fator de cálculo na formulação do IPTU e 1 (0,47%) por meio de outras formas - Figura 80.

Figura 80 – Distribuição percentual dos tipos de mecanismos de cobrança ou ônus indireto.



Fonte: SNIS, 2018.

Os dados fornecidos pelos prestadores de serviço ao SNIS 2018, mais uma vez corroboram o conhecimento pré-existente no setor saneamento básico de que a cobrança pelo uso efetivo ou potencial dos serviços de DMAPU é praticamente inexistente no país, mesmo com a previsão legal na Lei Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020).

A inexistência de cobrança na imensa maioria dos prestadores de serviço de drenagem urbana e manejo das águas pluviais decorre das dificuldades legais e técnico-operacionais para a sua implantação, conforme aponta Tucci (2012). O Artigo 36 da Lei Nacional de Saneamento Básico determina que se devam considerar os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou retenção de água de chuva, em cada lote urbano. Isto obriga a um esforço de individualização do volume de água das chuvas que cada lote lança no sistema público de drenagem.

Para atender aos requisitos técnico-operacionais e legais para o cálculo de uma taxa de drenagem urbana e manejo das águas pluviais é necessário, dentre outros, que os prestadores de serviço tenham documentação técnica de suporte para



mensurar a contribuição individual de cada lote urbano e que exista lei municipal específica amparando a cobrança.

Quanto às dificuldades legais, argumenta-se que não haveria adesão dos municípios a novas taxas ou tributos face à percepção de baixo retorno efetivo na prestação dos serviços municipais. Em relação às dificuldades técnicas, a inexistência de Cadastros Técnico e Territorial, atualizados, Plano Diretor Urbanístico, Programa de Parcelamento de Débitos - PPD e Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), dentre outros documentos, impossibilita a mensuração individual da contribuição específica de cada lote para o sistema de drenagem público.

O Município de Santo André faz cobrança de Taxa de Drenagem de Águas Pluviais, prevista na lei municipal nº 7.606, de 23 de dezembro de 1997, que institui e regula esta taxa. Ela é cobrada na conta de saneamento ambiental do SEMASA, de todos os imóveis abrangidos pelo serviço público de drenagem de águas pluviais, e é devida, conforme Artigo 2 da lei municipal:

“Em razão da utilização efetiva ou da possibilidade de utilização, pelo usuário, dos serviços públicos de drenagem de águas pluviais, decorrentes da operação e manutenção dos sistemas de micro e macrodrenagem existentes no Município.”
(SANTO ANDRÉ, 1997)

Os custos da operação e manutenção dos sistemas de macro e microdrenagem do município são divididos entre cada usuário (proprietário de imóvel), segundo a contribuição volumétrica das águas provenientes de cada unidade imobiliária lançada no sistema de drenagem pública. O valor da taxa mensal considera o custo médio mensal do serviço e o volume de águas pluviais produzido por cada imóvel. O cálculo da taxa leva em conta, também, o índice pluviométrico mensal do município, o coeficiente de impermeabilização e a área coberta do imóvel.

Em 2018, foi cobrada, em Santo André, uma taxa de R\$ 2,50/mês, de um conjunto de 217.318 unidades, isto é, 97,85% das unidades edificadas no município. O valor cobrado em 2018 é expressivamente inferior aos valores cobrados em 2015 e 2017, respectivamente, R\$ 12,00 e R\$ 19,44. De acordo com o prestador de serviços esta diferença decorre da revisão da informação prestada pelo próprio município, nos anos anteriores, quando os valores informados correspondiam ao valor anual da taxa.



A seguir, seguem metodologias propostas para efetuar e implementar o cálculo para cobrança de Taxa de Cobrança para Drenagem Urbana, com base nas características individuais de cada município, para que desta forma, seja uma cobrança justa.

A taxa proposta por Tucci (2002) tem como base dois principais aspectos: o rateio dos custos indiretos (custos de operação e manutenção dos sistemas de drenagem) e o custos diretos (ônus de obras para execução de um plano de drenagem). O método de cálculo dos dois aspectos pode ser observado a seguir.

- Rateio dos custos de operação e manutenção do sistema de drenagem.

Calcula-se o Custo Unitário das Áreas Impermeáveis (Cui) através da fórmula a seguir. O autor alega que o princípio da taxa de operação e manutenção é o da proporcionalidade com o volume de escoamento superficial. Desta forma o volume gerado pelas áreas impermeáveis é considerado 6,33 vezes superior ao das áreas permeáveis, tendo em vista que as áreas impermeáveis possuem um coeficiente de escoamento de 0,95, enquanto o das áreas permeáveis é de 0,15.

A metodologia também considera que as áreas ocupadas são distribuídas como sendo 25% áreas públicas (15% impermeáveis e 10% permeáveis) e 75% de áreas privadas, podendo ser alterados esses parâmetros.

Tendo o valor fixado de Cui para a bacia ou área total, os encargos para cada lote são individualizados de acordo com o volume de escoamento gerado em cada superfície, conforme a equação Tx.

$$Cui = 100 \times C_t / [A_b \times (15,8 + (0,842 \times A_i))]]$$

$$Tx = (A \times Cui / 100) \times (28,43 + (0,632 \times i_1))$$

Onde:

Cui = Custo unitário das áreas impermeáveis (R\$/m²);

C_t = Custo total para realizar a operação e manutenção do sistema (R\$ milhões);

A_b = Área da bacia (km²);

A_i = Parcela da bacia impermeável (%);

Tx = Taxa anual a ser cobrada pelo imóvel (R\$);

A = Área do imóvel (m²);



i_1 = Percentual de área impermeabilizada do lote (%).

- Rateio dos custos para implementação das obras do plano de drenagem.

Neste caso, o rateio de custos é distribuído apenas para as áreas impermeabilizadas, que aumentaram a vazão acima das condições naturais. O custo para cada área de lote urbanizado é obtido pela expressão que leva em conta a área impermeável do lote, enquanto para um lote sem área impermeável, a contribuição tarifária do proprietário se refere a parcela comum das ruas.

$$T_{xp} = \left(A \times C_{tp} \times (15 + (0,751 \times i_1)) \right) / (A_b \times A_i)$$

[Taxa para áreas impermeabilizadas]

$$T_{xp}' = (A \times C_{tp} \times 15) / (A_b \times A_i)$$

[Taxa para áreas não impermeabilizadas]

Onde:

T_{xp} = Custo para cada área de lote urbanizado;

T_{xp}' = Custo para cada área sem impermeabilização;

A = Área do terreno (m);

C_{tp} = Custo total de implementação do Plano (R\$ milhões);

i_1 = Área impermeável do lote (%);

A_i = Área impermeável de toda a bacia (%);

A_b = Área da bacia (km).

Cançado *et al.* (2006) alegam que taxa de drenagem possibilita uma distribuição socialmente mais justa dos custos, onerando mais os usuários que utilizam mais o sistema. Os autores apontam as principais alternativas para a definição de uma taxa de drenagem, dentre elas:

- Preço igual ao custo marginal social;
- Preço igual ao benefício marginal;



- Regra ramsey ou regra de preços públicos;
- Preço igual ao custo médio;
- Preço igual ao custo marginal de longo prazo;
- Preço igual ao custo médio de longo prazo.

Dentre as alternativas levantadas, os autores analisam que uma cobrança pelos serviços que defina o preço igual ao custo marginal não é viável financeiramente na drenagem urbana. Na cobrança por meio do benefício marginal há problemas para avaliar os verdadeiros benefícios do usuário, pois este tende a omiti-los. A regra de Ramsey apresenta dificuldade, pois requer informações sobre as demandas individuais, o que praticamente não existe na drenagem.

De acordo com Matos (2016), a definição dos preços em análises de longo prazo não foi considerada pelos autores. Portanto, define-se uma taxa equivalente ao custo médio de produção, priorizando o financiamento do sistema. Desta forma, a cobrança ocorre via custo médio de implantação (micro e macrodrenagem) e manutenção (limpeza de bocas coletoras e redes de ligação, vistorias no canal e recuperação de patologias estruturais). A soma destes dois componentes do custo representa o custo total de prestação dos serviços. A taxa é calculada da seguinte forma:

$$Cme = CT / (ai_{vias} + \sum ai_j)$$

$$Tx = Cme \times ai_j$$

Onde:

Cme = Custo médio do sistema por m² de área impermeável;

CT = Soma custos médios de implantação (micro e macrodrenagem) e manutenção dos serviços (limpeza de bocas-coletoras e redes de ligação, vistorias no canal e recuperação de patologias estruturais);

ai_{vias} = Área impermeabilizada das vias;

ai_j = Área impermeabilizada do imóvel j;

ai_{vias} + $\sum ai_j$ = Parcela do solo impermeabilizada na área coberta pelo sistema de drenagem;

Tx = Taxa de drenagem, com custo rateado segundo as demandas individuais.



Os autores alegam que a área impermeável foi utilizada como base de cobrança por ser a principal justificativa para a implantação dos sistemas de drenagem urbana (MATOS, 2016). Além disso, esse parâmetro é um conceito simples para que o usuário do sistema possa entender o método de cobrança e procure evitar a impermeabilização de seu lote. Para o cálculo dessa taxa, os autores também consideram as técnicas compensatórias utilizadas, que podem acarretar a um desconto na taxa, como caixas de detenção para redução de vazão de saída (MATOS, 2016).

O sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais também deve ter sua taxa calculada em cima da manutenção e operação do sistema, bem como o necessário para instalação de novos dispositivos necessários à seguridade das vidas e bens dentro das áreas críticas das cidades. Pode levar em consideração o tamanho do lote, a área impermeabilizada do mesmo, a presença ou não de tecnologias de retenção in loco como telhados verdes, bacias de detenção e retenção, valas de infiltração, pavimentos porosos, entre outros.

A seguir, demonstra-se um **modelo básico hipotético** para estabelecer uma taxa para o sistema de drenagem, englobando custos diretos e indiretos, de acordo com o preconizado no novo marco legal do saneamento básico, Lei Federal 14.026/2020.

A taxa consiste na aplicação de uma fórmula com um valor fixo (VF) (determinado pelo custo da operação e manutenção do sistema acrescido do custo de implementação do Plano e outra variável, levando-se em consideração parâmetros tais como: Área Impermeabilizada, Tipo de Economia e Consumo de Água. O número de economias (NEC) foi retirado da última edição do SNIS de 2023, referente ao ano de 2022. O custo total foi obtido dividindo-se o gasto total anual com o sistema, R\$9.365.305,46, por 12, obtendo-se assim o custo mensal de R\$ 780.442,12.

$$VF = \frac{CT}{NEC}$$

$$VF = \frac{780.442,12}{130.135}$$

$$VF = R\$ 5,99$$

$$\mathbf{TARIFA = VF.AI.CI.CA}$$



FATORES:

Quanto a área impermeabilizada (AI)

- Maior que $500\text{m}^2 = 2,0$
- Menor que $500\text{m}^2 = 1,0$

Quanto à classificação do imóvel (CI)

- Social = 0,25
- Residencial = 0,7
- Comercial = 1,2
- Industrial = 5,0
- Público = 0,5

Quanto ao consumo de água (CA) – RESIDENCIAL, PÚBLICA E SOCIAL

- 1ª Faixa - 0 a $10\text{ m}^3 = 0,5$
- 2ª Faixa - 11 a $15\text{ m}^3 = 0,60$
- 3ª Faixa - 16 a $30\text{ m}^3 = 1,10$
- 4ª Faixa - 31 a $45\text{ m}^3 = 1,80$
- 5ª Faixa - 46 a $60\text{ m}^3 = 2,50$
- 6ª Faixa - 61 a $999\text{ m}^3 = 4,00$

Quanto ao consumo de água (CA) – COMERCIAL E INDUSTRIAL

- 1ª Faixa - 0 a $10\text{ m}^3 = 0,7$
- 2ª Faixa - 11 a $20\text{ m}^3 = 1,6$
- 3ª Faixa - 21 a $30\text{ m}^3 = 3,0$
- 4ª Faixa - 31 a $999\text{ m}^3 = 3,5$

Exemplo prático para uma economia de imóvel residencial com área impermeabilizada menor que 500m^2 e está na 1ª Faixa de Consumo de Água:



TARIFA = VF.AI.CI.CA

$$\text{TARIFA} = 5,99 \times 1,0 \times 0,7 \times 0,5$$

$$\text{TARIFA} = \text{R\$}2,10$$

Usando o mesmo exemplo para um imóvel com área impermeabilizada maior que 500m², fator x2, o valor da tarifa seria de R\$4,19.

Para um imóvel comercial, com área impermeabilizada maior que 500m², 1ª faixa de consumo, o cálculo resulta em:

TARIFA = VF.AI.CI.CA

$$\text{TARIFA} = 5,99 \times 2,0 \times 1,2 \times 0,7$$

$$\text{TARIFA} = \text{R\$}10,06$$

Agora um exemplo para um exemplo industrial, com área impermeabilizada maior que 500m², na 2ª faixa de consumo a conta seria:

TARIFA = VF.AI.CI.CA

$$\text{TARIFA} = 5,99 \times 2,0 \times 5 \times 1,6$$

$$\text{TARIFA} = \text{R\$} 95,84$$



22. MEDIDAS PARA CORRETO DESCARREGAMENTO NOS CORPOS D'ÁGUA

A ocupação urbana provoca alterações no padrão de escoamento dos deflúvios superficiais na bacia hidrográfica, pois à medida que áreas com superfícies naturais são transformadas em superfícies impermeáveis, os processos de infiltração e retenção de água na bacia são reduzidos, resultando em um significativo aumento dos deflúvios superficiais nas áreas a jusante. Além disso, a água escoada superficialmente entra em contato com diversas fontes de poluentes, comprometendo sua qualidade. Quando essa água é lançada nos corpos receptores, como rios, lagos ou aquíferos subterrâneos, pode contaminá-los. Conseqüentemente, a poluição difusa tem se tornado um dos principais problemas sanitários nas áreas urbanas, relacionando-se com a ocorrência de endemias e doenças de veiculação hídrica.

As fontes de poluição difusa são, em sua maioria, resultado das atividades humanas desenvolvidas no processo de ocupação e uso do solo nas áreas urbanas da bacia. Os impactos decorrentes da degradação da qualidade da água no meio urbano abrangem aspectos sociais, econômicos e ambientais, podendo ser citados os seguintes (RIGHETTO, 2009):

- Mortandade de peixes e da vida aquática;
- Problemas relacionados com a proliferação de doenças de veiculação hídrica;
- Degradação da qualidade da água, tornando-a imprópria para consumo;
- Degradação do ecossistema e do habitat;
- Custos financeiros relacionados com ações de limpeza e remoção de poluentes;
- Prejuízos sociais relacionados com a inadequação de áreas de lazer.

A urbanização intensifica consideravelmente a velocidade do escoamento superficial, resultando no aumento do potencial erosivo do solo e conseqüentemente no transporte de sedimentos, contribuindo para o assoreamento de rios e lagos. Esse processo de assoreamento reduz o volume útil desses corpos de água, diminuindo sua capacidade de detenção e aumentando o risco de inundações. O Quadro 12



mostra os principais tipos de poluentes urbanos, suas fontes e os impactos por eles produzidos.

Quadro 12 – Principais tipos de poluentes urbanos, suas fontes e impactos produzidos.

POLUENTES	ORIGEM	IMPACTOS
Nitrogênio e fósforo	Sistemas sépticos inadequados; desmatamento; fertilizantes.	Reduz OD (oxigênio dissolvido); crescimento de algas; degradação da água de consumo.
Sedimentos	Obras de construção; áreas desmatadas; processos erosivos.	Aumento da turbidez; redução do OD; degradação da vida aquática.
Organismos patogênicos	Lançamentos de efluentes domésticos; sistemas sépticos inadequados	Riscos a saúde humana pelo consumo; inviabilidade do uso recreativo.
Metais pesados: chumbo, cádmio, zinco, mercúrio, alumínio, entre outros	Processos industriais; resíduos de óleo de motor; mineração; queima de combustíveis.	Toxicidade da água e do sedimento; acumulação na atividade biológica e na cadeia alimentar.
Pesticidas; produtos sintéticos	Herbicidas, fungicidas, inseticidas; processos industriais; lavagem de solos contaminados.	Toxicidade da água e do sedimento; acumulação na atividade biológica e na cadeia alimentar.

Fonte: Righetto, 2009; adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Segundo Montes (2019), a principal questão reside no lançamento das águas pluviais provenientes da drenagem urbana no terreno natural e em corpos hídricos, ocasionando o desprendimento e transporte de sedimentos desde o ponto de descarregamento até o corpo hídrico. Esse problema resulta em processos erosivos, assoareamento dos corpos hídricos receptores e degradação das margens. Isso ocorre quando há uma alta velocidade de escoamento que não ocorre em seções hidráulica-mente estáveis, transportando consigo sedimentos provenientes dos locais de descarregamento de águas pluviais da drenagem urbana (VIEIRA e HONDA, 2013).

A erosão engloba os processos pelos quais os materiais rochosos e terrosos do solo são desagregados, desgastados ou dissolvidos e transportados por agentes erosivos como vento, água e gelo, podendo ser natural ou antrópica. No contexto da drenagem urbana, as erosões mais relevantes são as erosões hídricas (BRITO, 2012).

De acordo com Brito (2012), as erosões hídricas são categorizadas em três grupos (erosão interna, superficial e linear) e compreendem quatro fases:

- Impacto da água;



- Desagregação das partículas;
- Transporte das partículas ou sedimentos;
- Deposição.

Dentro da erosão hídrica ocorre o escoamento superficial, que é o deslocamento das águas sobre o solo, responsável pela desagregação e transporte de sedimentos, causando processos erosivos e, conseqüentemente, o assoreamento de corpos hídricos e sua contaminação. Por isso, o assoreamento é uma das principais preocupações relacionadas ao correto descarregamento de águas pluviais nos corpos d'água.

Conforme Santos (2020), o assoreamento é o processo de transporte e sedimentação de partículas de solo, detritos e outros sedimentos nos corpos hídricos, resultando em diversos impactos ambientais negativos, como alagamentos, contaminação da água e, em casos mais graves, alterações no curso do fluxo da água. Esses sedimentos provêm de solos sem vegetação e áreas de solo revolvido devido a obras de loteamentos e terraplanagens, sendo posteriormente transportados e acumulados nos corpos hídricos (SANTOS, 2020).

O lançamento inadequado das águas pluviais nos corpos hídricos resulta em problemas como assoreamento e contaminação, afetando a fauna, a flora aquática e as áreas adjacentes aos corpos d'água, além de causar problemas diretos e indiretos para a população local, como o aumento da frequência de enchentes e questões estéticas em áreas urbanizadas.

Além dos impactos mencionados, o transporte de sedimentos carrega consigo uma carga de poluentes, piorando a qualidade da água no corpo hídrico receptor (TUCCI; COLLISCHONN, 2017).

22.1. QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Sendo a água um recurso natural de múltiplos usos e interesses, instrumentos de gestão foram elaborados e aplicados com o objetivo de reger sua utilização, de forma a garantir o amplo atendimento às demandas mitigando ao máximo o comprometimento dos corpos hídricos ou buscando a melhoria contínua da qualidade de suas águas (CETESB, 2023).



O Enquadramento dos corpos de água é um instrumento fundamental na esfera de planejamento ao integrar a política de recursos hídricos com a política de meio ambiente, associando a outros instrumentos de gestão das águas (Outorga do Direito de Uso de Recursos Hídricos e Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos) com os instrumentos de gestão ambiental (licenciamento e monitoramento de qualidade).

Não devendo ser visto como uma simples classificação, o enquadramento é um recurso de gestão que visa assegurar que a qualidade das águas seja compatível com as demandas. A partir da identificação dos usos mais nobres e consequentemente mais restritivos em termos de qualidade, o enquadramento estabelece, no caso das águas superficiais, a classe de qualidade da água a ser mantida ou alcançada em um trecho (segmento) de um corpo de água.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) dispõe que as classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental e delega às Agências de Bacia competência para propor aos respectivos Comitês de Bacia o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com a dominialidade.

Em 1986 foi publicada a Resolução CONAMA 20/86, que classificou os corpos hídricos segundo seus usos preponderantes. A mesma resolução foi responsável por determinar os limites de lançamento para efluentes lançados diretamente em corpos hídricos. Em 1997 foi editada a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), com a previsão do instrumento de outorga para lançamento de efluentes e ainda a proposta de aperfeiçoar os instrumentos de gestão da água, por meio da implementação de um modelo de gestão participativa. O enquadramento dos corpos d'água, segundo previsão da Política Nacional, é de responsabilidade dos Comitês e Agências de bacia onde existirem.

Em 2005, com a publicação da resolução CONAMA 357, que atualizou os critérios de classificação dos corpos hídricos e alterou alguns parâmetros de lançamento de efluentes, a Resolução CONAMA 20/86 foi revogada. Os critérios de classificação dos corpos hídricos foram atualizados e foram também alterados alguns parâmetros de lançamento de efluentes.

A CONAMA 357/05 definia padrões e condições para lançamento de quaisquer efluentes em corpos hídricos; com a publicação da CONAMA 430/11, foram fixados



padrões e condições distintos também para lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários e lançamento de esgotos sanitários por meio de emissários submarinos.

Permanece a obrigação de os efluentes não poderem conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e finais. Entretanto, para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias e na ausência de metas intermediárias progressivas, os padrões de qualidade a serem observados no corpo receptor são os relacionados à classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

As condições de lançamento de efluentes permanecem as mesmas anteriormente previstas pela CONAMA 357/05, acrescidas de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C), que deve observar remoção mínima de 60% de DBO, sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Anterior a PNRH, o Decreto Estadual nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 definiu classes de uso e o Decreto 10.755 de 22 de novembro de 1977 apresentou em seu contexto o enquadramento dos corpos d'água no Estado de São Paulo.

Com base nos decretos do Estado de São Paulo nº 10.755/77 e nº 8.468/76, que dispõem sobre o enquadramento dos corpos de água localizados sobre o território paulista, observa-se que o “Ribeirão Tatu, afluente do Rio Piracicaba; no trecho do Município de Limeira” é enquadrado como Classe 4 (SÃO PAULO, 1977).

De acordo com o Decreto Estadual nº 8.468/76, as águas de Classe 4 são aquelas “destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes” (SÃO PAULO, 1976).

O monitoramento da qualidade da água pluvial é uma prática essencial para compreender os possíveis impactos da poluição nos corpos hídricos de macrodrenagem. Esses corpos hídricos desempenham um papel fundamental na drenagem urbana, recebendo o escoamento das águas pluviais e transportando-os para locais adequados.

A poluição da água pluvial pode ocorrer devido à contaminação por substâncias químicas, resíduos sólidos, sedimentos e outros poluentes presentes nas áreas



urbanas. Esses poluentes podem afetar negativamente a qualidade da água e causar impactos significativos no ecossistema aquático, comprometendo a biodiversidade e a saúde humana.

O monitoramento da qualidade da água pluvial envolve a coleta sistemática de amostras em pontos estratégicos ao longo dos sistemas de macrodrenagem. Essas amostras são analisadas em laboratório, utilizando técnicas e métodos específicos, para avaliar a presença e concentração de diferentes parâmetros, como pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), coliformes fecais, entre outros.

É importante ressaltar que, atualmente, não há legislação específica no país que regulamente o lançamento de água pluvial nos corpos hídricos de macrodrenagem. Os padrões de lançamento preconizados pelo CONAMA referem-se a efluentes (domésticos e industriais) após tratamento, o que gera uma lacuna legal sobre a qualidade das águas pluviais quando afluentes aos rios que formam a malha de macrodrenagem das bacias.

Diante dessa lacuna na legislação, é fundamental que sejam realizados estudos e pesquisas para compreender melhor os impactos da poluição da água pluvial nos corpos hídricos e estabelecer diretrizes e padrões adequados. O monitoramento contínuo da qualidade da água pluvial fornece dados essenciais para embasar tomadas de decisão e implementar medidas de controle e mitigação dos impactos da poluição, visando a preservação dos recursos hídricos e a melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas, não transferindo a poluição gerada para jusante.

A título de comparação, o Decreto Estadual nº 8.468/76, estabelece que:

“Nas águas de Classe 4 não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos seguintes valores ou condições:
I — Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais virtualmente ausentes;
II — Odor e aspecto — não objetáveis;
III — Fenóis; até 1,0 mg/l (um miligrama por litro);
IV — Oxigênio Dissolvido (OD), superior a 0,5 mg/l (cinco décimos de miligrama por litro) em qualquer amostra.” (SÃO PAULO, 1976; sp.)

Mesmo que o lançamento de águas pluviais nos corpos hídricos não seja equiparado ao lançamento de efluentes, temos como princípio legal a necessidade de não alteração da qualidade da água de acordo com a Classe preconizada em seu



enquadramento que, frente a ausência de legislação específica, pode nortear a qualidade mínima necessária para o despejo das águas pluviais nos rios que compõe a rede de macrodrenagem das bacias hidrográficas. Sendo assim, segue uma série de quadros com os principais parâmetros a serem analisados para o monitoramento da qualidade das águas.

O Quadro 13 mostra as principais variáveis gerais de qualidade. O Quadro 14 apresenta os principais nutrientes encontrados nos corpos hídricos. O Quadro 15 apresenta os parâmetros relacionados à matéria orgânica enquanto que o Quadro 16 as variáveis inorgânicas. Por fim, o Quadro 17 discorre sobre os metais e o Quadro 18 sobre os principais compostos orgânicos.



Quadro 13 – Parâmetros gerais de qualidade.

Variável	Unidade de Medida	Significado	Observações
Cor	Depende do método de análise	Podem atribuir cor à água compostos de íons metálicos naturais, matéria orgânica, corantes sintéticos e partículas em suspensão.	As partículas interferem na absorção e na transmissão da luz. A cor de uma amostra pode ser dividida em cor aparente e cor verdadeira (medida após a eliminação das partículas em suspensão).
Dureza Total	mg/L CaCO ₂	Função das características geológicas e climáticas da região, relacionada principalmente a sais de cálcio e magnésio.	Em programas de monitoramento, a utilização desta variável é útil para demonstrar a concentração de cátions bivalentes na água.
Odor	-	Função de despejos industriais e domésticos que podem criar odores na água devido ao estímulo da atividade biológica. Solventes orgânicos, combustíveis e óleos, entre outras substâncias, também podem resultar em odor na água.	Geralmente, o odor não é incluído em programas de monitoramento, porém a simples observação desta variável no momento da coleta pode auxiliar na escolha das demais variáveis a serem monitoradas.
pH	-	Variável importante que influencia vários processos biológicos e químicos. Variações bruscas de pH podem indicar presença de efluentes industriais. Lagos eutrofizados apresentam pH elevado.	A variação do pH, num corpo hídrico, depende de vários fatores naturais, como clima, geologia e vegetação. Mudanças que ocorrem ao longo do tempo no pH devem ser melhor analisadas. O valor do pH afeta de maneira significativa outras variáveis, como o aumento da solubilidade de metais, a redução da disponibilidade de nutrientes e os processos biológicos.
Oxigênio dissolvido (OD)	mg/L	A concentração de oxigênio dissolvido nos corpos de água depende da temperatura, salinidade, turbulência, atividade fotossintética e pressão do oxigênio na atmosfera. É essencial para todas as formas de vida aquática e tem papel fundamental no processo de autodepuração. A sua concentração na água é bastante variável, tanto a nível espacial quanto temporal.	A medida da concentração de OD em um programa de monitoramento de qualidade é extremamente importante, pois indica problemas de poluição. A sua medida deve estar sempre associada à temperatura e deve ser comparada com a concentração de saturação, que é função da salinidade do corpo de água.



PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
Limeira – SP



Variável	Unidade de Medida	Significado	Observações
Sólidos totais (ST)	mg/L	Referem-se a substâncias remanescentes do processo de evaporação da amostra de água e sua secagem subsequente. Por meio do processo de filtração, estes sólidos podem ser divididos em dois grupos: sólidos em suspensão totais e sólidos dissolvidos totais.	A análise de sólidos possibilita uma visão geral sobre a qualidade da água que está sendo analisada e pode revelar a ocorrência de processos específicos nos corpos da água e na bacia de drenagem.
Sólidos suspensos totais (SST)			
Sólidos dissolvidos totais (SDT)			
Temperatura	°C	A temperatura afeta processos químicos, físicos e biológicos os quais influenciam outras variáveis de qualidade da água. Estratificação vertical de temperatura observada em ambientes lênticos afeta significativamente a qualidade do corpo da água.	A temperatura dos corpos hídricos varia com o clima, sendo que, em alguns, esta variação pode ocorrer em períodos de 24h.
Turbidez	μ T (unidade de turbidez) UNT (Unidade nefelométrica de turbidez)	A turbidez está associada à presença de matéria em suspensão na água (silte, argila, partículas coloidais orgânicas e inorgânicas, plâncton e micro-organismos). A turbidez afeta nos processos biológicos que ocorrem na água por que interferem no processo de transmissão da luz.	Em muitas situações, turbidez elevada pode significar processos erosivos, manejo inadequado do solo e lançamento de despejos industriais e domésticos na bacia. A turbidez é significativamente afetada pelas condições hidroológicas da bacia.
Condutividade elétrica	μ S/cm (mS/m)	A condutividade elétrica mede a capacidade que a água tem de transmitir corrente elétrica e está diretamente relacionada à concentração de espécies iônicas dissolvidas, principalmente inorgânicas. Esta medida pode ser relacionada com a concentração de sólidos dissolvidos totais, o que facilita a avaliação do corpo hídrico, pois é uma medida direta. Valores superiores a 1.000 μ S/cm podem indicar problemas de poluição.	A condutividade elétrica é uma medida muito simples e traz informações importantes sobre a qualidade da água e, por isso, a sua medida é bastante recomendada num programa de monitoramento de qualidade da água. A condutividade elétrica varia com a temperatura.



PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
Limeira – SP



Variável	Unidade de Medida	Significado	Observações
Carbono orgânico total (COT)	mg/L C	O carbono orgânico presente na água é resultado dos organismos vivos presentes na água e também do lançamento de despejos. Pode ser utilizado para indicar o grau de poluição de um corpo hídrico. Valores superiores a 10 mg/L podem indicar contaminação por despejos industriais ou domésticos.	O carbono orgânico total representa o material dissolvido e particulado. O carbono inorgânico interfere no resultado da análise e deve ser eliminado antes das medidas.
Clorofila	µg/L	Clorofila são pigmentos que estão presentes em muitos organismos fotossintetizantes e existem em três formas: a, b e c. A mais abundante é a clorofila-a, que representa 1 a 2% da massa de algas planctônicas. A concentração de clorofila-a é um indicador do estado trófico de corpos hídricos, pois o crescimento de organismos planctônicos está diretamente relacionado à presença de nutrientes.	A concentração da clorofila-a é influenciada pela intensidade luminosa e pela temperatura, além da presença de nutrientes. Em programas de monitoramento, esta variável é uma boa indicadora de processos de eutrofização.
Coliformes termotolerantes	Coliformes/100 mL	São utilizados como indicadores do potencial de contaminação por organismos patogênicos. Os coliformes termotolerantes representam uma grande variedade de organismos que habitam o intestino dos animais de sangue quente.	A presença de coliformes termotolerantes não indica, necessariamente, a presença de organismos patogênicos, porém indica que o corpo hídrico foi contaminado por material de origem fecal.

FONTE: RIGHETTO, 2009



Quadro 14 – Principais nutrientes encontrados em corpos hídricos.

Variável	Unidade de Medida	Significado	Observações
Fósforo total (P)	mg/L	Nutriente essencial para os organismos vivos, o fósforo pode estar presente nos corpos hídricos na forma dissolvida e particulada. Elevadas concentrações indicam poluição, que pode estar relacionada a despejos domésticos ou industriais.	Trata-se de um nutriente limitante para o processo de eutrofização. Na pesquisa sobre as fontes de contaminação por fósforo, é importante avaliar as atividades desenvolvidas na região.
Série do nitrogênio N-NO3 (Nitrito) N-NO2 (Nitrito) N-NH4 (Amoniacal)	mg/L N	A presença de nitrogênio nos corpos hídricos, nas suas mais variadas formas, inclusive orgânica, resulta de processos biogênicos naturais que ocorrem no solo ou na água e do lançamento de despejos industriais ou domésticos. Elevadas concentrações de compostos da série do nitrogênio podem ser um indicativo de poluição por matéria orgânica.	Geralmente, o nitrogênio presente em despejos domésticos está na forma orgânica, sendo convertido às formas amoniacal, nitrito e nitrato, à medida que a matéria orgânica vai sendo degradada. Para avaliação das principais fontes de nitrogênio em corpos de água, é necessário investigar as atividades desenvolvidas no local e associar com a forma predominante de nitrogênio encontrado.

FONTE: RIGHETTO, 2009



Quadro 15 – Matéria orgânica presente em corpos hídricos.

Variável	Unidade de Medida	Significado	Observações
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	mg/L O ₂	Pode ser definida como a quantidade necessária de oxigênio para que os micro-organismos aeróbios, presentes na amostra, oxidem a matéria orgânica. Dessa forma, pode ser entendido como a medida aproximada da quantidade de matéria orgânica biodegradável presente na amostra. Em águas naturais não poluídas, a medida de DBO é inferior a 2 mg/L.	A análise da DBO está sujeita a vários fatores intervenientes. A respiração das algas presentes nos corpos hídricos utiliza o oxigênio que não foi utilizado no processo de biodegradação. A presença de substâncias tóxicas aos microorganismos responsáveis pela biodegradação pode reduzir o processo. O tempo para análise desta variável pode dar origem a resultados distintos. Os resultados da análise de DBO devem ser avaliados com critério, utilizando-se outras variáveis na conclusão.
Demanda química de oxigênio (DQO)	mg/L O ₂	A DQO é uma medida indireta da quantidade de material orgânico e inorgânico, susceptível à oxidação química por um oxidante energético. Não é uma variável específica, pois não possibilita identificar as espécies que foram oxidadas e nem fazer a distinção entre materiais orgânicos e inorgânicos. Valores elevados de DQO podem indicar problemas de contaminação dos corpos hídricos por despejos industriais.	A análise da DQO é rápida e simples, viabilizando a sua realização em praticamente todas as regiões do país.

FONTE: RIGHETTO, 2009



Quadro 16 – Principais variáveis inorgânicas encontradas em corpos hídricos.

Variável	Unidade de Medida	Significado	Observações
Bário (Ba)	mg/L Ba	O bário pode estar presente nas águas naturais devido aos processos de desgaste de rochas ígneas e sedimentares. É bastante utilizado em processos industriais.	-
Boro (B)	mg/L B	Desgaste de rochas, lixiviação de solos e outros processos naturais são as causas da presença de boro em corpos hídricos.	Concentrações elevadas em corpos hídricos podem indicar a ocorrência de problemas de poluição. A análise em conjunto com outras variáveis pode ajudar na identificação da principal fonte de poluição.
Cálcio (Ca)	mg/L Ca	Está sempre presente nos corpos hídricos, pois é proveniente de rochas ricas em minerais de cálcio. É um dos íons responsáveis pela dureza da água. As atividades industriais e os processos de tratamento de água podem contribuir para o aumento da concentração de cálcio nos corpos hídricos.	A elevação da temperatura e da atividade fotossintética pode reduzir a concentração do cálcio na água, por ocasião da sua precipitação na forma de carbonato de cálcio. Os compostos de cálcio são estáveis na água na presença de dióxido de carbono.
Cianeto (CN)	mg/L CN	Os cianetos ocorrem em águas de forma iônica ou como ácido cianídrico fracamente dissociado e podem formar complexos com metais. A sua presença em corpos hídricos é resultado de atividades industriais, principalmente aquelas associadas ao tratamento de superfícies metálicas por eletrodeposição.	As estações quentes e ensolaradas favorecem o processo de oxidação bioquímica do cianeto. Outro processo que contribui também para essa redução é a adsorção no material suspenso e nos sedimentos de fundo.
Cloreto Cl	mg/L Cl	A presença de elevadas concentrações de cloreto nas águas está frequentemente associada ao esgoto doméstico, de maneira que o seu monitoramento pode ser utilizado como um indicador de contaminação fecal ou para avaliar a extensão do processo de dispersão de esgoto nos corpos hídricos.	A relevância da medida de concentração de cloreto na água está no fato de ser um elemento conservativo, podendo ser relacionado com processos de poluição por esgoto.



PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
Limeira – SP



Variável	Unidade de Medida	Significado	Observações
Fluoreto (F)	mg/L F	O fluoreto é originado do desgaste de minerais que o contêm em sua composição, sendo que as emissões de efluentes líquidos e atmosféricos de certos processos industriais também podem contribuir para a presença de fluoretos em corpos hídricos.	Uma vez encontrado nos corpos hídricos, a menos que seja resultante de processos de poluição, não é provável que a sua concentração seja significativamente alterada com o tempo.
Lítio (Li)	mg/L Li	Pode ser proveniente de rochas, porém os seus sais e derivados são utilizados em vários segmentos industriais. O lítio é facilmente absorvido pelas plantas.	A disposição inadequada de baterias contendo lítio pode contribuir para a presença desse elemento químico nos corpos hídricos.
Magnésio (Mg)	mg/L Mg	Elemento comum nas águas naturais, resultante principalmente do desgaste de rochas, o magnésio, juntamente com o cálcio, contribui para a dureza da água. Uma vez que é um elemento essencial para os organismos vivos, ele está presente em muitos compostos organometálicos e na matéria orgânica. A contribuição de magnésio proveniente de processos industriais é pouco significativa. O magnésio não é uma variável importante nos processos de poluição.	Dependendo das características do solo da bacia de drenagem, a concentração de magnésio nos corpos hídricos pode variar numa faixa muito ampla.
Potássio (K)	mg/L K	O potássio é encontrado em águas naturais, com baixas concentrações, devido à resistência das rochas que contêm este elemento ao intemperismo. Pode atingir os corpos hídricos pelo lançamento de efluentes industriais.	O monitoramento desta variável pode auxiliar na identificação de fontes responsáveis por problemas de contaminação por nutrientes.
Sódio (Na)	mg/L Na	Em função da sua elevada solubilidade, o sódio é encontrado em todos os corpos hídricos. O aumento de sua concentração pode ser resultado de despejos industriais e domésticos.	-



Variável	Unidade de Medida	Significado	Observações
Sulfato (SO ₄)	mg/L SO ₄	O sulfato está presente naturalmente na água devido a muitos processos, sendo que a forma mais estável do elemento é o enxofre. Os processos industriais podem adicionar quantidades significativas de sulfato às águas naturais, principalmente àqueles relacionados à atividade de mineração.	O sulfato associado aos íons cálcio e magnésio faz com que a dureza da água seja classificada como permanente.
Sulfeto (H ₂ S) não dissociado	mg/L H ₂ S	A presença de sulfeto na forma H ₂ S não dissociado em águas superficiais é resultado do processo de degradação anaeróbia da matéria orgânica. Elevadas concentrações de sulfeto indicam poluição por despejos industriais ou domésticos.	Em condições aeróbias, o sulfeto é convertido rapidamente para enxofre ou íon sulfato.
Urânio (U)	mg/L U	O urânio é um elemento radioativo que está presente em praticamente todas as rochas e solos, o que o torna um elemento onipresente nos corpos hídricos. Processos de mineração e indústrias de fertilizantes a base de fosfatos podem ser responsáveis para a elevação de urânio nos corpos hídricos.	-

FONTE: RIGHETTO, 2009.



Quadro 17 – Principais metais encontrados em corpos hídricos.

Variável	Unidade de Medida	Significado	Observações
Alumínio (Al)	mg/L Al	A sua presença em corpos hídricos resulta do processo de desgaste dos minerais que contêm alumínio, lançamento de despejos industriais e processos de mineração. O alumínio não é significativamente acumulado pelas plantas e animais. A solubilidade deste elemento é função do pH, sendo que somente em águas ácidas ou alcalinas poderá ocorrer a dissolução do alumínio.	-
Arsênio (Ar)	mg/L Ar	A sua presença na água decorre do desgaste natural de rochas que contenham este elemento, da dissolução e deposição de partículas emitidas nos processos de fundição de minérios de cobre e chumbo e do uso de compostos que contenham arsênio. Este elemento é atualmente utilizado em ligas metálicas para fabricação de baterias, semicondutores e diodos, além de pesticidas orgânicos.	No meio aquático, a espécie predominante encontrada de arsênio é a inorgânica, forma menos tóxica que a orgânica.
Cádmio (Cd)	mg/L Cd	A sua presença nos corpos hídricos é decorrente do lançamento de efluentes industriais e também pela poluição difusa causada por fertilizantes.	-
Chumbo (Pb)	mg/L Pb	A presença de chumbo nos corpos hídricos é principalmente devido às atividades humanas (queima de combustíveis fósseis e processos de incineração), processos de mineração, lançamento de despejos industriais ou deposição de material particulado na água.	-
Cobre (Cu)	mg/L Cu	O aumento da sua concentração na água pode ser resultado de atividades de mineração, do processamento do metal, de processos de combustão e de despejos industriais e domésticos. A concentração do cobre na água é função do pH, sendo absorvido pela matéria orgânica, óxidos hidratados de ferro e manganês e pela argila.	-



PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
Limeira – SP



Variável	Unidade de Medida	Significado	Observações
Cromo (Cr)	mg/L Cr	As atividades de tratamento de superfícies metálicas e o beneficiamento de couros e têxteis contribuem para a presença de cromo nos corpos hídricos. No meio aquático, o cromo pode estar presente na forma solúvel ou como sólidos em suspensão, adsorvido em materiais argilosos, orgânicos ou óxidos de ferro.	-
Ferro (Fe)	mg/L Fe	As atividades de processamento de minério de ferro e as suas ligas contribuem para a sua presença nos corpos hídricos. Estações de tratamento que utilizam sais de ferro no tratamento e descartam o lodo nos corpos hídricos podem ser uma fonte contribuinte deste elemento na água.	O ferro está presente na forma insolúvel em ambientes lóticos (ferro trivalente). Em ambientes lânticos, principalmente junto ao fundo, está presente na forma solúvel (ferro bivalente).
Manganês (Mn)	mg/L Mn	É utilizado na fabricação de ligas metálicas e de defensores agrícolas, o que pode contribuir para a sua presença nos corpos hídricos.	-
Mercurio (Hg)	mg/L Hg	A presença de mercúrio nos corpos hídricos é resultado da deposição atmosférica e da drenagem superficial, além do desgaste natural de rochas e da contribuição de despejos industriais e domésticos.	-
Zinco (Zn)	mg/L Zn	A sua presença nos corpos hídricos pode ser resultado de processos naturais ou das atividades humanas. Despejos de indústrias de tratamento de superfícies metálicas e de sistemas de resfriamento que utilizam compostos de zinco contribuem para o aumento da sua concentração nos corpos hídricos.	-

FONTE: RIGHETTO, 2009



Quadro 18 – Principais compostos orgânicos encontrados em corpos hídricos.

Variável	Unidade de Medida	Significado	Observações
Aldrin + Dieldrin	µg/L	A presença em corpos hídricos está associada à sua utilização como defensivo agrícola e também no controle de insetos, sendo resultante da deposição atmosférica e da drenagem superficial, devido a sua persistência no meio ambiente.	-
Fenóis	mg/L	São amplamente utilizados na fabricação de resinas sintéticas, podendo ser empregados como agente de desinfecção em vários produtos. Em corpos hídricos, são resultados do lançamento de despejos industriais e domésticos.	O fenol é rapidamente degradado no ambiente aquático, a menos que a sua concentração seja elevada, causando inibição da atividade biológica.
Óleos e graxas	mg/L	São de grande importância para o monitoramento da qualidade dos corpos hídricos, pois causam diversos danos, podendo interferir no processo de troca gasosa entre a água e a atmosfera e reduzir a concentração do oxigênio dissolvido. A presença destes elementos em corpos hídricos é resultado do lançamento de despejos industriais.	-
Tensoativos LAS	mg/L LAS	Os surfactantes englobam as substâncias ativas presentes nos detergentes e em outros produtos utilizados nas atividades humanas. A sua presença nos corpos hídricos é resultado de despejos industriais e domésticos. Os tensoativos afetam o processo de aeração da água e alteram a tensão superficial. A formação de espumas propicia a concentração de poluentes, inclusive organismos patogênicos.	A maior parte dos tensoativos utilizados é biodegradável, porém, se não existem sistemas de tratamento para promover a sua degradação, ele permanecerá ativo no meio e sua degradação ocorrerá por processos naturais os quais ficam prejudicados por sua presença.

FONTE: RIGHETTO, 2009.



22.2. DISSIPADORES DE ENERGIA

Uma medida para reduzir a velocidade do escoamento na saída e garantir o descarregamento adequado das águas pluviais nos corpos d'água é o uso de dispositivos como dissipadores de energia de águas pluviais. Conforme o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), os dissipadores de energia são dispositivos que dissipam a energia do fluxo de escoamento da água, reduzindo sua velocidade tanto na passagem pelo dispositivo de drenagem quanto no local de descarregamento nas águas receptoras, a fim de evitar processos erosivos (BRASIL, 2006). Esses dispositivos são classificados em dois grupos:

- Dissipadores localizados;
- Dissipadores contínuos.

Segundo Menegon (2018), alguns exemplos de dissipadores são:

- Bacias de dissipação;
- Dissipadores de jato;
- Degraus;
- Rampas dentadas;
- Bloco de impacto.

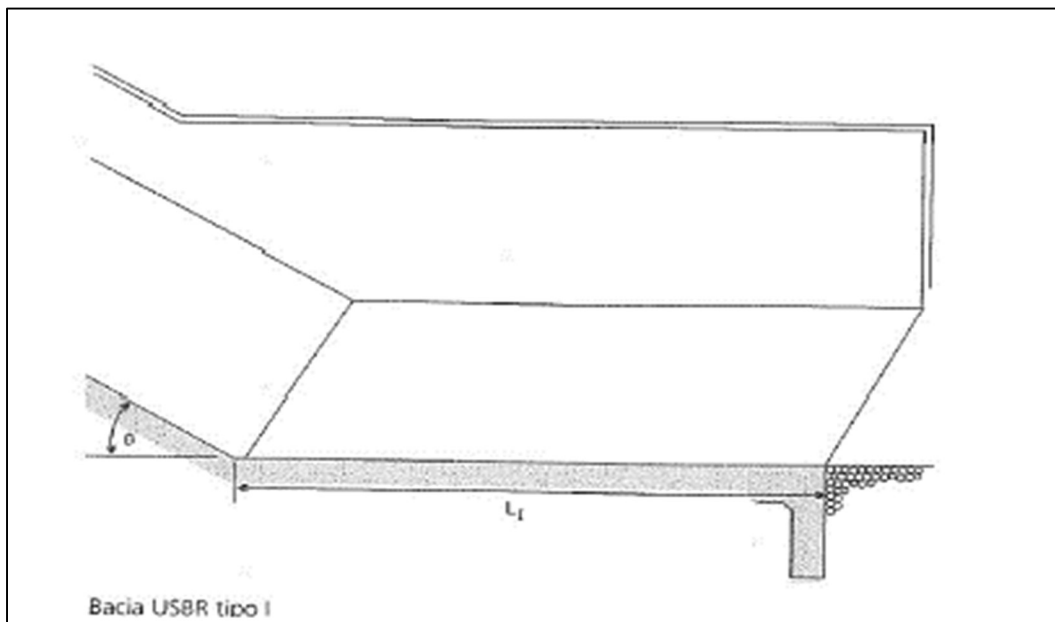
22.2.1. Bacia de Dissipação

As bacias de dissipação são estruturas hidráulicas que promovem a dissipação de energia das águas pluviais por meio do fenômeno do ressalto hidráulico. Nesse contexto, a água passa de um regime supercrítico para um regime subcrítico, fluindo de forma controlada. A transição entre esses regimes, que envolve a redução da velocidade e da energia cinética da água, ocorre devido ao ressalto hidráulico (MENE-GON, 2018) e é caracterizado pela determinação do número de Froude - Fr que, quanto maior for este, mais turbulento e rápido será o escoamento a montante necessitando assim de maior dissipação de energia.

De acordo com Menegon (2018), o objetivo fundamental dessas bacias é estabilizar a posição do ressalto e diminuir seu comprimento, ao mesmo tempo em que promovem a dissipação da energia da água. O órgão norte-americano *U.S. Bureau of Reclamation* (USBR) é uma referência para os estudos utilizados no dimensionamento eficiente e compacto de bacias de dissipação. Alguns tipos comuns de bacias são: USBR tipo 1, USBR tipo 2, USBR tipo 3 e USBR tipo 4.

No caso da bacia USBR tipo 1, não há necessidade de dispositivos complementares, sendo suficiente garantir a horizontalidade da bacia e protegê-la em um trecho cujo comprimento seja pelo menos quatro vezes a profundidade da jusante (MENEGON, 2018). A Figura 81, apresentada abaixo, ilustra esse tipo de bacia.

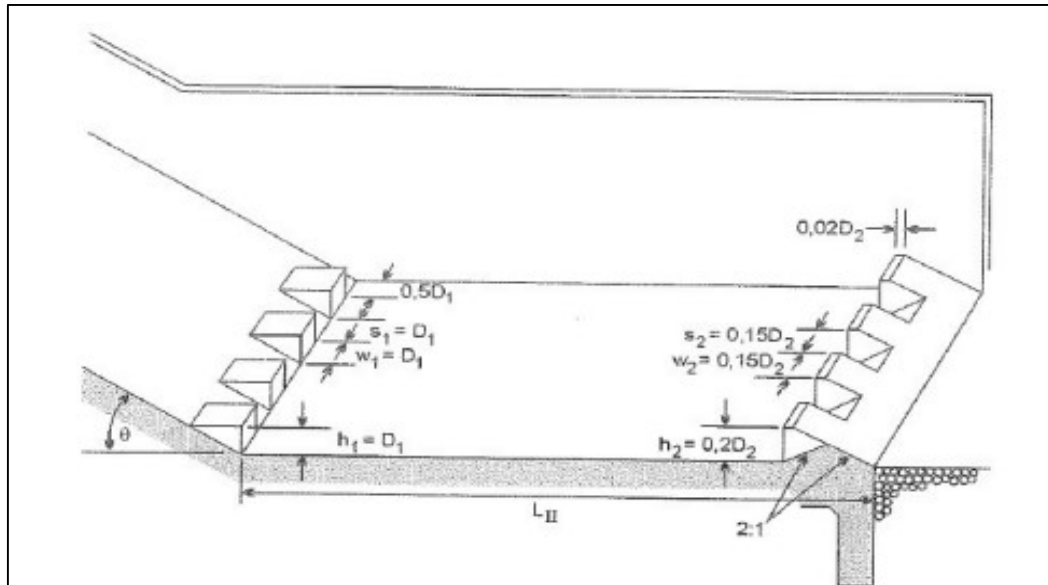
Figura 81 – Bacia USBR Tipo 1



Fonte: Menegon, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Na USBR tipo 2, seria uma adaptação para quando os cálculos dos números de Froude (Fr) a montante são iguais ou superiores a 4,5 e velocidade de aproximação for superior a 20,0 m/s (MENEGON, 2018). Ela é exemplificada na Figura 82.

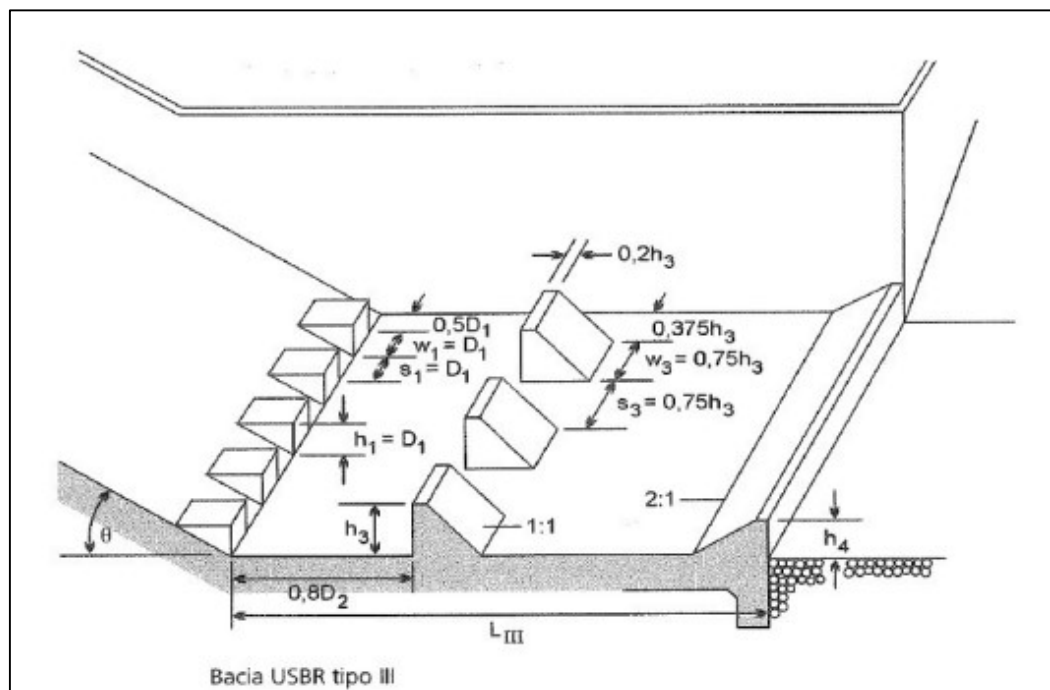
Figura 82 – Bacia USBR Tipo 2



Fonte: Menegon, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023

A USBR tipo 3, segundo Menegon (2018) é adequada para valores de Froude (Fr) maiores ou iguais a 4,5, mas com velocidades a montante inferiores a 20,0 m/s. Elas possuem um comprimento de aproximadamente de 2,7 vezes a profundidade da jusante e são bastante compactas. Conforme é mostrada na Figura 83.

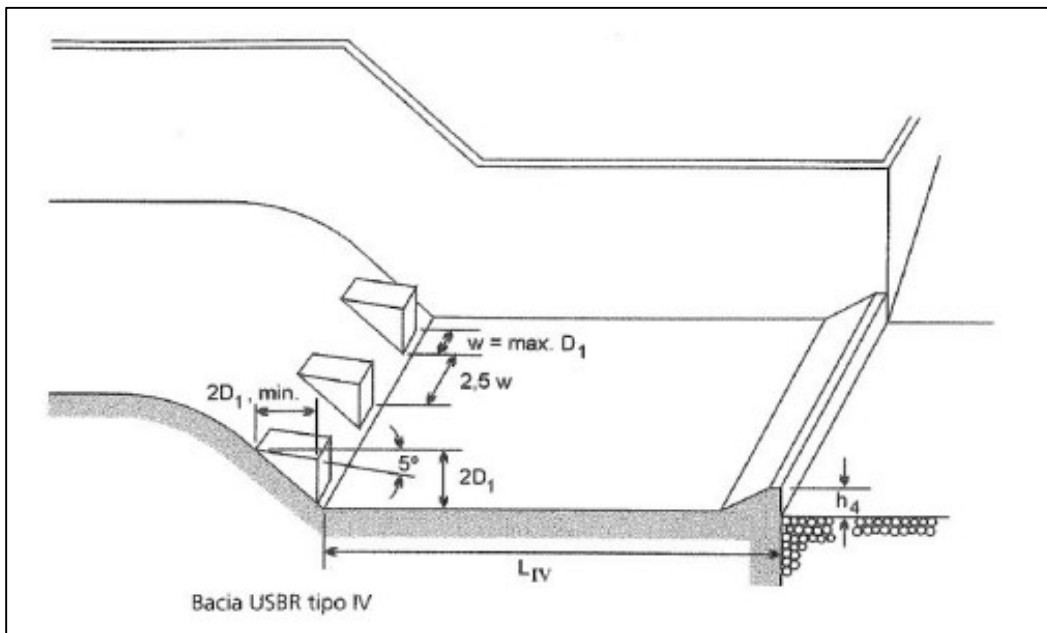
Figura 83 – Bacia de USBR tipo 3.



Fonte: Menegon, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023

A USBR tipo 4, é adequada para valores de Froude (Fr) a montante entre 2,5 e 4,5 e apresenta uma baixa eficiência, podendo acarretar na formação de ondas não controladas a jusante (MENEGON, 2018). Ela é ilustrada na Figura 84 abaixo.

Figura 84 – Bacia USBR Tipo 4



Fonte: Menegon, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023

22.2.2. Dissipadores de Jato

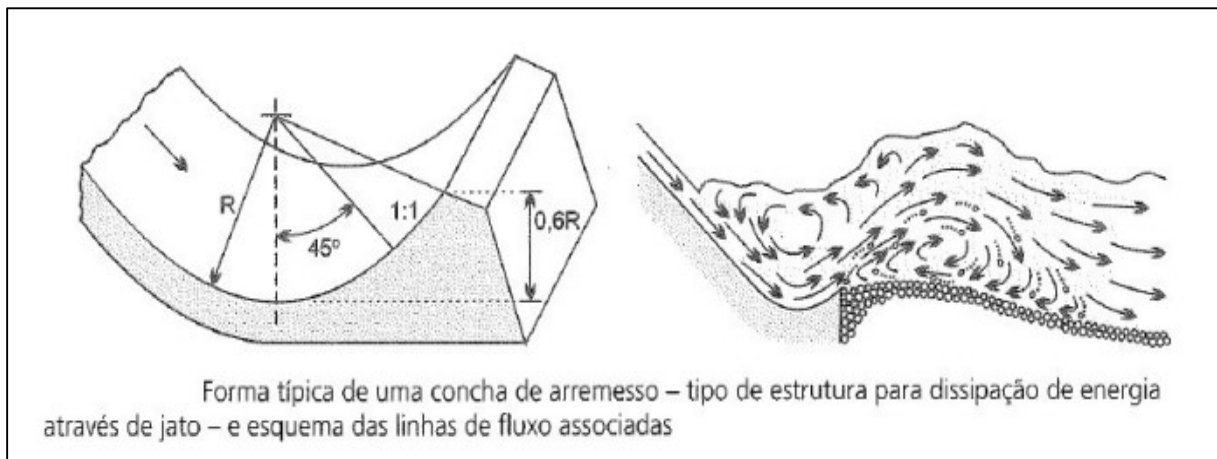
Os dissipadores de jato são estruturas hidráulicas compostas por uma concha cilíndrica localizada na extremidade jusante do canal de água, que projeta um jato de água em direção ascendente. A dissipação de energia ocorre devido à turbulência do jato, à incorporação de ar na massa líquida e ao atrito, resultando na redução da velocidade de escoamento. Além disso, essa estrutura possui um ponto de queda final do jato, afastado da estrutura, para preservar sua integridade e estabilidade (MENEGON, 2018).

A eficiência desse tipo de estrutura depende da aeração adequada do jato e da turbulência gerada, minimizando o impacto no leito do corpo hídrico receptor. Conforme mencionado por Menegon (2018), os dissipadores de jato podem apresentar ranhuras ou dentes para promover a rotação e o choque entre as diferentes partes do

jato, aprimorando a aeração, favorecendo a turbulência e, conseqüentemente, aumentando a eficiência e o rendimento da dissipação de energia das águas pluviais.

Em situações de baixas vazões, não ocorre a formação e o funcionamento do jato, pois a própria concha atua como um dissipador, permitindo o escoamento lento da água em direção à jusante. A Figura 85, apresentada abaixo, ilustra essa situação.

Figura 85 – Dissipador de jato



Fonte: Menegon, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023

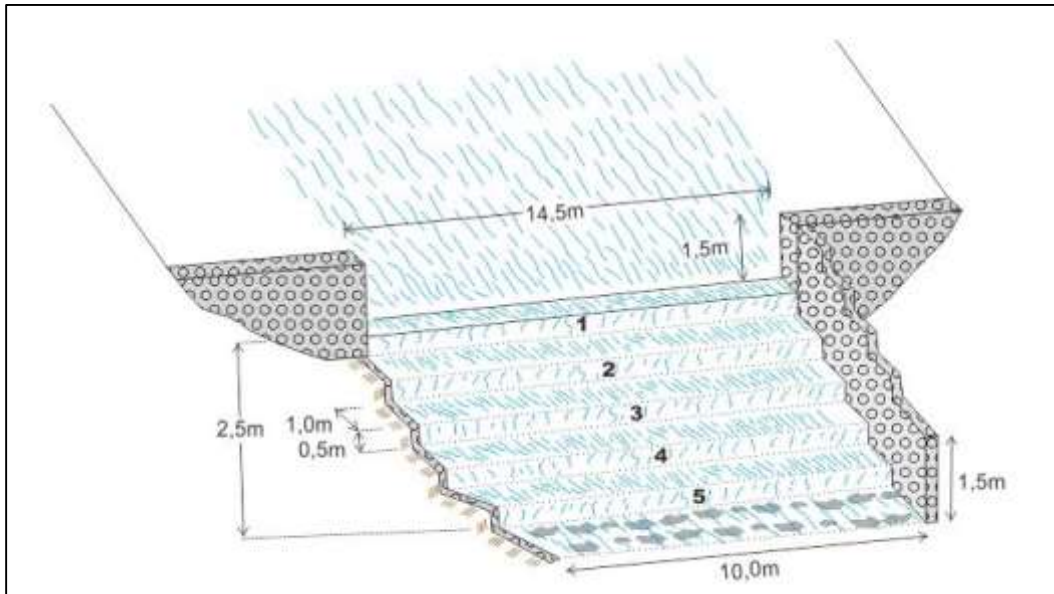
22.2.3. Degraus

Os degraus, também conhecidos como escadas hidráulicas, são estruturas utilizadas para dissipar energia por meio do impacto do jato de água com a própria estrutura e, eventualmente, pelo ressalto hidráulico formado em cada degrau da escada, quando o espaçamento entre os desníveis permite sua ocorrência. O dimensionamento dessas estruturas segue projetos padronizados, e é possível vinculá-las a um ressalto hidráulico na jusante para aumentar sua eficiência (MENEGON, 2018).

Além das escadas hidráulicas, existe também o degrau vertical, que se diferencia por possuir apenas um degrau, enquanto as escadas possuem vários.

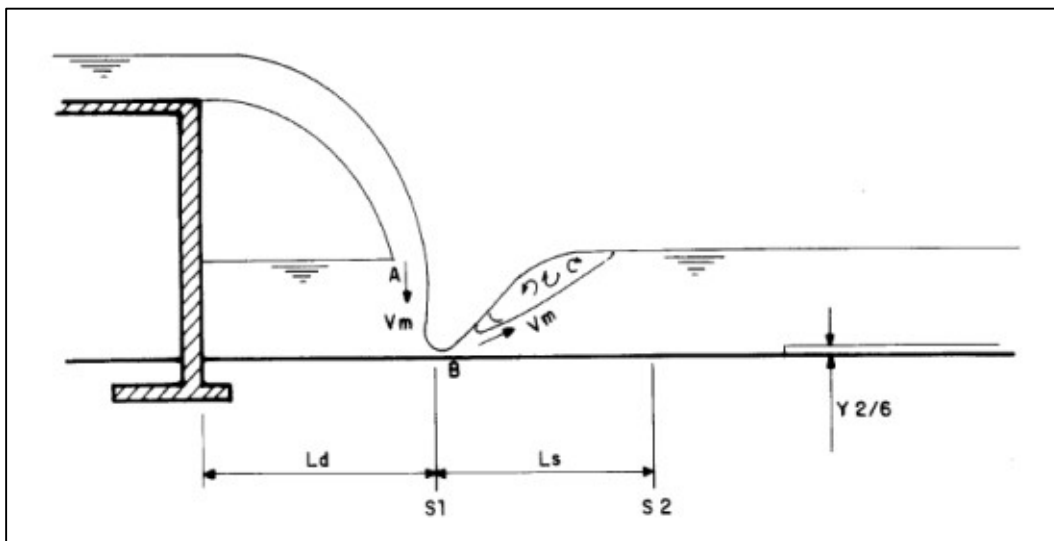
A Figura 86 e a Figura 87 abaixo ilustram as escadas hidráulicas e o degrau vertical, respectivamente.

Figura 86 – Escada hidráulica



Fonte: Menegon, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023

Figura 87 – Degrau vertical



Fonte: Menegon, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023

22.2.4. Rampas Dentadas

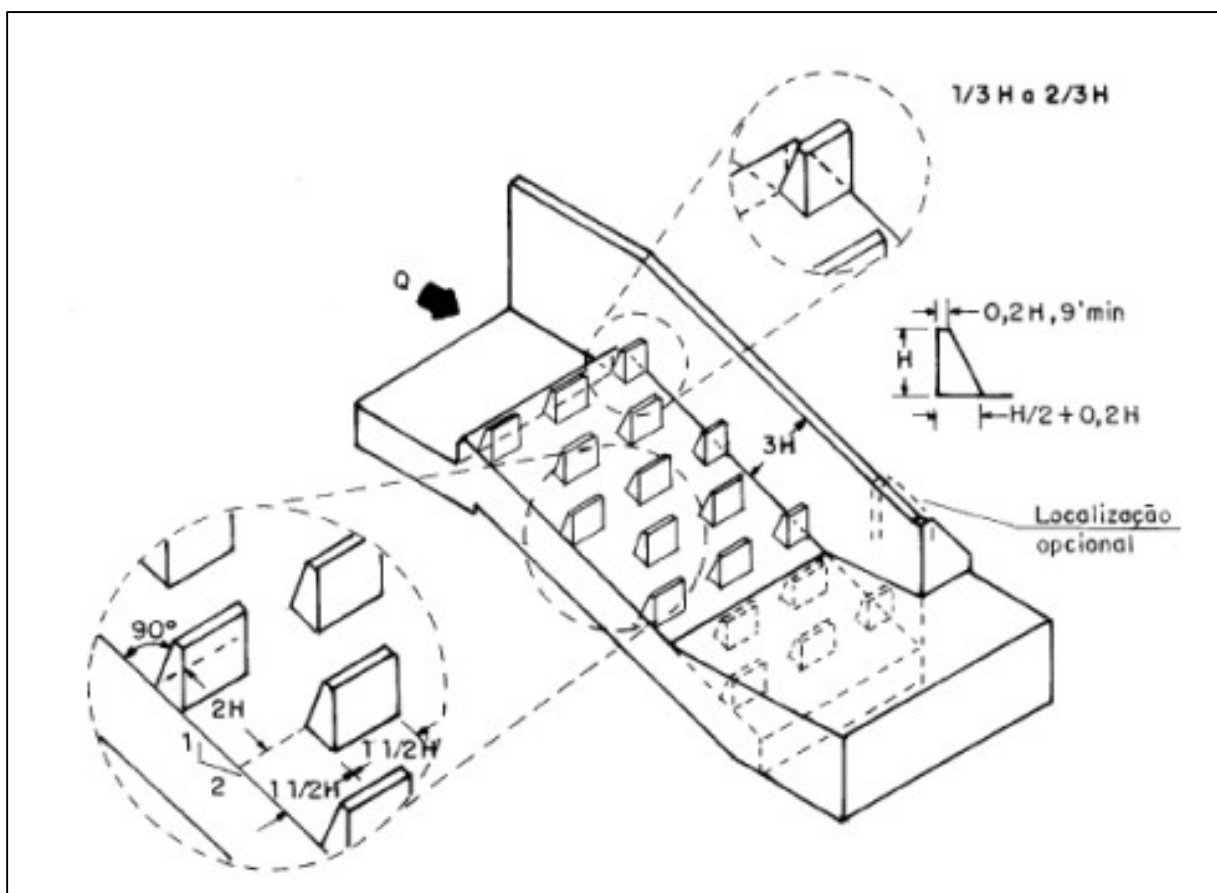
Os dissipadores conhecidos como rampas dentadas consistem em implementar uma série de obstruções repetidas, denominadas blocos dissipadores, que possuem uma altura nominal equivalente à profundidade crítica do corpo hídrico. Além da dissipação de energia por meio da turbulência causada por esses blocos, uma parte

adicional é dissipada pela própria rampa devido à perda de momento associada à reorientação do escoamento (MENEGON, 2018).

De acordo com Menegon (2018), os blocos dissipadores evitam a aceleração excessiva do escoamento durante a passagem para o nível inferior da calha, eliminando a necessidade de uma bacia de dissipação caso a velocidade na entrada do canal a jusante seja suficientemente reduzida. A altura da queda pode ser projetada para atingir qualquer valor desejado. No projeto, a parte inferior da calha deve permanecer abaixo do nível do leito do corpo hídrico em questão, e em projetos de drenagem urbana, a extremidade inferior deve ser protegida contra possíveis erosões indesejáveis. Os blocos dissipadores podem ser dimensionados para qualquer vazão, mas o limite de $5,0 \text{ m}^3/\text{s.m}$ deve ser respeitado.

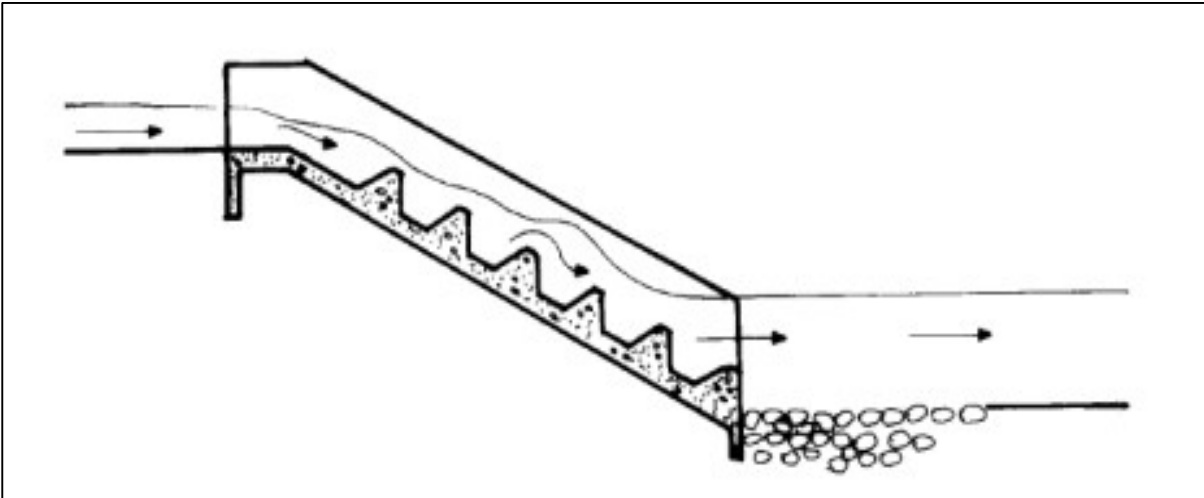
A Figura 88 representa a rampa dentada, enquanto a Figura 89 mostra a rampa dentada com um dissipador de impacto associado.

Figura 88 – Rampa dentada



Fonte: Menegon, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023

Figura 89 – Rampa dentada com dissipador de impacto associado



Fonte: Menegon, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023

22.2.5. Bloco de Impacto

Assim como as bacias de dissipação com enrocamento, os blocos de impacto são recomendados nas descargas de tubulações com escoamento de alta velocidade. No entanto, devido às limitações de dimensionamento das bacias de enrocamento nessas situações, opta-se pelo uso de blocos de impacto. Além disso, essa opção é mais econômica e requer menos cuidados de manutenção (MENEGON, 2018).

Essa estrutura possui dimensões relativamente pequenas, o que proporciona uma alta eficiência na dissipação de energia das águas pluviais. Todo o seu projeto é desenvolvido para operar de forma contínua sob o fluxo. As condições máximas de entrada são velocidades de 15 m/s e um número de Froude (Fr) próximo a 9,0 (MENEGON, 2018).

No contexto da drenagem urbana, é bastante incomum encontrar condições que excedam esses limites, o que significa que o uso dessa estrutura é restrito apenas por considerações estruturais e econômicas.

Conforme mencionado por Menegon (2018), o dimensionamento desse tipo de dispositivo é baseado em trabalhos experimentais específicos. A Figura 90, apresentada abaixo, ilustra um dissipador utilizando blocos de impacto.

Figura 90 – Dissipador por bloco de impacto



Fonte: Menegon, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023

Em conclusão, os dissipadores de energia desempenham um papel crucial no manejo das águas pluviais e na drenagem urbana. Eles são projetados para reduzir a velocidade do escoamento e dissipar a energia cinética da água, minimizando assim os impactos negativos do escoamento sobre o ambiente e a infraestrutura.

Os diferentes tipos de dissipadores apresentados, como as bacias de dissipação, rampas dentadas, degraus e blocos de impacto, oferecem soluções específicas para diferentes situações e necessidades. A escolha adequada do dissipador depende de fatores como a velocidade do escoamento, o nível de energia a ser dissipado e as restrições estruturais e econômicas do projeto.

As bacias de dissipação, por exemplo, são adequadas para reduzir a velocidade e dissipar a energia cinética das águas pluviais por meio do ressalto hidráulico. Elas são utilizadas quando é necessário promover a transição de um regime supercrítico para um regime subcrítico de escoamento.

Já os dissipadores de jato, como as conchas cilíndricas, promovem a dissipação de energia por meio da turbulência gerada pelo jato ascendente de água. São indicados para reduzir o impacto no leito do corpo hídrico receptor e proporcionar uma adequada aeração do jato.



Os degraus e as escadas hidráulicas são estruturas que permitem a dissipação de energia por meio do impacto do jato de água com a própria estrutura, bem como pelo ressalto hidráulico formado em cada degrau. São utilizados quando se deseja desacelerar o escoamento e promover a dissipação de energia de forma eficiente.

As rampas dentadas, por sua vez, consistem em repetidas obstruções que causam turbulência e perda de momento do escoamento. São empregadas para reduzir a velocidade e dissipar a energia das águas pluviais, sendo especialmente úteis em situações de alta velocidade de escoamento.

Por fim, os blocos de impacto são recomendados quando a velocidade de escoamento é muito rápida e não é viável utilizar bacias de dissipação com enrocamento. Eles proporcionam a dissipação da energia por meio do impacto da água nos blocos e da reorientação do escoamento.

Em resumo, a escolha do tipo de dissipador de energia a ser utilizado na drenagem urbana e no manejo das águas pluviais dependerá das características do projeto, das condições hidráulicas, da necessidade de redução de velocidade e dissipação de energia, bem como de considerações estruturais e econômicas. É importante realizar análises técnicas e dimensionamentos adequados para garantir a eficiência e o bom funcionamento dessas estruturas.

23. OBJETIVOS, METAS, PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

Considerando a necessidade de ampliar os serviços e manter a universalização do acesso visando atender a totalidade da população até 2033 (BRASIL, 2021), deve ser prevista a melhoria e adequação do sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais para, inclusive, atender o incremento da população previsto para o horizonte de projeto do presente Plano.

Os objetivos, metas e ações para atingir tanto a universalização como a qualidade dos serviços relacionados ao sistema foram elencados em quadros sínteses, de acordo com o objetivo e a tipologia de resíduo abordada. Nesses quadros, a visualização das propostas pode ser observada tanto sob ótica macro como micro de análise, fluindo numa sequência lógica da fundamentação do objetivo, as metas para atingi-lo nos diferentes prazos de projeto e implementação, ações necessárias para



realizar tais metas, os métodos de acompanhamento que indicarão o êxito das tarefas, bem como o memorial de cálculo utilizado para os valores apresentados.

Algumas das metas e ações, muitas vezes, independem de recursos adicionais, sendo desenvolvidas com a estrutura física, humana e financeira do Município ou seus órgãos. Sendo assim, foram traçadas também, algumas ações de caráter institucional que buscam a mobilização do Poder Público e sociedade em torno de causas importantes para a promoção universalização dos serviços de saneamento básico com qualidade e eficiência.

Para fixação dos valores estimados para cada ação foram realizadas diversas consultas junto a fornecedores, prefeituras que estão implementando projetos e executando obras semelhantes, e, no caso dos produtos, máquinas, veículos, equipamentos, softwares, etc., em publicações especializadas.

A identificação de algumas das possíveis fontes de financiamento por si só não garante a obtenção dos recursos, devendo vir acompanhada de projetos específicos, gestão administrativa e política para a concretização de financiamentos.

23.1. OBJETIVO 1 - MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO

Este objetivo visa abordar as deficiências existentes no cadastro de rede do sistema de drenagem do município. Atualmente, esse cadastro apresenta imprecisões e inconsistências que prejudicam a eficiência da gestão do sistema. Além disso, a falta de mapeamento completo da área urbana impede uma análise abrangente, enquanto a ausência de dados topobatimétricos dos principais corpos hídricos e canais de escoamento dificulta a realização de estudos hidráulicos precisos. Além disso, as obras de drenagem realizadas anteriormente pelo extinto SAAE não possuem uma documentação completa, como projetos, memorial de cálculo, localização e planta.

Para superar esses desafios, é necessário realizar um novo cadastramento do sistema de drenagem, seguindo as normas estabelecidas pela ABNT. Isso envolve identificar e registrar todas as estruturas de microdrenagem, além de realizar levantamentos topobatimétricos para obter informações sobre o terreno e os corpos hídricos. O georreferenciamento é fundamental para associar esses dados a coordenadas geográficas precisas.



Através do mapeamento, digitalização e georreferenciamento adequados, será possível ter um sistema de drenagem mais bem gerenciado, com informações confiáveis sobre a localização, características e funcionamento das estruturas. Isso permitirá uma análise abrangente do sistema, identificando pontos críticos e auxiliando no planejamento e implementação de medidas para melhorar o desempenho e a resiliência do sistema de drenagem do município. O Quadro 19 sintetiza o Objetivo 1.



Quadro 19 – Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE LIMEIRA SP - PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS						
OBJETIVO	1	MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO				
FUNDAMENTAÇÃO	O cadastro de rede apresenta imprecisões e inconsistências, prejudicando a eficiência da gestão do sistema de drenagem. A falta de mapeamento completo da área urbana impede uma análise abrangente, e a ausência de dados topobatimétricos dos principais corpos hídricos e canais de escoamento dificulta estudos hidráulicos precisos. Além disso, obras de drenagem realizadas anteriormente pelo extinto SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) não possuem uma documentação completa, tais como: projetos, memorial de cálculo, localização e planta. Devido ao fato de a documentação estar incompleta, demanda-se a realização de um novo cadastro em conformidade com as normas da ABNT.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Índice de Cadastramento (%) = (Área Cadastrada / Área Atendida) x 100					
METAS						
CURTO PRAZO - 5 ANOS			MÉDIO PRAZO - 10 ANOS		LONGO PRAZO - 30 ANOS	
1) Atingir um Índice de Cadastramento de 70% 2) Atualização e manutenção do banco de dados 3) Modelagem hidráulica do sistema			4) Atingir e manter um Índice de Cadastramento de 85% 5) Atualização e manutenção do banco de dados		6) Atingir e manter um Índice de Cadastramento de 98% 7) Atualização e manutenção do banco de dados	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.1.1	Realizar cadastramento da microdrenagem e levantamento topobatimétrico da macrodrenagem na microbacia do Alto Ribeirão Tatu	R\$ 15.829.071,63			RP- FPU- FPR	área da bacia x % urbanizada x R\$1,44/metro quadrado + custo da batimetria
1.1.2	Realizar cadastramento da microdrenagem e levantamento topobatimétrico da macrodrenagem na microbacia Barroca Funda	R\$ 8.174.351,99			RP- FPU- FPR	área da bacia x % urbanizada x R\$1,44/metro quadrado + custo da batimetria
1.1.3	Atualização e manutenção do banco de dados.	-	-	-	AA	Ação Administrativa
1.1.4	Elaborar e atualizar a modelagem hidráulica para os diferentes pontos de interesse e rede de micro e macrodrenagem do município.		R\$ 4.348.296,00		RP	I = (Evp x Cm) x 1000
1.1.5	Realizar cadastramento da microdrenagem e levantamento topobatimétrico da macrodrenagem na microbacia Vista Alegre		R\$ 5.866.838,67		RP- FPU- FPR	área da bacia x % urbanizada x R\$1,44/metro quadrado + custo da batimetria
1.1.6	Realizar cadastramento da microdrenagem e levantamento topobatimétrico da macrodrenagem na microbacia do Varga		R\$ 4.596.713,84		RP- FPU- FPR	área da bacia x % urbanizada x R\$1,44/metro quadrado + custo da batimetria
1.1.7	Realizar cadastramento da microdrenagem e levantamento topobatimétrico da macrodrenagem na microbacia do Médio Ribeirão Tatu		R\$ 9.107.079,55		RP- FPU- FPR	área da bacia x % urbanizada x R\$1,44/metro quadrado + custo da batimetria
1.1.8	Realizar cadastramento da microdrenagem e levantamento topobatimétrico da macrodrenagem na microbacia do Granufo		R\$ 6.561.118,23		RP- FPU- FPR	área da bacia x % urbanizada x R\$1,44/metro quadrado + custo da batimetria
1.1.9	Realizar cadastramento da microdrenagem e levantamento topobatimétrico da macrodrenagem na microbacia do Baixo Ribeirão Tatu			R\$ 8.153.886,58	RP- FPU- FPR	área da bacia x % urbanizada x R\$1,44/metro quadrado + custo da batimetria
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 24.003.423,62	R\$ 30.480.046,29	R\$ 8.153.886,58	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 62.637.356,49

Legenda RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamentos Públicos; FPR – Financiamentos Privados. PPP – Parceria Público-Privada.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



23.2. OBJETIVO 2 - IMPLEMENTAR MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

A implementação de ações não estruturais é essencial para minimizar os problemas no sistema de drenagem urbana. Atualmente, existem desafios relacionados à legislação, falta de regulamentação específica e dificuldades na gestão eficiente e sustentável do sistema.

Primeiramente, a existência de conflitos entre leis estaduais e municipais, como o caso da Lei Estadual nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007 (conhecida como a Lei das Piscininhas) e a Lei Municipal nº 4.751, de 12 de julho de 2011, gera incertezas e dificulta a implementação de medidas adequadas de drenagem. É necessário revisar a legislação e os planos municipais para que estejam em conformidade com as esferas superiores de gestão.

Além disso, a falta de uma regulamentação específica para o controle do carreamento de sólidos e sedimentos provenientes de obras civis compromete a qualidade das águas pluviais. É fundamental elaborar uma legislação específica para o controle do arraste de sólidos em obras civis, bem como para a aplicação de técnicas sustentáveis de controle de escoamento na fonte. Também é importante estabelecer restrições para a área impermeabilizada em novos loteamentos e empreendimentos imobiliários, exigindo a adoção de práticas como telhados verdes e/ou reservatórios de acordo com o porte da obra.

Adicionalmente, a falta de orientações sobre a qualidade das águas pluviais destinadas a utilização e seu tratamento para reservação sanitariamente segura é uma lacuna que precisa ser preenchida. A elaboração de políticas de planejamento urbano que regulamentem o uso das zonas de inundação é fundamental para permitir um desenvolvimento racional dessas áreas.

O objetivo de implementar medidas não estruturais para minimizar os problemas no sistema de drenagem urbana traz uma série de soluções para os desafios identificados na fundamentação.

Em relação aos conflitos entre leis estaduais e municipais, a meta de revisar a legislação e os planos municipais em conformidade com as esferas superiores de gestão busca harmonizar as normas, eliminando incertezas e facilitando a



implementação de medidas adequadas de drenagem. Isso proporcionará um ambiente legal mais claro e consistente para as medidas de drenagem.

Para lidar com a falta de regulamentação específica para o controle do carreamento de sólidos e sedimentos provenientes de obras civis, o objetivo propõe a elaboração de uma legislação específica. Essa medida visa estabelecer diretrizes claras e efetivas para garantir que as obras civis adotem práticas adequadas de contenção de resíduos, evitando a poluição das águas pluviais.

A elaboração de legislação específica para a aplicação de técnicas sustentáveis de controle de escoamento na fonte é outra solução proposta pelo objetivo. Essas técnicas incluem a implementação de sistemas de drenagem verde, como telhados verdes e áreas permeáveis, que ajudam a reduzir o escoamento de água de chuva e promovem a infiltração no solo, evitando sobrecargas no sistema de drenagem.

A restrição de áreas impermeabilizadas nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários, juntamente com a exigência de telhados verdes e/ou reservatórios, conforme o porte da obra, é uma ação que contribuirá para mitigar os problemas no sistema de drenagem. Isso permitirá o controle do volume de água pluvial que chega ao sistema, reduzindo a possibilidade de enchentes e sobrecargas.

Outra solução proposta pelo objetivo é a elaboração de políticas de planejamento urbano que regulamentem o uso das zonas de inundação. Isso possibilitará um desenvolvimento racional dessas áreas, evitando a ocupação inadequada e a exposição a riscos de inundações, além de preservar a capacidade de drenagem natural dessas regiões.

No que diz respeito à manutenção e prevenção, o objetivo propõe o aprimoramento e continuidade do atual programa de manutenção e limpeza da rede de microdrenagem, bem como a criação de um sistema de alerta e previsão de inundações. Essas ações visam garantir a operação adequada do sistema de drenagem, permitindo a detecção precoce de problemas e a adoção de medidas corretivas ou preventivas.

Por fim, o Programa de Educação Ambiental em Drenagem (PEAD) é uma solução que visa conscientizar a população sobre a importância da drenagem urbana sustentável, incentivando práticas adequadas de manejo de águas pluviais e promovendo a participação ativa da comunidade na preservação do sistema de drenagem. Além disso, o PEAD também inclui a capacitação e atualização do corpo técnico e



gestor envolvido com o eixo de drenagem do município, além de trazer uma Cartilha de Drenagem para ser utilizada nos ambientes formais e não formais de ensino.

Em resumo, o objetivo de implementar medidas não estruturais busca solucionar os problemas identificados na fundamentação por meio de revisão da legislação, elaboração de normas específicas e programas de controle, manutenção e prevenção. As soluções propostas incluem harmonização das leis, regulamentação do arraste de sólidos em obras civis, aplicação de técnicas sustentáveis de redução do escoamento superficial, restrição de áreas impermeabilizadas, planejamento urbano adequado, manutenção da rede de drenagem, alerta e previsão de inundações, além de educação ambiental. Essas ações visam garantir uma gestão eficiente e sustentável do sistema de drenagem, minimizando problemas como enchentes, poluição das águas pluviais e riscos associados ao mau uso das áreas de inundação. O Quadro 20 sintetiza o objetivo 2.



Quadro 20 – Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE LIMEIRA SP - PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS						
OBJETIVO	2	IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA				
FUNDAMENTAÇÃO	A existência de conflitos entre leis estaduais e municipais, como o caso da Lei Estadual nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007 lei das piscininhas, e a Lei Municipal nº 4.751, de 12 de julho de 2011, gera incertezas e dificulta a implementação de medidas adequadas de drenagem. A falta de uma regulamentação específica para o controle do carreamento de sólidos e sedimentos provenientes de obras civis, acaba por comprometer a qualidade das águas pluviais. Também inexistente legislação que oriente sobre a qualidade das águas pluviais destinadas a utilização e seu tratamento para reservação sanitariamente segura. A necessidade de elaboração e implementação da taxa de drenagem, bem como a readequação do caderno de diretrizes básicas e técnicas para apresentação de projetos de drenagem, são aspectos fundamentais para uma gestão eficiente e sustentável do sistema. Este objetivo ainda prevê a criação de um programa de educação ambiental para a drenagem, tanto para os técnicos e gestores relacionados à operação do sistema e implementação do plano como para a sociedade nos ambientes formal e não formal de ensino.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Identificação da implementação da ação (legislação). Número de ocorrências (manutenção). Número de cursos realizados e colaboradores atingidos – lista de presença (PAEC e PEO). Número de Atividades realizadas (ed. Amb. Não formal). Número de cartilhas distribuídas.					
METAS						
CURTO PRAZO - 5 ANOS		MÉDIO PRAZO 6 - 10 ANOS		LONGO PRAZO 11 - 30 ANOS		
1) Revisar legislação e planos municipais em conformidade com as esferas superiores de gestão. 2) Elaborar legislação específica 3) Aprimorar o programa de manutenção e limpeza da rede de microdrenagem. 4) Implementar o sistema de alerta e previsão de inundações 5) Elaborar o Programa de Educação Ambiental em Drenagem		6) Fiscalização. 7) Manutenção dos programas.		8) Fiscalização. 9) Manutenção dos programas		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
2.1.1	Revisão da Lei Municipal nº 4.751, de 12 de julho de 2011.	-			AA - RP	Ação Administrativa
2.1.2	Revisão do caderno de diretrizes básicas e técnicas para apresentação de projetos de drenagem	-			AA - RP	Ação Administrativa
2.1.3	Revisão do Plano Municipal de Redução de Risco		R\$ 516.608,13		AA - RP - FP - FPU	R\$1,77/hab x 291869 hab (FUNDAG, 2021)
2.2.1	Elaborar legislação específica para controle de arraste de sólidos em obras civis.	-			AA - RP	Ação Administrativa
2.2.2	Elaborar legislação específica para aplicação de técnicas sustentáveis de controle de escoamento na fonte	-			AA - RP	Ação Administrativa
2.2.3	Elaborar legislação específica para restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários, bem como a exigência de telhados verdes e/ou reservatórios de acordo com o porte da obra.	-			AA - RP	Ação Administrativa
2.2.4	Elaboração de Políticas de Planejamento Urbano, regulamentando o uso das zonas de inundação, permitindo um desenvolvimento racional dessas áreas.	-			AA - RP	Ação Administrativa
2.3.1	Treinamento dos colaboradores e manutenção do programa	-	-	-	AA - RP	Ação Administrativa



PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
2.4.1	Aquisição de 11 sinalizadores luminosos	R\$ 2.093,08			AA - RP	Preço unitário x 11 (SINAPI, 2023 - código M0767)
2.4.1	Aquisição de 3 estações fluviométricas e pluviométricas automáticas	R\$ 59.250,00			AA - RP	Peço unitário x 3 (Pesquisa de mercado, 2024)
2.4.2	Coleta e interpretação dos dados. Modelagem matemática para previsão do tempo e avaliação de alerta.		R\$ 471.398,00	R\$ 1.885.592,02	RP - FPU - PPP	Custo de Profissional x Anos de Implementação (SINAPI, 2023 - código P9867)
2.4.3	Integração do sistema com os programas preventivos da defesa civil.	-	-	-	AA	Ação Administrativa
2.5.1	Programa de Atualização e Equalização do Conhecimento (PAEC)	R\$ 60.000,00	R\$ 60.000,00	R\$ 300.000,00	RP - FPU	1 curso a cada dois anos x custo do curso
2.5.2	Programa de Especialização e Operacionalização (PEO)	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00	R\$ 120.000,00	RP - FPU	Custo do curso x anos de implementação
2.5.3	Edição e publicação da cartilha de drenagem	R\$ 39.200,00	R\$ 39.200,00	R\$ 78.400,00	RP - FPU - FPR - PPP	Preço de impressão da cartilha x número de alunos da rede pública x 3 edições (1 curto, 1 médio e 2 longo)
2.6.1	Fiscalização ostensiva	R\$ 233.220,00	R\$ 233.220,00	R\$ 932.880,00	RP - FPU	custo mensal do fiscal * meses * anos de implementação (LIMEIRA, 2023)
2.7.1	Manutenção do programa de manutenção e limpeza	R\$ 15.880.000,00	R\$ 15.880.000,00	R\$ 63.520.000,00	RP - FPU	média do custo atual e previsto * anos de implementação (LIMEIRA, 2023)
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 16.303.763,08	R\$ 17.230.426,13	R\$ 66.836.872,02	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 100.371.061,23

Legenda RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamentos Públicos; FPR – Financiamentos Privados. PPP – Parceria Público-Privada.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



23.3. OBJETIVO 3 - IMPLEMENTAR MEDIDAS ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

O objetivo de implementar medidas estruturais no sistema de drenagem urbana visa solucionar os problemas identificados durante o diagnóstico realizado. Durante esse processo, foram identificados diversos desafios que afetam o bom funcionamento do sistema e aumentam os riscos de enchentes e alagamentos em períodos de chuva intensa.

Entre os problemas identificados estão os pontos críticos de drenagem, que se referem a locais específicos onde ocorrem acúmulo de água e dificuldades no escoamento adequado. Esses pontos são responsáveis por causar transtornos e prejuízos à população, além de representarem um risco para a infraestrutura urbana.

Além disso, verificou-se a necessidade de recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), especialmente nas exutórias das microbacias do Médio Ribeirão Tatu e Granufo. A recuperação dessas áreas é fundamental para a manutenção da qualidade dos corpos d'água, contribuindo para a redução da erosão e melhoria do escoamento da água.

Outro problema identificado foi a obstrução dos dispositivos de microdrenagem devido ao acúmulo de resíduos sólidos. Essa obstrução compromete a eficiência do sistema, dificultando o escoamento adequado e aumentando o risco de inundações.

Diante desses desafios, foram propostas soluções estruturais que visam minimizar os problemas no sistema de drenagem. As ações propostas incluem a realização de estudos e projetos para adequação dos pontos críticos identificados, com o objetivo de aumentar a capacidade de escoamento nessas áreas. Além disso, serão implementados projetos piloto de dispositivos retentores de sólidos nas bocas coletoras, visando reduzir o acúmulo de resíduos e melhorar o fluxo de água.

A recuperação das áreas de APPs é outra medida importante, visando restaurar a vegetação e melhorar a capacidade de infiltração e retenção de água nessas regiões. Serão elaborados planos de recuperação específicos para cada área degradada, garantindo a preservação ambiental e contribuindo para um sistema de drenagem mais eficiente e sustentável.

Além disso, serão realizadas intervenções estruturais para adequação e implantação de dispositivos de microdrenagem nos bairros que ainda não possuem



sistemas adequados. Essas ações visam melhorar a capacidade de escoamento local e reduzir os riscos de enchentes.

Para garantir a efetividade das soluções propostas, também estão previstas avaliações periódicas dos resultados dos projetos piloto e a implementação de dispositivos de amortecimento nas microbacias críticas. Essas medidas visam acompanhar e ajustar as ações de acordo com as necessidades identificadas ao longo do tempo.

Em resumo, o objetivo 3 busca solucionar os problemas identificados no sistema de drenagem urbana por meio de medidas estruturais. A implementação de estudos, projetos e intervenções nos pontos críticos de drenagem, a recuperação das áreas de APPs, a implantação de dispositivos retentores de sólidos e a adequação dos sistemas de microdrenagem nos bairros são algumas das soluções propostas. Essas medidas visam melhorar a capacidade de escoamento, prevenir inundações, preservar o meio ambiente e garantir a segurança e o bem-estar das comunidades urbanas. O Quadro 21 sintetiza o objetivo 3.



Quadro 21 – Síntese do objetivo 3.

MUNICÍPIO DE LIMEIRA SP - PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS						
OBJETIVO	3	IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA				
FUNDAMENTAÇÃO	Na fase de diagnóstico, foram identificados, conjuntamente com a equipe técnica municipal do Departamento de Saneamento e Drenagem e visitas técnicas ao município, 07 pontos críticos relacionados a problemas de drenagem urbana, bem como também foram calculadas as áreas mínimas necessárias para dispositivos de amortecimento em cada microbacia estudada. Além disso, existe a necessidade de recuperação das APPs, principalmente nas exutórias das microbacias do Médio Ribeirão Tatu e Granufo. Também constatou-se obstruções nos dispositivos de microdrenagem ocasionadas pelo acúmulo de resíduos, bem como a presença de rejeitos nas margens do Ribeirão Tatu nas exutórias das microbacias afluentes. Faz-se necessário o emprego de medidas estruturais para sanar os problemas supracitados, as quais serão descritas no presente objetivo.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Identificação da implementação da ação.					
METAS						
CURTO PRAZO - 1 - 5 ANOS		MÉDIO PRAZO 6 - 10 ANOS		LONGO PRAZO - 11 A 30 ANOS		
1) Elaboração de estudos e projetos para adequação dos pontos críticos 01, 03 e 05. 2) Aumentar a capacidade de escoamento no ponto 02. 3) Recuperar 25% das áreas de APP de margem de rio. 4) Implantar projetos piloto de dispositivos retentores de sólidos nas bocas coletoras. 5) Elaboração de estudos e projetos para adequação e implantação dos dispositivos de microdrenagem em 25% dos bairros que ainda não dispõe de GAP.		6) Implementar 25% dos dispositivos de amortecimento nas microbacias críticas. 7) Recuperar 50% das áreas de APP; 8) Avaliação dos resultados dos projetos piloto da meta 4. 9) Implementar 50% dos dispositivos de amortecimento nas bacias críticas.		10) Implementar 90% dos dispositivos de amortecimento nas bacias críticas. 11) Recuperar 75% das áreas de APP.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.1.1	Contratação de serviço especializado para estudo de medida estrutural para os Pontos Críticos 01, 03 e 05;	R\$ 300.000,00			RP	Preço médio de mercado.
3.2.1	Realizar o desassoreamento e dragagem do trecho do Ribeirão Tatu a montante e a jusante do Ponto Crítico 02.	R\$ 6.180,00			RP - FPU - FPR	1500m ³ x R\$4,12 (SICRO, 2023)
3.2.3	Monitorar o comportamento da obra de adequação já realizada no ponto crítico 04 para verificar sua eficiência.	-			AA	Ação Administrativa
3.3.1	Elaborar e executar Plano de Recuperação de Áreas Degradadas para as APPs das exutórias das microbacias do Médio Ribeirão Tatu e Granufo.	R\$ 117.104,92			RP - FPU - FPR	R\$17743,17/ha (IBAMA, 2022)
3.3.2	Elaboração de Plano de Recuperação de Área Degradada para a APP do Ribeirão Tatu no trecho da microbacia do Alto Ribeirão Tatu.	R\$ 45.777,37			RP - FPU - FPR	R\$17743,17/ha (IBAMA, 2022)



PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.4.1	Testar os dispositivos de retenção de sólidos nas bocas coletoras da Vila Queiroz, Jardim São Paulo, Jardim Santa Cecília, Jardim São Luiz, Jardim Glória, Vila Camargo e Vila Paulista.	R\$ 120.000,00			RP - FPU - FPR	Preço médio de mercado.
3.5.1	Contratação de serviço especializado para estudo de medidas estruturais e adequação de micro e macrodrenagem nos bairros que ainda não possuem GAP.	R\$ 600.000,00			RP - FPU - FPR	Preço médio de mercado.
3.6.1	Implementação de 25% dos dispositivos de amortecimento na microbacia do Alto Ribeirão Tatu.		R\$ 25.294.653,00		RP - FPU - FPR	$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$
3.7.1	Execução de Plano de Recuperação de Área Degradada para a APP do Ribeirão Tatu no trecho da microbacia do Alto Ribeirão Tatu.		R\$ 457.773,79		AA	R\$17743,17/ha (IBAMA, 2022)
3.8.1	Avaliar o comportamento dos dispositivos testados na meta 4 e escolher as alternativas com melhor desempenho.		-		AA	Ação Administrativa
3.9.1	Implementação de 25% dos dispositivos de amortecimento nas microbacias Barroca Funda e Varga.		R\$ 14.755.214,25		RP - FPU - FPR	$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$
3.9.2	Implementação de mais 25% dos dispositivos de amortecimento na microbacia Alto do Ribeirão Tatu		R\$ 25.294.653,00		RP - FPU - FPR	$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$
3.10.1	Implementação de mais 50% dos dispositivos de amortecimento na microbacia Alto do Ribeirão Tatu			R\$ 50.589.306,00	RP - FPU - FPR	$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$
3.11.1	Elaborar e executar Plano de Recuperação de Áreas Degradadas para a APP do Ribeirão Tatu no trecho da microbacia do Médio Ribeirão Tatu.			R\$ 320.083,72	RP - FPU - FPR	R\$17743,17/ha (IBAMA, 2022)
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 1.189.062,29	R\$ 65.802.294,04	R\$ 50.909.389,72	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 117.900.746,05

Legenda RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamentos Públicos; FPR – Financiamentos Privados. PPP – Parceria Público-Privada.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



23.4. OBJETIVO 4 - CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)

O objetivo 4 busca solucionar os desafios relacionados ao controle das águas pluviais na fonte, ou seja, nas áreas dos lotes ou loteamentos. Durante o processo de diagnóstico, foram identificados problemas que evidenciaram a necessidade de implementar medidas para reter e gerenciar eficientemente as águas pluviais nesses locais.

Um dos problemas identificados foi a falta de controle adequado das águas pluviais nos lotes e loteamentos. Sem mecanismos eficazes para retenção e aproveitamento dessa água, o escoamento excessivo pode levar ao aumento da carga hídrica nas áreas a jusante, causando sobrecargas nos dispositivos existentes e riscos de enchentes. Além disso, a falta de controle das águas pluviais limita o aproveitamento desse recurso para usos não potáveis, resultando em desperdício de uma valiosa fonte de água.

Para enfrentar esses desafios, foram propostas soluções que visam o controle eficiente das águas pluviais na fonte. Uma das principais ações é a elaboração de legislação específica que regulamente o controle das águas pluviais para prédios públicos e novos empreendimentos (loteamentos). Essa legislação estabelecerá diretrizes e exigências para a implementação de dispositivos e técnicas de captação e retenção e infiltração das águas pluviais, visando evitar sobrecargas nos sistemas de drenagem e promover a sustentabilidade hídrica.

Além disso, a fiscalização desempenha um papel fundamental na implementação dessas soluções. Será realizada a fiscalização dos lotes e dos empreendimentos para garantir o cumprimento das normas e diretrizes estabelecidas. A atualização da Planta Genérica de Cadastro é parte integrante desse processo, visando identificar e monitorar os prédios públicos e os empreendimentos equipados com dispositivos de captação das águas da chuva.

Com a implementação dessas medidas, espera-se um controle mais eficiente das águas pluviais na fonte, reduzindo o impacto do escoamento excessivo, prevenindo enchentes e aproveitando de forma sustentável as águas pluviais para usos não potáveis. A integração das políticas de controle das águas pluviais nos lotes e loteamentos é essencial para promover uma gestão mais sustentável do recurso hídrico e garantir a resiliência do sistema de drenagem urbana. No Quadro 22, o objetivo 4.



Quadro 22 – Síntese do objetivo 4.

MUNICÍPIO DE LIMEIRA SP - PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS						
OBJETIVO	4	CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)				
FUNDAMENTAÇÃO	Uma forma de amenizar a maioria dos problemas na drenagem das águas pluviais urbanas é realizar o controle das águas na fonte, ou seja, criar mecanismos para que os lotes ou loteamentos realizem a retenção das águas que precipitam em suas áreas para que a contribuição a jusante não aumente, assim, os dispositivos já construídos não sofreriam sobrecarga e a água retida poderia ser utilizada para fins não potáveis. Assim, o município deve realizar tal controle nos prédios públicos, assim como, fiscalizar a execução dos novos projetos de edificações em lotes e loteamentos particulares, conforme consta na legislação proposta pelo Plano.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Será o índice de empreendimentos públicos que realizam controle das águas pluviais na fonte, o qual corresponde ao número de empreendimentos públicos que realizam o controle das águas pluviais na fonte em relação, ao número total de empreendimentos públicos.					
METAS						
CURTO PRAZO - 1 A 5 ANOS		MÉDIO PRAZO - 6 A 10 ANOS		LONGO PRAZO - 11 A 30 ANOS		
1) Elaborar legislação que regulamente o controle das águas pluviais na fonte para prédios públicos e novos empreendimentos (loteamentos). Deverá também realizar campanhas para orientar e estimular o armazenamento da água da chuva.		2) Fiscalização dos Lotes e Atualização da Planta Genérica de Cadastro e atingir 100% dos prédios públicos e empreendimentos com dispositivos de captação das águas da chuva.		3) Fiscalização dos Lotes e Atualização da Planta Genérica de Cadastro dos prédios públicos e empreendimentos com dispositivos de captação das águas da chuva.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
4.1.1	Elaborar projetos de lei e ações para que todos os empreendimentos públicos, privados, e lotes residenciais realizem o controle e reutilização das águas pluviais na fonte, além da priorização de uso de calçadas ecológicas e beneficiamento tributário (IPTU) para proprietários que aderirem à ação.	-			AA - RP	R\$ 10.000 por ano
4.2.1	Fiscalização dos lotes urbanos beneficiados para aferir os índices de permeabilidade do solo. Realizar juntamente com a atualização da Planta Genérica de Valores.- a cada 4 anos.	-	-	-	AA - RP	
4.3.1	Fiscalização dos lotes urbanos beneficiados para aferir os índices de permeabilidade do solo. Realizar juntamente com a atualização da Planta Genérica de Valores.- a cada 4 anos.	-	-	-	AA - RP	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 0,00			TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 0,00

Legenda RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamentos Públicos; FPR – Financiamentos Privados. PPP – Parceria Público-Privada.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



23.5. OBJETIVO 5 - IMPLANTAÇÃO DA TAXA DE DRENAGEM

O objetivo 5 tem como finalidade a implantação da taxa de drenagem como uma forma de viabilizar a gestão adequada do sistema e o financiamento dos serviços relacionados à drenagem urbana. A fundamentação destaca a importância de definir uma taxa que cumpra suas funções de forma efetiva, levando em consideração o objetivo a ser alcançado com a receita gerada.

Considerando que o sistema de drenagem urbana tem como objetivo controlar o escoamento pluvial excedente decorrente da impermeabilização do solo, propõe-se que a cobrança pela taxa de drenagem incida sobre a área impermeável da propriedade. Essa abordagem visa promover a equidade e responsabilizar os proprietários pelo impacto que suas áreas impermeáveis têm no sistema de drenagem.

O Quadro 23 sintetiza o objetivo 5.



Quadro 23 – Síntese do Objetivo 5.

MUNICÍPIO DE LIMEIRA SP - PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS						
OBJETIVO	5	IMPLANTAÇÃO DA TAXA DE DRENAGEM				
FUNDAMENTAÇÃO	A definição adequada da taxa possibilita que esta cumpra algumas funções, o que depende do objetivo a ser alcançado com a receita aferida. Na ausência de informações precisas sobre a demanda dos serviços de drenagem e sem experiências de medição do consumo individual e a sua cobrança, deve definir-se uma taxa equivalente ao custo médio de produção, priorizando o financiamento do sistema. Como o sistema de drenagem urbana foi concebido para controlar o escoamento pluvial excedente, decorrente da impermeabilização do solo, parece aceitável que a cobrança pelo serviço incida sobre a área impermeável da propriedade. Diante das deficiências atuais, sugere-se a regularização da qualidade do serviço, mediante cumprimento das ações anteriores para se iniciar a discussão sobre a cobrança.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Identificação da implementação da ação.					
METAS						
CURTO PRAZO - 1 A 5 ANOS		MÉDIO PRAZO - 6 A 10 ANOS		LONGO PRAZO - 11 A 30 ANOS		
1) Realizar estudos e elaborar um projeto para a implementação da taxa de drenagem no município. 2) Realizar debates com a população para a definição da taxa de drenagem urbana.		3) Implantar a taxa de drenagem.		4) Fiscalizar		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
5.1.1	Contratação de serviço especializado de consultoria para estudo econômico sobre a taxa de drenagem	R\$ 50.000,00			RP - AA	Preço médio de mercado.
5.2.1	Implantar a taxa de drenagem.	-	-	-	RP - AA	Ação Administrativa
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 50.000,00	-	-	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 50.000,00

Legenda RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamentos Públicos; FPR – Financiamentos Privados. PPP – Parceria Público-Privada.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



23.6. TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES.

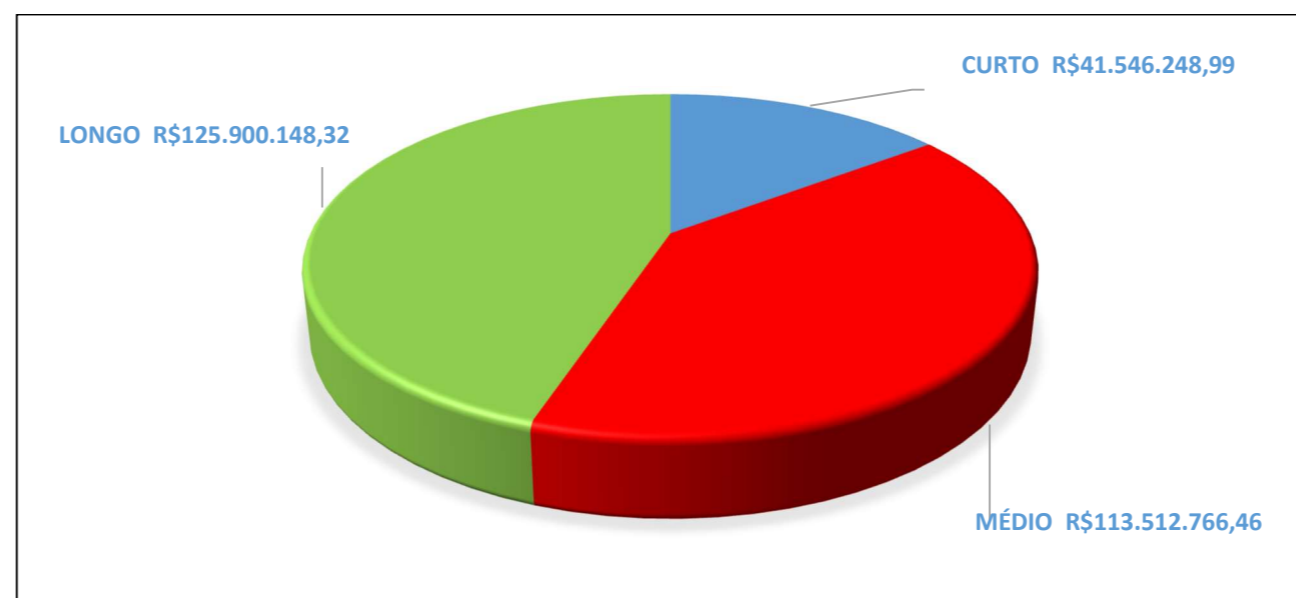
A Tabela 23 e o Gráfico 3 mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 23 – Totais dos programas, projetos e ações.

MUNICÍPIO DE LIMEIRA SP - PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS				
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R\$)				
OBJETIVOS	PRAZOS			TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO	R\$ 24.003.423,62	R\$ 30.480.046,29	R\$ 8.153.886,58	R\$ 62.637.356,49
IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	R\$ 1.189.062,29	R\$ 65.802.294,04	R\$ 50.909.389,72	R\$ 117.900.746,05
IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	R\$ 16.303.763,08	R\$ 17.230.426,13	R\$ 66.836.872,02	R\$ 100.371.061,23
CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)				R\$ -
CRIAÇÃO DE TAXA DE DRENAGEM	R\$ 50.000,00			R\$ 50.000,00
TOTAL GERAL	R\$ 41.546.248,99	R\$ 113.512.766,46	R\$ 125.900.148,32	R\$ 280.959.163,77

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Gráfico 3 – Totais dos programas, projetos e ações por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



24. FONTES DE FINANCIAMENTO

Existem recursos públicos e privados. Os públicos são oriundos de órgãos governamentais, são os fundos municipais, estaduais, federais e de governos internacionais. O acesso a esse tipo de recurso ocorre por meio de concorrências ou editais públicos, apresentando projetos em épocas específicas para serem avaliados e potencialmente selecionados, e também por meio do contato direto com os órgãos e as instâncias responsáveis por cada tipo de recurso. Em todos esses níveis os financiamentos podem ser classificados como voluntários, quando fazem parte do orçamento público, ou compulsórios, quando são recursos captados e destinados obrigatoriamente a determinados fins.

Podemos citar alguns exemplos de negociações possíveis para se realizar como linhas de crédito: empréstimos oferecidos por agentes financeiros, com juros menores que os de mercado; Incentivos fiscais: oferecidos à iniciativa privada pelo governo sob a forma de dedução de impostos, apresentam-se como benefício fiscal; Recursos a fundo perdido, cuja oferta possui critérios preestabelecidos e são despendidos sem necessidade de reembolso à instituição financiadora, alocados nos fundos nacionais, estaduais e municipais.

Os recursos privados são originários de diversas instituições, como associações, empresas, fundações e bancos. Normalmente, estas instituições possuem modelos específicos para apresentação de projetos e linhas de financiamento bem definidas como diversas empresas que dispõem de linhas de financiamento para projetos; diversas associações que fazem doações ou financiamentos para o desenvolvimento de projetos em sua área de atuação, sendo fortes fontes de parcerias; as fundações que são instituições, nacionais ou estrangeiras, que têm como propósito executar ou financiar projetos sociais, ambientais e culturais; alguns bancos, nacionais e internacionais, oferecem financiamento a fundo perdido para o desenvolvimento de projetos socioambientais e socioculturais.

Diante das limitações dos recursos por parte dos municípios e considerando que são altos os investimentos necessários para a implantação do Plano, neste item são apresentadas algumas fontes de recursos financeiros às quais o município pode recorrer.



Recursos Ordinários são os que, com grande verossimilhança, se repetirão em todos os períodos financeiros. Já os Recursos Extraordinários, são os que não se repetem todos os anos, ou seja, aqueles que não estão previstos e/ou precisam ser pleiteados pelo município.

24.1. RECURSOS ORDINÁRIOS

Os municípios dispõem de recursos ordinários decorrentes de impostos descritos a seguir.

- IPTU – Imposto Predial Territorial Urbano:

“como o nome indica, é o imposto voltado a propriedades com construção no meio urbano. Ou seja, ele é cobrado anualmente de todos os proprietários de casas, prédios ou estabelecimentos comerciais nas cidades (Teixeira, 2020).”

- ISSQN – Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza: “é um imposto previsto no art. 156 da Constituição da República Federativa do Brasil. É um imposto brasileiro municipal, ou seja, somente os municípios têm competência para instituí-lo.”
- ITBI – Imposto sobre a Transmissão Onerosa de Bens Imóveis: é um tributo municipal obrigatório e cobrado pelas prefeituras ao comprador do imóvel.”
- ICMS – Repasse do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação;
- FPM – Fundo de Participação do Municípios: recursos recebidos pelos Municípios a título de participação na arrecadação de tributos federais (Imposto de Renda e Imposto sobre Produtos Industrializados).”



- ITR – Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural: é um tributo federal que se cobra anualmente das propriedades rurais. Precisa ser pago pelo proprietário da terra, pelo titular do domínio útil ou pelo possuidor a qualquer título.

Esses recursos são empregados para financiar projetos de infraestrutura, que poderiam incluir obras de melhoria na área de saneamento e gestão de resíduos.

24.2. RECURSOS EXTRAORDINÁRIOS

Abaixo são apresentados os subitens com alternativas de recursos extraordinários existentes. Estas linhas de crédito podem ser de dois tipos:

- Não reembolsável: o recurso obtido não precisa ser devolvido,
- Reembolsável: o recurso financeiro é obtido em condições mais vantajosas (taxa, carência e amortização), porém deve ser devolvido.

24.2.1. Ação Orçamentária 10SG

Com o intuito de auxiliar no desenvolvimento do setor de saneamento básico voltado à drenagem urbana, o Plano Plurianual da União (PPA) estabeleceu programas temáticos específicos, como o Programa de Gestão de Riscos e Desastres, por meio da Ação Orçamentária 10SG (MENDES e SANTOS, 1990).

O programa mencionado é a principal iniciativa da União para apoiar sistemas sustentáveis de drenagem urbana e manejo de águas pluviais em municípios propensos a inundações recorrentes, alagamentos e enxurradas. Ele está relacionado ao Programa 2218 - Gestão de Riscos e Desastres, que agrupou as ações de drenagem dos PPAs entre 2016 e 2019. Historicamente, as medidas orçamentárias e os programas têm se concentrado em ações corretivas, como controle de enchentes, estruturação e manutenção de sistemas de informação e alerta, além de funções estruturantes.

A maioria das intervenções apoiadas pela Ação Orçamentária 10SG está relacionada aos serviços fornecidos pelo sistema de drenagem sustentável, com o objetivo de restaurar as características prévias ao processo de urbanização na área,



como taxa de infiltração e evaporação, recuperação de córregos urbanos e rios, e aproveitamento de águas pluviais. No entanto, quando não é viável adotar medidas para reduzir vazões de pico e o escoamento superficial, uma alternativa é ampliar, recuperar e construir sistemas de drenagem subdimensionados. Contudo, muitos municípios não possuem sistema natural de drenagem, tornando importante a elaboração de relatórios com informações detalhadas dos projetos executados e das dotações orçamentárias, para gerar indicadores e condições de monitoramento e estudos sobre o tipo de iniciativa local que esses investimentos estariam apoiando (tendências sustentáveis ou tradicionais) (MENDES e SANTOS, 1990).

Os sistemas devem operar de forma integrada, combinando a eficiência das infraestruturas existentes com a restauração dos ambientes urbanos por meio das infraestruturas verdes. Além disso, em áreas e municípios sem sistema de drenagem, ou que tenham sido recentemente implantados, é necessário adotar sistemas sustentáveis de base, juntamente com o uso adequado do solo estabelecido pelo plano diretor e com habitações fora de áreas sujeitas a inundação, alagamentos ou deslizamentos (MENDES e SANTOS, 1990).

De acordo com o Programa 2218 - Gestão de Riscos e Desastres, os municípios elegíveis para acessar os recursos devem cumprir os seguintes critérios:

- Possuir mapeamento de setorização de risco realizado ou reconhecido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM).
- Apresentar processo hidrológico crítico (inundação, enxurrada, enchente ou alagamento) como dominante.
- Estar adimplente junto ao Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), ou ao Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), quando este estiver funcionando, no componente de Águas Pluviais, verificado por meio do atestado de regularidade com o fornecimento de dados ao SNIS/SINISA, emitido pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR).
- Cumprir integralmente o disposto no Art. 50 da Lei nº 11.445/2007 e no Decreto nº 11.467, de 05 de abril de 2023, que o regulamenta.



24.2.2. Os programas de financiamento reembolsáveis

Estes programas proporcionam para as concessionárias a possibilidade de captarem empréstimos financeiros, que são destinados para os municípios com a finalidade de contribuir com a evolução de algum setor relacionado ao saneamento básico, entretanto, o mesmo valor deve ser devolvido ao longo do tempo com reajustes e correções monetárias.

a) Banco Nacional de Desenvolvimento – BNDES

Uma das principais finalidades do BNDES é apoiar o desenvolvimento local por meio de parcerias estabelecidas com governos estaduais e prefeituras, viabilizando e implementando os investimentos necessários.

As instâncias de governo podem solicitar financiamentos a projetos de investimentos, aquisição de equipamentos e exportação de bens e serviços. Esse tipo de financiamento é reembolsável. Quando requerido pelo Município, é necessário que na lei orçamentária esteja contida a previsão do pagamento do valor do empréstimo, bem como haja a permissão para a assunção da dívida em nome do município.

b) Banco do Brasil (BB)

Seguindo a mesma estratégia do BNDES, o Banco do Brasil proporciona financiamentos para a aquisição de máquinas, equipamentos novos e insumos. Tais financiamentos só podem ser requeridos por sociedades empresárias (micro, pequenas e médias empresas) ou por associações e cooperativas.

c) Caixa Econômica Federal (CAIXA)

A Caixa Econômica Federal, firmou juntamente com o governo federal, um acordo referente a linhas de crédito para financiar a elaboração de planos estaduais e municipais de resíduos sólidos. Logo irá colaborar com a profissionalização de cooperativas de catadores.



Portanto, o financiamento pode ser requerido tanto por Estados, Municípios e os demais atores da PNRS, como é o caso dos catadores e das cooperativas que atuam com reciclagem.

d) Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)

O BID propicia o desenvolvimento econômico, social e sustentável na América Latina e no Caribe mediante suas operações de crédito, liderança em iniciativas regionais, pesquisa e atividades, institutos e programas que promovem a divulgação de conhecimento.

O BID auxilia na elaboração de projetos e oferece financiamento, assistência técnica e conhecimentos para apoiar intervenções de desenvolvimento. Empresta a governos nacionais, estaduais e municipais, bem como a instituições públicas autônomas. Organizações da sociedade civil e empresas do setor privado também são elegíveis para financiamentos do BID.

e) Banco Mundial (The World Bank)

O Banco Mundial, uma instituição autônoma fora do âmbito das Nações Unidas, é reconhecido como a principal entidade mundial de apoio ao desenvolvimento. Se vale de seus recursos financeiros substanciais, equipe especializada e vasto acervo de conhecimento para auxiliar na trajetória de crescimento estável, sustentável e equitativo de cada nação. Seu foco central é a diminuição da pobreza e da disparidade social (Brasil, s.d.).

O Banco também ajuda os países a atrair e reter investimento privado. Com o apoio, tanto em empréstimos quanto em assessoria, os governos estão reformando as suas economias, fortalecendo sistemas bancários e investindo em recursos humanos, infraestrutura e proteção do meio ambiente, o que realça a atração e produtividade dos investimentos privados.



f) Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)

O PAC é um projeto do Governo Federal que incentiva o crescimento da economia brasileira mediante o investimento em obras de infraestrutura. Nele, as prioridades de investimentos são eixos como o saneamento básico (PAC Cidade Melhor), a habitação (PAC Habitação), o transporte (PAC Transporte), a energia (PAC Energia) e os recursos hídricos (PAC Água e Luz Para Todos).

Visando no desenvolvimento social e econômico, o Programa de Aceleração do Crescimento é uma maneira de acessar aos recursos federais, já que o capital utilizado pode ser de recursos da União (orçamento do governo federal), capitais de investimentos de empresas estatais e de investimentos privados com estímulos de investimentos públicos e parcerias.

Sendo assim, cabe ao gestor público analisar as opções para, em parceria, poder atender à PNRs com base nos recursos disponibilizados pelo governo federal.

24.2.3. Programas de financiamento não reembolsáveis

Esses programas são formas de ajudar financeiramente os municípios em projetos que tragam evoluções ao local, esses mesmos não precisam ser devolvidos as fundações.

a) Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO)

O Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) está oficialmente regulamentado pelo Decreto Estadual nº 48.896/2004 e suas modificações, desempenhando o papel de entidade econômico-financeira no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH). Sob a jurisdição da Coordenadoria de Recursos Hídricos (CRHi) da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (SEMIL), sua gestão é conduzida pelo Departamento de Operacionalização do Fundo (DOF).

O propósito fundamental do FEHIDRO consiste em apoiar a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, mediante o fornecimento de recursos para programas e iniciativas voltadas à gestão de recursos hídricos. Essa



contribuição visa promover aprimoramentos e assegurar a preservação dos corpos d'água e de suas respectivas bacias hidrográficas. É crucial destacar que esses programas e ações devem estar diretamente alinhados com as metas delineadas no Plano de Bacia Hidrográfica e em harmonia com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH).

b) Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA)

A Lei Federal nº 7.797 (BRASIL, 1989) criou o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), que pertence ao Ministério do Meio Ambiente e tem como objetivo disponibilizar recursos para a capacitação de gestores nas áreas que desenvolvam ações de temática ambiental como, a água, as florestas, a fauna, e projetos sustentáveis e de planejamento e gestão territorial, ou qualquer outra área que tenha como objetivo a proteção da biodiversidade e da natureza.

As propostas podem ser apresentadas de acordo com temas definidos anualmente pelo Conselho Deliberativo do FNMA. A apresentação dos programas deverá seguir as orientações publicadas na página eletrônica do FNMA.

c) Fundo Brasileiro de Educação Ambiental (FunBEA)

FunBEA é fruto de um processo de diálogo e articulação que reflete a experiência cotidiana de gestores, educadores, pesquisadores, cientistas e profissionais, diante dos desafios jurídicos, operacionais, pedagógicos e de inovação social para o fomento da EA no Brasil.

Surgiu em 2010, com o objetivo de viabilizar e potencializar ações, projetos e programas de EA que historicamente enfrentam dificuldades em obter e acessar as formas tradicionais de financiamento. A iniciativa partiu de educadores e gestores ambientais, oriundos da academia, sociedade civil organizada, setor empresarial e governo, contando com a presença e apoio do Ministério do Meio Ambiente.



d) Ministério da Saúde

A Fundação Nacional de Saúde, FUNASA, órgão executivo do Ministério da Saúde, autoriza que os municípios que pretendem receber recursos para fomentar a universalização dos serviços de saneamento básico exponham seus projetos de pesquisa nas áreas de engenharia de saúde pública e saneamento ambiental.

A finalidade é aprimorar as ações para a saúde pública com a criação de sistemas que ampliem a prestação dos serviços englobados no saneamento ambiental das cidades.

Os projetos podem ser apresentados por municípios que tenham população total de até 50 mil habitantes e/ou que estejam incluídos no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), devendo a temática atender ao manual de orientações técnicas para a Elaboração de Projetos de Resíduos Sólidos, que está disponível no sítio eletrônico da FUNASA.

e) Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso (FDD)

A finalidade do Fundo administrado pelo Ministério da Justiça é consertar os danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico, paisagístico, por infração à ordem econômica e a outros interesses difusos e coletivos.

As soluções para obter estes recursos, são provenientes de multas aplicadas pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE), das multas aplicadas por descumprimento a Termos de Ajustamento de Conduta e das condenações judiciais em ações civis públicas.

Assim esses meios são destinados apenas às entidades que atuam diretamente na defesa dos direitos difusos, como preservação e recuperação do meio ambiente, proteção e defesa do consumidor, promoção e defesa da concorrência, entre outros. Podem ser apoiados projetos que incentivem a gestão dos resíduos sólidos, a coleta seletiva ou outras formas de programas que incluam os objetivos da própria PNRS, que são a redução, a reutilização, o reaproveitamento e a reciclagem do lixo.

Com intuito de receber as verbas do FDD é necessário candidatar-se e apresentar uma carta-consulta, cujo modelo é divulgado no site do Ministério da Justiça.



Conseguem solicitar os recursos do FDD as instituições governamentais da administração direta e indireta dos governos federal, estadual e municipal e as organizações não governamentais, desde que brasileiras e que estejam relacionadas à atuação em projetos de meio ambiente, defesa do consumidor, de valor artístico ou histórico.

f) Fundo Nacional de Compensação Ambiental (FNCA)

Em 2005, para garantir a aplicação adequada dos recursos da compensação ambiental dos processos de licenciamento federal, o MMA e o Ibama criaram o Fundo Nacional de Compensação Ambiental (FNCA) em cooperação com a CAIXA. Os recursos eram depositados em um fundo de investimento gerido pelo banco, a partir da adesão do empreendedor, e executado pelo Ibama.

O FNCA evitava a entrada dos recursos no caixa único do Tesouro federal e os tornava mais disponíveis para a aplicação direta nas unidades de conservação federais. O FNCA foi criado para investir quantias originárias de compensações ambientais, pagas por empreendimentos de infraestrutura ou outros igualmente impactantes.

g) Fundo Vale

Criado em 2009 pela Cia. Vale do Rio Doce, como contribuição da empresa para a busca de soluções globais de sustentabilidade, o fundo iniciou suas ações pelo Bioma Amazônia, apoiando iniciativas que unem a conservação dos recursos naturais à melhoria da qualidade de vida e ao fortalecimento dos territórios amazônicos e suas comunidades.

Os recursos são oriundos da Vale, mas alguns projetos são desenvolvidos a partir de parcerias com o poder público e outras organizações. Parceiros institucionais: Fundação Avina, Forest Trends, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), Articulação Regional Amazônica (ARA) e Iniciativa Amapá.

As ações desenvolvidas pelo Fundo Vale estão agrupadas em três programas de trabalho, sendo que os projetos podem abranger mais de um programa em suas atividades:



- Programa Municípios Verdes, que apoia uma agenda de desenvolvimento sustentável nos municípios, com engajamento dos atores locais, conciliando gestão ambiental e economia local de base sustentável;
- Programa Áreas Protegidas e Biodiversidade: visa promover a gestão integrada das áreas protegidas, em conexão com as estratégias de desenvolvimento local, regional e nacional, de forma a demonstrar a sua contribuição para os territórios e garantir a sustentabilidade destas áreas e de seus povos; e
- Programa Monitoramento Estratégico: busca potencializar iniciativas de monitoramento e políticas de intervenção, com base na geração e uso de informação estratégica para a conservação dos recursos naturais, a redução da sua degradação e o desenvolvimento sustentável das populações locais.

25. MECANISMOS E PROCEDIMENTOS PARA A AVALIAÇÃO SISTEMÁTICA DA EFICIÊNCIA E EFICÁCIA DAS AÇÕES PROGRAMADAS

O acompanhamento da implementação do Plano de Microdrenagem, Macro-drenagem e de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais (PMMDUMAP) é fundamental para garantir que as ações propostas alcancem seus objetivos de forma eficaz e eficiente. Dentro desse contexto, é pertinente definir eficiência e eficácia. Enquanto eficácia refere-se à realização efetiva do que foi proposto dentro dos prazos estipulados, eficiência diz respeito à gestão adequada dos recursos financeiros, assegurando que os gastos estejam alinhados ou sejam inferiores ao previsto para a execução das ações.

Contudo, ressalta-se a necessidade de ir além desse enfoque, considerando que os impactos das ações executadas devem ser devidamente avaliados, a efetividade não pode ser negligenciada. A efetividade refere-se à verificação se os resultados esperados com a execução de uma determinada ação para melhorar uma situação específica foram alcançados. Desse modo, a avaliação completa deve abranger não apenas a eficácia e eficiência, mas também a efetividade das ações implementadas, ou seja, a análise do impacto real das ações na melhoria das condições locais e na qualidade de vida da população.

Segundo a FUNASA (2018), para realizar a avaliação de qualquer plano, programa ou projeto, é necessário definir previamente:



- Como será conduzido o acompanhamento e com base em quê?
- O que será objeto de avaliação?
- Quem participará do processo?
- Como os resultados serão divulgados?

No que diz respeito ao acompanhamento e avaliação do PMMDUMAP, a sistemática pode empregar procedimentos que combinem avaliação quantitativa (por meio de indicadores) e qualitativa (por meio de processos participativos, entrevistas, grupos focais, visitas de campo, etc.). Exemplos desses procedimentos incluem:

- Entrevistas com moradores, gestores e técnicos responsáveis pela implementação do PMMDUMAP, bem como outros agentes públicos na interface com a microdrenagem, macrodrenagem e drenagem urbana, como os agentes de saúde;
- Realização de visitas de campo para verificar *in loco* problemas reportados por moradores, pela mídia local ou pelo sistema de ouvidoria disponibilizado pelos prestadores de serviços;
- Consulta a bancos de dados e sistemas de informações, incluindo o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SNIS), DataSUS e outros sistemas nacionais para comparação entre municípios semelhantes;
- Utilização de indicadores produzidos durante o PMMDUMAP, decorrentes da compilação e armazenamento de dados e informações levantadas.

No que concerne ao "O que deve ser avaliado?", a sistemática deve investigar os resultados obtidos pelo PMMDUMAP em cada ação do plano, considerando eficácia, eficiência e efetividade. Além disso, a revisão do PMMDUMAP deve considerar o funcionamento da Sistemática de Acompanhamento e Avaliação, assim como a integração do saneamento básico com outras políticas públicas correlatas.

A participação dos Comitês é fundamental para garantir uma avaliação crível e plural. Os resultados devem ser apresentados e discutidos nos Comitês, bem como em órgãos colegiados existentes no município. A participação ativa da entidade de regulação e prestadores de serviços também é crucial.

Finalmente, sobre "Como os resultados serão divulgados?", é essencial prever mecanismos de divulgação acessíveis e compreensíveis, incluindo relatórios



técnicos traduzidos em resumos explicativos, dinâmicas que facilitem a participação em eventos e a disponibilidade de estudos e informações fundamentais.

Destaca-se que nos quadros síntese dos objetivos do PMMDUMAP (p. 342) foram apresentados Métodos de Acompanhamento (Indicadores) específicos na busca do atingimento dos mesmos. Esses indicadores desempenham um importante papel na mensuração do progresso em direção aos objetivos estabelecidos, fornecendo dados concretos para avaliação.

Já quanto ao acompanhamento dos Programas, Projetos e Ações propostos para cada objetivo, deve-se utilizar o modelo do Quadro 24. Neste quadro, a 1ª coluna refere-se ao código do Programa, Projeto ou Ação, a 2ª e a 3ª colunas referem-se ao prazo e ao andamento de sua realização, respectivamente, utilizando o código de cores apresentado na legenda. A 4ª coluna deve ser preenchida com o tipo de problema ocorrido para o não cumprimento do prazo ou realização da ação, a 5ª refere-se ao motivo do atraso ou problema enquanto que a 6ª e última coluna dá espaço para as devidas justificativas dos preenchimentos anteriores.

Essa avaliação deve ser feita a cada 4 anos, anteriormente a elaboração do Plano Plurianual Municipal. A Resolução nº 75 do Conselho das Cidades sugere que o Plano Municipal de Saneamento Básico, PMSB, deve orientar a elaboração da legislação orçamentária subsequente, incluindo o próprio PPA (Plano Plurianual), a LDO (Lei de Diretrizes Orçamentárias) e a LOA (Lei Orçamentária Anual) (FUNASA, 2018). Sendo a drenagem pluvial um dos eixos integrantes do PMSB, é evidente que o PMMDUMAP siga a mesma lógica da recomendação e, portanto, também direcione alocação de investimentos, beneficiários prioritários, métodos de gestão, alternativas tecnológicas e custos associados quando da elaboração da legislação orçamentária supracitada.



Quadro 24 – Acompanhamento do Plano

Código	Meta/Prazo	Andamento/Anos										Tipo de Problema	Motivo	Justificativa
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
	Programado													
	Executado													
	Programado													
	Executado													
	Programado													
	Executado													
	Programado													
	Executado													

Fonte: FUNASA, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Termo de Referência para revisão de PMSB da FUNASA de 2020 apresenta uma variedade de problemas frequentemente observados durante a implementação de programas, projetos e ações, embora não esgote todas as possibilidades. Esses problemas geralmente estão associados a atrasos na execução de ações ou até mesmo à falta de início conforme o planejado.

Outro tipo de problema, que não está vinculado a atrasos, pode surgir de distorções na natureza da ação. Isso ocorre quando uma ação, originalmente planejada como predominantemente estruturante, é substituída ou distorcida durante a execução, tornando-se predominantemente estrutural. Por exemplo, uma ação planejada para reduzir as perdas no sistema de abastecimento de água, inicialmente destinada a capacitar o prestador de serviços e a população sobre o uso consciente da água no cotidiano, pode ser substituída por uma rotina sistemática de fornecimento de caminhões-pipa para lidar com a escassez de água no município.

Um terceiro tipo de problema relaciona-se à inadequação da ação, resultante de possíveis erros ou falhas no planejamento da própria ação. Isso pode envolver uma solução proposta, uma meta estabelecida ou um prazo de implementação inadequados para a execução da ação. Além disso, a falta de sustentabilidade na programação da ação pode ocorrer quando as medidas e os custos não consideram adequadamente a operação e a manutenção necessárias.

Para preencher a coluna **Tipo de Problema**, deve ser usada a seguinte legenda:

A = **Atraso**, de qualquer natureza



D = Distorção

I = Inadequação da proposta

Os problemas relacionados a algum tipo de atraso em geral têm a ver com a ocorrência de entrave, seja:

- I. na **captação de recursos**, de acordo com a fonte de financiamento prevista no Plano;
- II. na **elaboração do projeto**, em função da fragilidade técnica do titular;
- III. no **processo licitatório** para contratação de estudos e/ou projetos, realização de capacitação, aquisição de equipamentos, execução de obra, entre outros objetos;
- IV. na **execução da obra**, em função inclusive da fragilidade técnica dos projetos, ou da interdependência dos cronogramas de determinadas ações, entre outros entraves;
- V. no processo de **desapropriação** de determinada área;
- VI. no processo de **licenciamento ambiental**;
- VII. na **descontinuidade política** provocada pela mudança de governo na administração municipal e pela ausência de um acompanhamento técnico sistemático e efetivo, entre outros tipos de entraves.

Assim, para preencher a coluna **Motivo** do quadro, deve-se usar a seguinte legenda:

CR = entrave na **captação de recursos**, segundo a fonte de financiamento programada;

PROJ = entrave na elaboração de **projeto**;

LIC = entrave no processo **licitatório**;

OB = entrave na execução da **obra**;

DES = entrave na **desapropriação** de área;

LA = entrave no **licenciamento ambiental**;

DP = entrave em função da **descontinuidade política**;

O = entrave em função de **outros** motivos (especificar).



O Quadro 25 mostra um exemplo de preenchimento e utilização do quadro, numa situação hipotética da segunda avaliação do andamento do Plano, ou seja, após 8 anos do início de sua implementação. A ação 1.1.5 – “Realizar cadastramento da microdrenagem e levantamento topobatimétrico da macrodrenagem na microbacia do Granufo” está prevista para o curto prazo, ou seja, até 5 anos de implementação do Plano, portanto teve seu preenchimento da cor verde nas células do prazo programado e executado.

A ação 1.4.1 – “Realizar cadastramento da microdrenagem e levantamento topobatimétrico da macrodrenagem na microbacia Vista Alegre” está prevista para acontecer do 6º ao 10º ano de implementação, mas foi executada apenas no sexto ano por entraves na execução da obra, sendo então a coluna Motivo preenchida com o A de atraso e a coluna Tipo de Problema com OB.

A ação 3.5.1 – “Contratação de serviço especializado para estudo de medidas estruturais e adequação de micro e macrodrenagem nos bairros que ainda não possuem GAP” ainda não foi iniciada por entraves no processo licitatório, então está preenchida com a cor roxa na coluna de andamento nos dois anos em que ocorreria a avaliação do Plano.

Já a ação 3.11.1 – “Implementar dispositivos de retenção de sólidos” está prevista para o longo prazo, ou seja, do 11º ao 30º ano, mas foi antecipada para o curto prazo – e por isso preenchida com a cor preta na coluna de andamento - devido a uma hipotética mudança de legislação federal que exigia a realização da ação antes do prazo previsto, a qual foi relatada na coluna Justificativa.



25.1. INDICADOR DE EXECUÇÃO DO PMMDUMAP

O indicador de execução do PMMDUMAP tem como objetivo mensurar o nível de execução do Plano ao final de cada prazo (curto, médio e longo) e pelo período considerado, segundo suas ações programadas e respectivas metas. As variáveis que permitem seu cálculo são:

- número de ações programadas e executadas de acordo com suas metas e respectivos prazos;
- total de ações programadas segundo as mesmas metas e respectivos prazos.

A fórmula para calcular esse indicador é:

$$E = \{(Apc + Api / (Apt + Apit)) \times 100$$

Onde:

E = indicador de execução do PMMDUMAP;

Apc = ações com conclusão prevista dentro do tempo de avaliação que foram concluídas;

Api = ações com início previsto dentro do tempo de avaliação que foram iniciadas;

Apt = total de ações com conclusão prevista dentro do tempo de avaliação;

Apit = total de ações com início previsto dentro do tempo de avaliação.

A título de Avaliação Final da Execução do Plano, dado o fim do horizonte de projeto, deve-se calcular a relação de todas as ações concluídas pelo total de ações previstas no PMMDUMA, podendo assim avaliar a porcentagem das ações que realmente foram efetivadas no período.



DIMENSIONAMENTO, ANÁLISE E SELEÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM



INTRODUÇÃO

O rápido crescimento populacional e o desenvolvimento urbano acelerado têm transformado significativamente a paisagem de nossas cidades, trazendo consigo uma série de desafios ambientais e de infraestrutura. À medida que as cidades se expandem, a superfície natural é substituída por concreto e asfalto, provocando um aumento das áreas impermeáveis. Esse fenômeno, conhecido como "impermeabilização do solo", acarreta problemas de drenagem urbana, como enchentes, inundações, ineficaz escoamento das águas e prejuízos diversos.

O dimensionamento de sistemas de drenagem urbana é, portanto, uma questão de suma importância para garantir a sustentabilidade e o desenvolvimento ordenado das cidades. O principal objetivo é o controle do escoamento das águas pluviais, de forma a minimizar os impactos negativos e preservar a qualidade ambiental. Esse processo envolve análises hidrológicas e hidráulicas complexas, levando em consideração fatores como a precipitação regional, a topografia da área, a capacidade de absorção do solo e a infraestrutura existente.

Neste trabalho, exploramos os principais desafios enfrentados na concepção do sistema, bem como as soluções e práticas inovadoras. Foram discutidos aspectos técnicos e ambientais que envolvem o planejamento adequado toda a rede relacionada ao escoamento das águas pluviais.

Ao compreender as complexidades do sistema de drenagem urbana e a importância de estratégias gerenciais, enseja-se o preparo para enfrentar os desafios futuros à medida que as cidades continuam a crescer. A busca por soluções inovadoras e ambientalmente responsáveis é essencial para criar ambientes urbanos mais seguros, onde a coexistência harmoniosa entre a natureza e a sociedade seja uma realidade possível.

Portanto, é fundamental enfrentar os desafios hidrológicos que a urbanização traz consigo, buscando soluções inovadoras e eficazes para garantir cidades resilientes, adaptadas ao novo contexto climático, e que promovam o bem-estar e a prosperidade para as gerações presentes e futuras.



26. SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

A drenagem pluvial é um sistema da infraestrutura urbana que desempenha um papel essencial no contexto do saneamento ambiental. Sua principal responsabilidade é realizar a coleta, o manejo e a disposição das águas pluviais, encaminhando-as para corpos d'água apropriados. O termo "manejo" é utilizado para abranger o tratamento aplicado às águas coletadas, o qual tradicionalmente se referia apenas à condução dos escoamentos. No entanto, atualmente, o gerenciamento das águas pluviais também pode, ou deve, incluir técnicas de amortecimento e infiltração.

A função da drenagem é de extrema importância para a cidade, uma vez que um sistema mal projetado pode resultar em enchentes, causando alagamento de grandes áreas e gerando problemas sociais e de saúde, além de expor a população a diversos riscos.

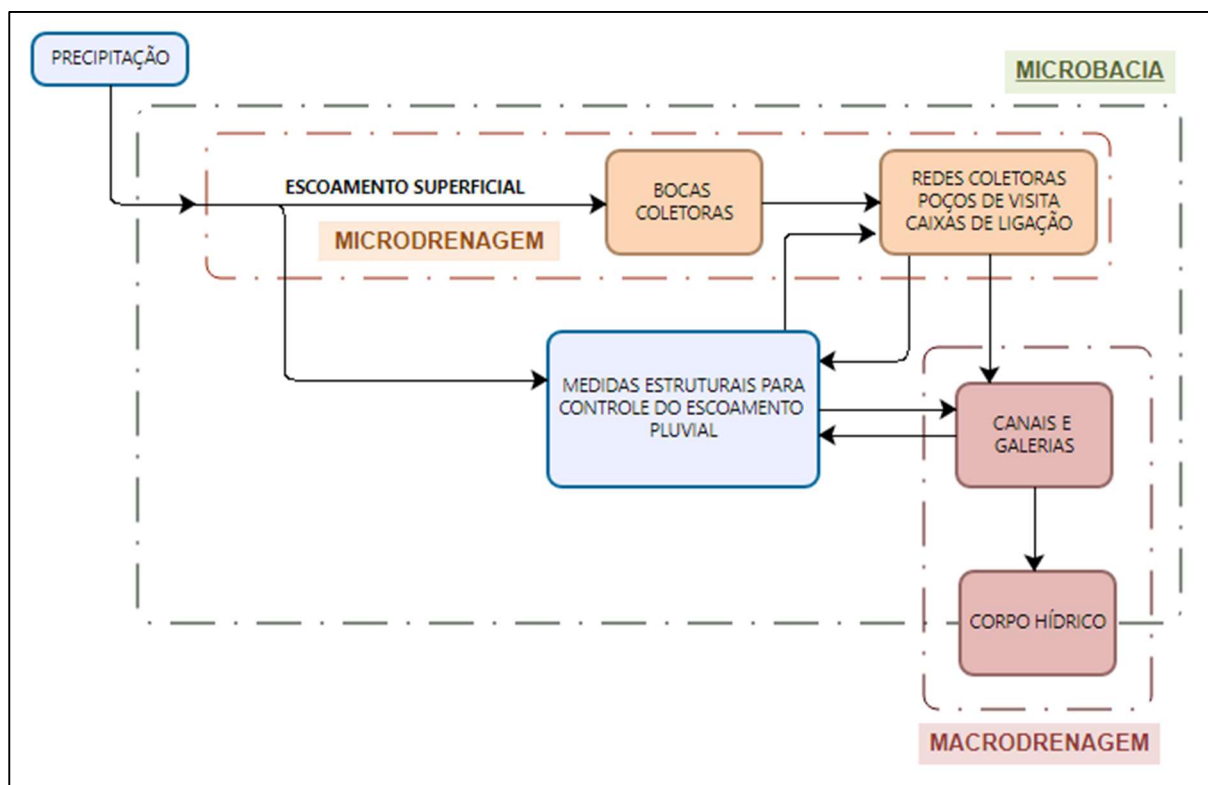
Os sistemas de drenagem urbana englobam dois subsistemas principais característicos: a microdrenagem e a macrodrenagem.

Por microdrenagem pode-se entender o sistema de condutos construídos destinados a receber e conduzir as águas das chuvas vindas das construções, lotes, ruas, praças etc. Em uma área urbana, a microdrenagem é essencialmente definida pelo traçado das ruas, os equipamentos de coleta de água e a rede de escoamento.

Já a macrodrenagem corresponde à rede de drenagem natural, pré-existente à urbanização, constituída por rios e córregos, localizados nos talwegues dos vales, e que pode receber obras que a modificam e complementam, tais como galerias e canais de grande porte, barragens, diques e outras.

A Figura 91 apresenta diagrama simplificado da composição do sistema de drenagem urbana.

Figura 91 – Diagrama simplificado do sistema de drenagem urbana.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

26.1. DRENAGEM URBANA DE LIMEIRA

De acordo com o SNIS (2022), Limeira possui um total de 1.207,86 km de vias públicas urbanas, sendo que 322,78 km são providas de redes ou canais de águas pluviais subterrâneos, perfazendo uma taxa de cobertura com esses dispositivos de 26,7%, sendo estes caracterizados como o sistema de microdrenagem.

Também de acordo com o SNIS (2022), o volume total dos reservatórios de amortecimento na área urbana é de 39.500,72 m³, distribuídos em dispositivos diversos, tais como bacias de retenção e detenção, piscininhas e o piscinão da baixada do Mercado Modelo

O sistema de drenagem urbana deve ser pensado tendo como base a Bacia Hidrográfica (BH) na qual ele está inserido. O Município de Limeira possui em seu perímetro municipal 6 Bacias Hidrográficas caracterizadas:

- 1 – Bacia Hidrográfica do Córrego da Água Suja da Serra;
- 2 – Bacia Hidrográfica do Córrego da Graminha;



- 3 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Lagoa Nova;
- 4 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Bernardino;
- 5 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu;
- 6 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Pires / Ribeirão do Pinhal.

Conforme explicitado no Diagnóstico referente a este Plano, definiu-se a Bacia do Ribeirão Tatu para a aplicação dos estudos hidráulicos e hidrológicos prioritários, por esta conter dentro dos seus limites quase toda a área urbanizada do perímetro urbano do município. O curso d'água principal desta BH é o Ribeirão Tatu, que, também, é o principal corpo hídrico dentro do perímetro municipal e deságua no Rio Piracicaba.

A BH do Ribeirão Tatu divide-se em 7 microbacias urbanas, sendo elas:

- Microbacia do Alto Ribeirão Tatu;
- Microbacia do Córrego da Barroca Funda;
- Microbacia do Córrego do Varga;
- Microbacia do Córrego do Granufo;
- Microbacia do Córrego Vista Alegre;
- Microbacia do Médio Ribeirão Tatu;
- Microbacia do Baixo Ribeirão Tatu.

26.2. CADASTRO DA REDE DE DRENAGEM

O cadastro da rede de drenagem pluvial e a batimetria dos canais são etapas fundamentais no processo de planejamento e gestão eficiente da drenagem urbana. Essas informações fornecem dados essenciais para a compreensão e análise do funcionamento hidráulico do sistema, permitindo a identificação de pontos críticos, áreas de risco e a elaboração de estratégias de controle e prevenção de inundações.

A correta realização do cadastro da rede de drenagem e da batimetria dos canais permite a construção de modelos hidráulicos confiáveis, capazes de prever o comportamento do sistema diante de eventos pluviais. Isso possibilita a tomada de decisões embasadas na prevenção de inundações, no dimensionamento adequado de estruturas e na definição de estratégias de mitigação de riscos.



Contudo, segundo o Diagnóstico integrante deste Plano, o cadastro do sistema de drenagem urbana do Município de Limeira apresenta imprecisões e inconsistências, prejudicando a eficiência da gestão do sistema. A falta de mapeamento completo da área urbana impede uma análise abrangente e a ausência de dados topobatimétricos dos principais corpos hídricos e canais de escoamento dificulta estudos hidráulicos precisos. Além disso, obras de drenagem realizadas anteriormente pelo extinto Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) não possuem uma documentação completa, tais como: projetos, memorial de cálculo, localização e planta.

A fim de sanar esta deficiência, foi definido como OBJETIVO 1 deste Plano de Micro e Macrodrenagem, elencado no Prognóstico, o mapeamento, a digitalização e o georreferenciamento de todo o sistema de drenagem do municipal.

27. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM

Haja vista, que a rede de drenagem é composta pela micro e pela macrodrenagem, dois sistemas distintos que se complementam e que, por este motivo, têm suas particularidades (equipamentos e componentes), e semelhanças – por exemplo, os parâmetros básicos topográficos e climatológicos, para o avanço dos projetos, sem uma boa caracterização e dimensionamento da rede de microdrenagem, não é possível avaliar e projetar seguramente a rede e os dispositivos da macro, comprometendo assim a eficiência de todo o sistema de drenagem urbana do município.

Sendo assim, neste item são apresentadas algumas metodologias para o dimensionamento dos dois sistemas, tão somente pois, não foi possível o aprofundamento de cálculos e indicações uma vez que, como citado anteriormente, o município ainda não possui um cadastro e mapeamento da situação atual do sistema de drenagem, configurando assim uma lacuna para o correto dimensionamento e proposição de equipamentos para a solução dos problemas elencados e uma gestão eficaz com relação à drenagem urbana.



27.1. FATORES E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

27.1.1. Fatores de dimensionamento

O dimensionamento do sistema de drenagem urbana é uma etapa crucial no projeto de infraestrutura para controlar o escoamento das águas pluviais em áreas urbanas. Para isso, diversos fatores hidrológicos, geométricos e climáticos devem ser considerados, como:

- Intensidade de chuva: É necessário analisar as características das chuvas na região, determinando a intensidade máxima e a duração das precipitações, para estimar o volume de água a ser drenado;
- Área de contribuição: A extensão da área urbana que contribui para o escoamento superficial é essencial para calcular o volume total de água a ser gerenciado;
- Tempo de concentração: O tempo que a água leva para percorrer o caminho desde o ponto mais afastado até o ponto de saída do escoamento deve ser considerado, influenciando na vazão de pico;
- Topografia: A inclinação do terreno afeta a velocidade do escoamento e deve ser levada em conta para dimensionar canais e tubulações;
- Uso do solo: A proporção de áreas impermeáveis, como asfalto e concreto, versus áreas permeáveis, como vegetação, altera o padrão de escoamento e deve ser analisada;
- Período de retorno: A frequência de ocorrência das chuvas, representada pelo período de retorno, é utilizada para definir as vazões de projeto.

27.1.2. Critérios de dimensionamento

Os critérios de dimensionamento são diretrizes técnicas que garantem a eficiência e confiabilidade do sistema de drenagem. Alguns critérios fundamentais incluem:



- Capacidade hidráulica: Os elementos do sistema, como tubulações e canais, devem ter capacidade suficiente para transportar as vazões máximas, prevenindo transbordamentos;
- Velocidade do escoamento: É essencial controlar a velocidade do escoamento para evitar erosão e sedimentação nos canais;
- Nível de proteção: O dimensionamento deve considerar diferentes cenários de retorno, proporcionando níveis de proteção adequados contra inundações;
- Qualidade da água: Medidas para tratar ou reter poluentes presentes no escoamento devem ser incorporadas no projeto para proteger os corpos d'água receptores;
- Normas e diretrizes: É imprescindível seguir as normas técnicas locais e nacionais pertinentes ao dimensionamento de sistemas de drenagem.

27.2. MICRODRENAGEM

A microdrenagem pode ser descrita como a estrutura de entrada no sistema de drenagem das bacias urbanas, sendo os principais termos utilizados na microdrenagem segundo São Paulo (2012):

- Galerias: São canalizações públicas utilizadas na condução das águas pluviais captadas pelas bocas coletoras e ligações privadas;
- Poço de visita: Dispositivos que permitem que haja a limpeza e inspeção da rede de drenagem, podendo ser colocados em trechos em que ocorrem mudanças de declividade, direção, diâmetro ou em trechos longos de 100 em 100 metros;
- Trecho: Porção da galeria entre dois poços de visita;
- Bocas coletoras: Dispositivos, localizados nas sarjetas, responsável pela captação de águas pluviais;
- Tubos de ligação: Tubulações que conduzem as águas pluviais coletadas pela boca coletora até as galerias e os poços de visita;
- Meio-fio: Elementos de concreto ou pedra colocados entre a via pública e o passeio, paralelamente ao eixo da rua e com a sua face superior no mesmo nível do passeio;
- Sarjetas: Faixas de via pública paralelas e coladas ao meio-fio. Forma-se uma calha que é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas;



- Sarjetões: Calhas instaladas nos cruzamentos de vias públicas formadas por sua própria pavimentação e com o objetivo de orientar o escoamento das águas pluviais sobre as sarjetas;
- Conduitos forçados: Obras para a condução das águas superficiais coletadas de maneira eficiente e segura, não preenchendo completamente a seção transversal do conduto;
- Estações de bombeamento: Conjunto de equipamentos e obras para a retirada de água de um canal de drenagem, quando não houver mais condições de utilizar o escoamento por gravidade, para outro canal em nível mais elevado ou receptor final da drenagem em estudo.

Os elementos que compõem o sistema de microdrenagem são, de acordo com São Paulo (2012) e São José dos Campos (2021):

- Traçado da rede pluvial (rede coletora): A rede coletora deve ser lançada em planta baixa, de acordo com as condições naturais de escoamento superficial, e seguindo algumas regras como:
 - Os divisores de bacia e áreas contribuintes a cada trecho deverão ficar convenientemente marcadas na planta do projeto;
 - Os trechos em que o escoamento ocorra apenas nas sarjetas devem ficar identificados por meio de setas;
 - As galerias pluviais, sempre que for possível, devem ser lançadas sob os passeios;
 - O sistema coletor em uma determinada via poderá constar de uma rede única, recebendo ligações das bocas coletora de ambos os passeios;
 - A solução mais adequada em cada rua é estabelecida economicamente em função das suas condições de pavimentação e da sua largura.
- Boca coletora: Devem ser localizadas de forma que conduzam adequadamente as vazões superficiais para as galerias. Nos pontos mais baixos do sistema viário, deverão ser colocadas bocas coletoras com visitas para evitar o surgimento de zonas mortas com alagamentos e água parada;



- Poços de visita: Eles devem atender às mudanças de direção, declividade e de diâmetro, à ligação das bocas coletoras, ao afastamento máximo admissível e ao entroncamento dos diversos trechos;
- Galerias circulares (pluviais): São projetadas com diâmetro mínimo de 0,50 m. Os diâmetros correntes são 0,50; 0,60; 1,00; 1,20; 1,50 m;
- Ala de lançamento: Conjunto de estruturas que promovem a disposição final das águas pluviais providas de drenagem urbana. Elas são a transição entre a galeria e o retorno do escoamento superficial em curso hídrico. Nessa parte da microdrenagem, são projetados, quando necessário, os dissipadores de energia;
- Dispositivos de controle de vazão: São estruturas responsáveis pela descarga em reservatórios.

Segundo Tucci (2005), os principais dados necessários à elaboração de um projeto de rede pluvial de microdrenagem são:

- Mapa de situação da localização da área dentro do município;
- Planta geral da bacia contribuinte, com a localização da área de drenagem;
- Planta planialtimétrica da área do projeto;
- Levantamento Topográfico;
- Cadastro de redes de drenagem existentes e outros serviços que possam interferir na área de projeto;
- Dados relativos ao curso de água receptor: indicações sobre o nível de água máximo do canal/arroio que irá receber o lançamento final e levantamento topográfico do local de descarga final.

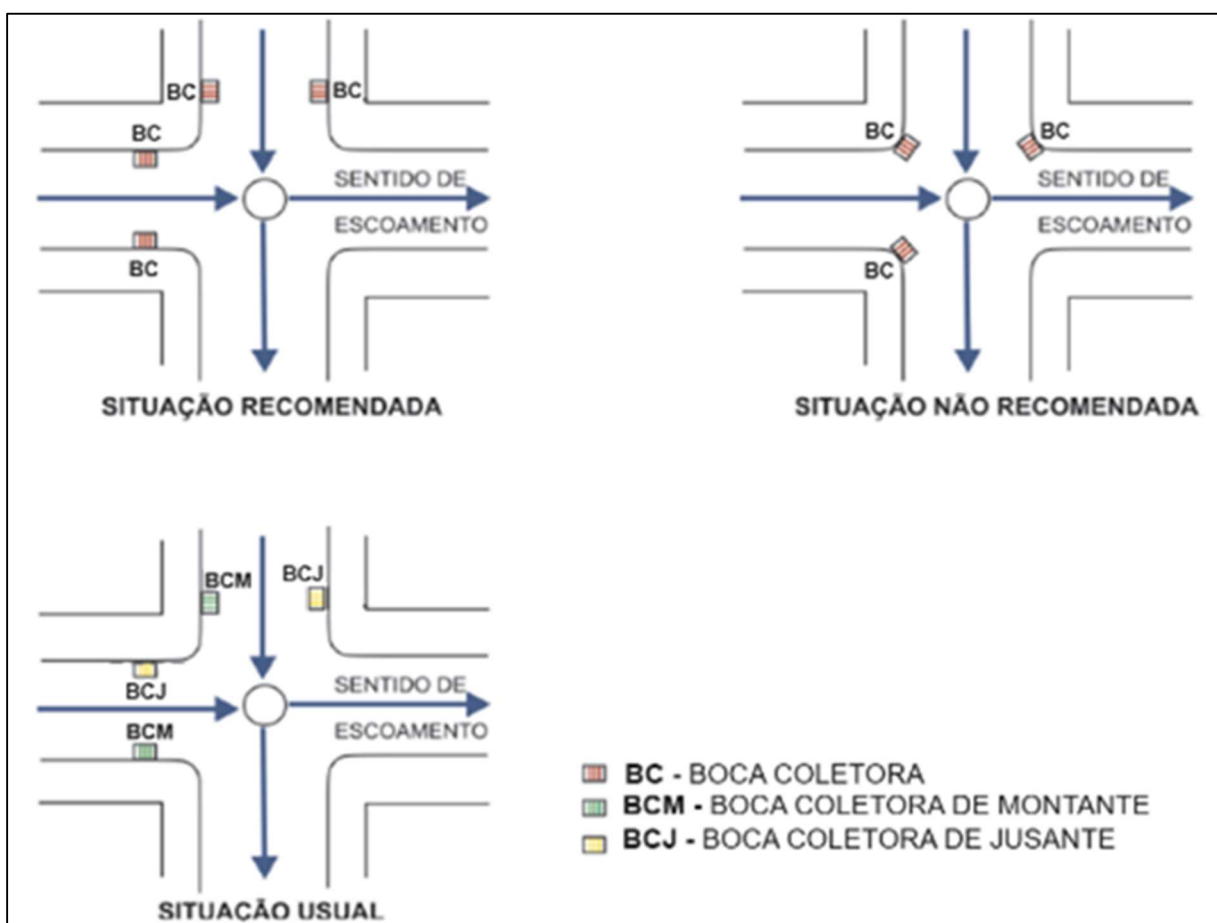
27.2.1. Componentes

Todo o sistema de microdrenagem deve ser projetado de forma homogênea, fazendo com que todos os componentes e áreas tenham condições adequadas de drenagem.

a) Redes coletoras

A locação da rede coletora pode ser sob o eixo da via pública ou sob a guia (meio-fio), sendo a segunda forma mais utilizada. O recobrimento mínimo deve ser de um metro sobre a geratriz superior do tubo em questão, e deve possibilitar o ligamento das canalizações de escoamento das bocas coletora (recobrimento mínimo de 0,60 m), conforme mostra a Figura 92 (SÃO PAULO, 2012).

Figura 92 – Rede coletora.



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

b) Bocas coletoras

A sua locação deve seguir os seguintes critérios (SÃO PAULO, 2012):



- Serem instaladas em ambos os lados da via quando a saturação da sarjeta exigir ou quando ultrapassar a sua capacidade de engolimento;
- Serem instaladas nos pontos baixos dos quarteirões;
- É recomendável adotar-se um espaçamento de 60 m entre as bocas coletoras caso não calculada a capacidade de descarga da sarjeta;
- A instalação das bocas coletoras em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento dos pedestres, junto às esquinas;
- Não é aconselhável que a sua localização seja junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas que são convergentes uma da outra.

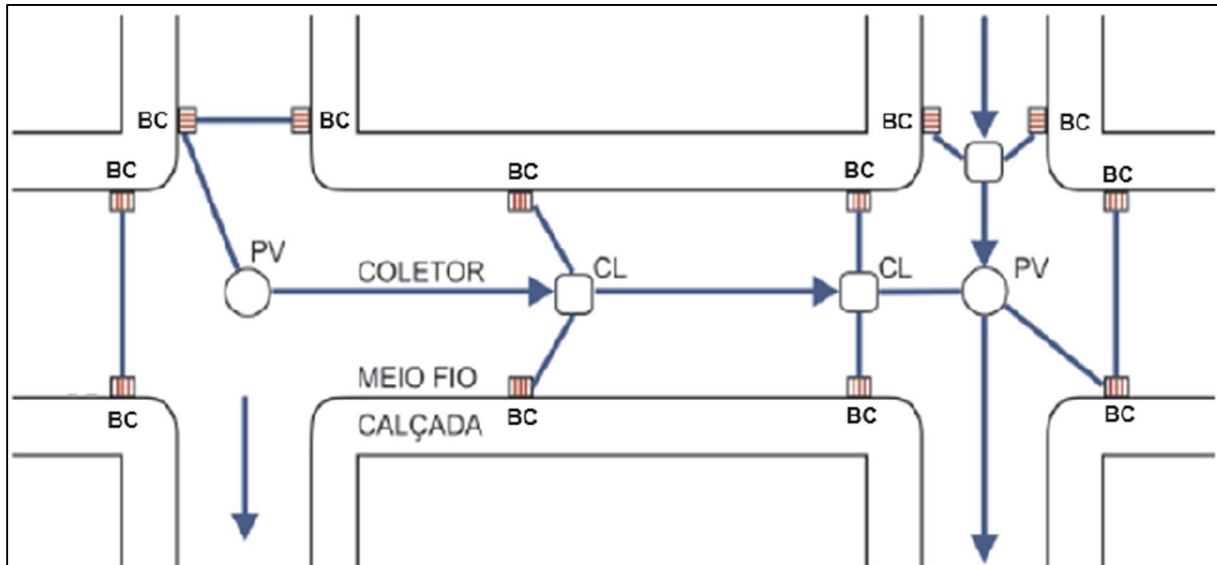
c) Poços de visita e de queda

O poço tem a função de manter o bom funcionamento das canalizações, permitindo o acesso para a limpeza e a manutenção. A sua locação deve ser em pontos de mudança de direção, cruzamento de ruas e mudanças de diâmetro e de declividade. Quando há um desnível superior a 0,70 m entre os coletores, denomina-se poço de queda.

d) Caixas de ligação

As caixas de ligação são utilizadas quando é necessário a implantação de bocas coletoras intermediárias ou para evitar a chegada em um mesmo poço de visita de mais de quatro tubulações. A diferença delas para o poço de visita é que não são visitáveis, portanto, a relação entre os diâmetros dos condutos os distanciamentos máximos determinados seguem os mesmos padrões dos poços de visita e queda. A Figura 93 representa um exemplo localização de caixa de ligação.

Figura 93 – Exemplo de locação da caixa de ligação.



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

27.2.2. Dimensionamento

a) Sarjeta

O dimensionamento das sarjetas consiste nas etapas de: (i) vazão do projeto, (ii) capacidade hidráulica teórica do dispositivo, (iii) capacidade hidráulica admissível do dispositivo e (iv) comprimento máximo ou crítico (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).

i. Vazão do projeto

A vazão do projeto é a resultante da aplicação do Método Racional. A vazão máxima de escoamento se dá quando o tempo de duração da precipitação iguala-se ao tempo de concentração, por tanto, para o dimensionamento da vazão do projeto para essas estruturas de drenagem, utiliza-se o tempo mínimo de duração da chuva, que é de 10 minutos (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).

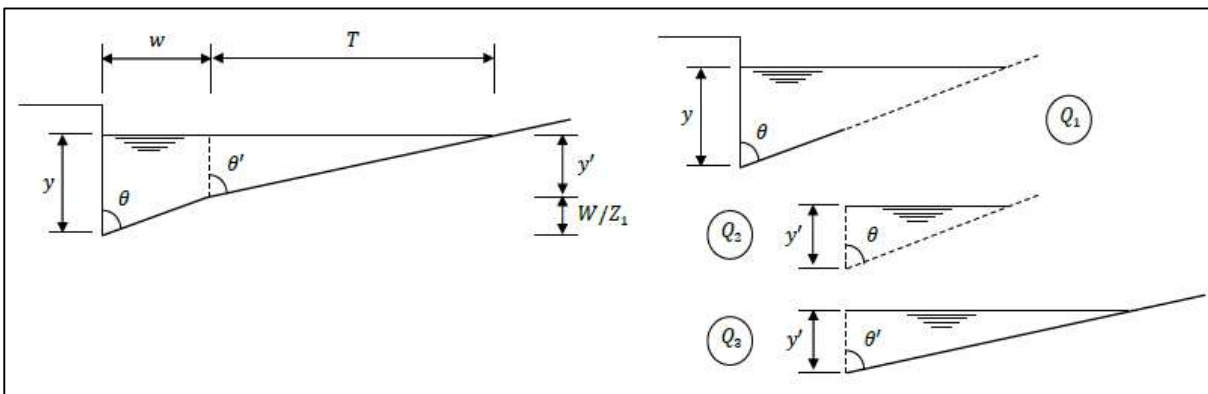
ii. Capacidade hidráulica teórica do dispositivo

Para o cálculo de capacidade de escoamento nas sarjetas, é utilizada a fórmula de Izzard / Manning, conforme descreve o caderno de diretrizes básicas e técnicas de Limeira (LIMEIRA, 2009).

Devido a possibilidade de se utilizar parte do leito carroçável, de alguns tipos de via, para o escoamento das águas pluviais, a vazão da capacidade hidráulica da sarjeta é obtida através da composição das seções nas quais ocorrem o escoamento das águas pluviais drenadas (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021). Conforme mostram a equação abaixo e a Figura 94, respectivamente.

$$Q_{s,o} = Q_1 - Q_2 + Q_3$$

Figura 94 – Composição das seções de escoamento de uma sarjeta.

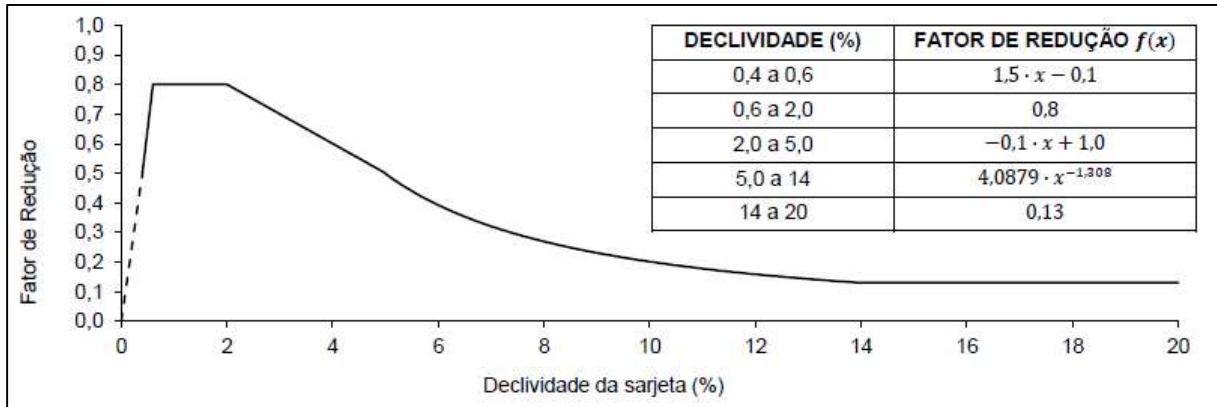


Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

iii. Capacidade hidráulica admissível do dispositivo

Ela é obtida através da aplicação do fator de redução que ajusta a vazão teórica às condições de escoamento, que variam em relação a declividade longitudinal da sarjeta (CETESB, 1986). Esse fator é mostrado na Figura 95.

Figura 95 – Fator de redução da capacidade teórica da sarjeta.



Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

iv. Comprimento máximo ou crítico

Ele ocorre quando a capacidade admissível da sarjeta é superada. Quando isso acontece, a partir desse ponto, é necessário que o escoamento na sarjeta seja interceptado através de uma boca coletora. A equação utilizada para se obter o comprimento máximo ou crítico da sarjeta é:

$$L_u = \frac{Q_s}{q}$$

Onde:

L_u = comprimento máximo ou crítico (m);

Q_s = vazão de capacidade admissível da sarjeta (m^3/s);

q = vazão específica do projeto.

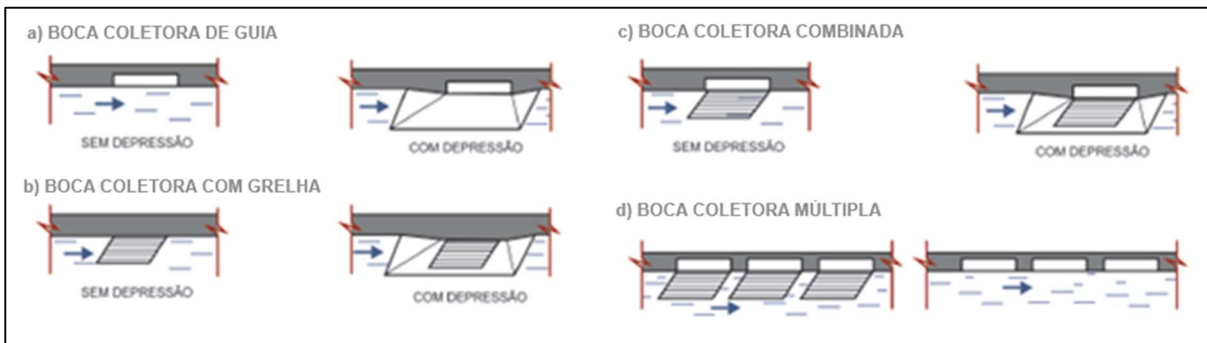
b) Boca coletora

As bocas coletoras são elementos colocados nas sarjetas para a captação das águas veiculadas por ela para que, desse modo, não invadam o leito carroçável das ruas causando transtornos aos pedestres e veículos, além de também terem a função de transportar as águas pluviais até as galerias ou tubulações subterrâneas que levam essas águas até os corpos hídricos. Existem 4 tipos de boca coletoras, sendo elas (SÃO PAULO, 2012):

- Boca coletora simples (com entrada lateral);
- Boca coletora com grelha;
- Boca coletora combinada;
- Boca coletora múltipla.

Todas elas podem possuir depressão ou não, localadas em pontos estratégicos, no meio ou nos pontos baixos das sarjetas, conforme mostra a Figura 96.

Figura 96 – Tipos de bocas coletoras.



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A localização e posicionamento das bocas coletoras apresentarão diferenças no resultado do comportamento hidráulico do engolimento. Devido à complexidade encontrada na aplicação da metodologia para dimensionamento de bocas coletoras em pontos intermediários, adota-se a mesma metodologia aplicada para bocas coletoras localizadas em pontos baixos. Nessas bocas coletoras localizadas em pontos baixos, a capacidade de engolimento funciona sob a condição de escoamento livre, no qual o seu dimensionamento é obtido através da similaridade de um vertedouro, ou sob a condição afogada, na qual seu dimensionamento se dá pela similaridade de um orifício (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).

- Boca coletora simples (boca coletora com entrada lateral)

Para o dimensionamento das bocas coletoras simples, usa-se a capacidade de engolimento da estrutura, que é determinada por meio dos de três seguintes critérios:



- Sem depressão e altura de lâmina d'água menor que a abertura da boca ($r = 0$ e $y < h$):

Nesse caso utiliza-se a seguinte equação:

$$Q = 1,71 \times L \times y^{1,5}$$

Onde:

Q = capacidade de engolimento (m^3/s);

L = comprimento longitudinal da abertura da boca (m);

y = altura da lâmina d'água na sarjeta (m).

- Sem depressão e altura da lâmina d'água maior que a abertura da boca ($r = 0$ e $y > h$):

Para casos em que a lâmina d'água for maior que o dobro da altura da abertura da boca, o engolimento dessa estrutura é calculado pela equação:

$$Q = 3,101 \times L \times h^{1,5} \times \sqrt{\frac{y}{h} - 0,5}$$

Onde:

Q = capacidade de engolimento (m^3/s);

L = comprimento longitudinal da abertura da boca (m);

h = altura da boca (m);

y = altura da lâmina d'água na sarjeta (m).

Para bocas em que a lâmina d'água for maior que altura da boca, mas menor que o dobro da mesma, a capacidade de engolimento poderá ser definida por um valor intermediário entre as duas equações apresentadas acima.



➤ Boca coletora com depressão

O dimensionamento dessas estruturas com depressão é feito através de consulta em ábacos, desenvolvidas para cada peculiaridade da boca coletora. Os resultados gerados utilizando esse critério de dimensionamento apresentam valores maiores do que a capacidade de engolimento gerados por bocas coletoras sem depressão, portanto, utiliza-se o critério de dimensionamento das bocas sem depressão, resultando em vazões de capacidades menores e mais conservadoras (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).

➤ Boca coletora com grelha

Para o calcular a capacidade de engolimento das bocas coletoras com grelha, considera-se também o seu funcionamento como um vertedouro, conforme a equação:

$$Q = 1,66 \times P \times y^{1,5}$$

Em que:

Q = capacidade de engolimento (m³/s);

P = perímetro livre da grelha (m);

y = altura da lâmina d'água na sarjeta (m).

Sendo P calculado por:

$$P = n \times 2 \times (a+b)$$

Onde,

P = perímetro da grelha (m);

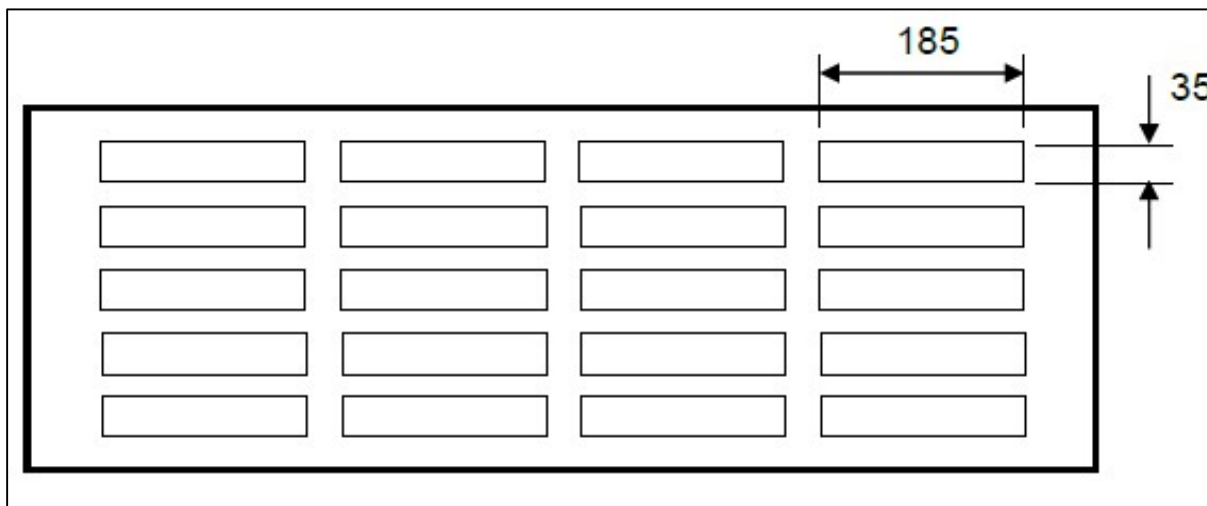
n = número de repetições do vão de abertura;

a = comprimento do vão de abertura (m);

b = largura do vão de abertura (m).

A Figura 97 apresenta um exemplo de boca de loco com grelha.

Figura 97 – Modelo de boca coletora com grelha.



Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

c) Poços de visita e de queda

Para o dimensionamento dos poços de visita e quedas, utilizam-se alguns critérios que devem ser seguidos, tais como (NBR 8160, 1999):

- Profundidade mínima de 1 m;
- Possuir forma prismática de base quadrada ou retangular, com dimensão mínima de 1,10 m ou cilíndrica com um diâmetro interno mínimo de 1,10 m;
- Possuir degraus que permitam o acesso ao seu interior;
- Possuir tampa removível e que garanta a perfeita vedação;
- Possuir um fundo constituído de modo a assegurar um rápido escoamento e evitar a formação de sedimentos;
- Possuir duas partes, quando a profundidade total for igual ou inferior a 1,80 m, sendo a parte inferior formada pela câmara de trabalho (balão) com altura mínima de 1,50 m, e a parte superior formada pela câmara de acesso, ou chaminé de acesso, com diâmetro interno mínimo de 0,60 m.

Os espaçamentos entre os poços são baseados no alcance dos equipamentos de desobstrução, levando em conta o diâmetro do conduto, e em questões



econômicas, pois utiliza-se a distância máxima que possibilite manter o bom rendimento desses equipamentos. O espaçamento máximo é demonstrado na Tabela 24.

Tabela 24 – Espaçamento dos poços de visita.

Diâmetro (ou altura do conduto) (m)	Espaçamento (m)
0,30	50,00
0,50 - 0,90	80,00
1,00 ou mais	100,00

Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

d) Dimensionamento das caixas de ligação

Apesar das caixas de ligação possuírem estrutura semelhante à dos poços de visita e queda, possuem algumas diferenças com relação ao seu dimensionamento, sendo necessário a adoção dos seguintes critérios (NBR 8160, 1999):

- Profundidade máxima de 1,00 m;
- Possuir forma prismática, de base quadrada ou retangular, de lado interno mínimo de 0,60 m, ou cilíndrica com diâmetro mínimo igual a 0,60 m;
- Possuir uma tampa facilmente removível e que permita uma perfeita vedação;
- Fundo construído de modo a assegurar um rápido escoamento e evitar a formação de depósitos.

e) Galeria

O dimensionamento das galerias é composto por duas etapas, sendo elas o cálculo hidráulico, onde será apresentado os diâmetros necessários dos condutos, e a determinação da classe da tubulação em questão, a qual será a parte em que será definido a resistência mínima necessária para que a tubulação comporte as cargas de solo sobre ela e as cargas de tráfego (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).



➤ Capacidade hidráulica

Para se realizar o dimensionamento de condutos livres, é utilizada a Equação da Continuidade associada à equação de Chézy e aplicada ao coeficiente de Manning, sendo representada por:

$$Q = \frac{A_m}{n} \times R_h^{2/3} \times I^{0,5}$$

Onde:

Q = vazão de escoamento (m³/s);

A_m = área molhada (m²);

n = coeficiente de Manning;

R_h = raio hidráulico (m);

I = declividade do conduto (m/m).

O raio hidráulico é obtido por meio da equação:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

Em que:

R_h = raio hidráulico (m);

A_m = área molhada (m²);

P_m = perímetro molhado (m).

Para condutos de seção circular, o cálculo do perímetro e da área molhada é simplificado para a condição de seção plena, ou seja, ocupação total da água no conduto. Porém, essa condição não é desejada no escoamento da vazão do projeto, uma vez que o conduto em questão não trabalhará com folga. Nos casos em que as folgas forem atendidas, o dimensionamento dessa galeria para essa condição de seção plena irá resultar em galerias mais conservadoras, possuindo tubulações com diâmetros maiores e mais degraus nos poços de visita (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).



A equação que representa a área de uma circunferência:

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

Onde:

A = área da circunferência (m²);

D = diâmetro da circunferência (m)

Já a equação do perímetro de uma circunferência:

$$P = \pi \times D$$

Onde:

P = perímetro molhado (m);

D = diâmetro da circunferência (m).

Ao fazer as substituições necessárias e rearranjando os termos, estima-se o diâmetro da rede através de:

$$D = \left[\frac{Q \times n \times 4^{5/3}}{(\pi \times I^{0,5})} \right]^{3/8}$$

Em que:

D = diâmetro da circunferência (m);

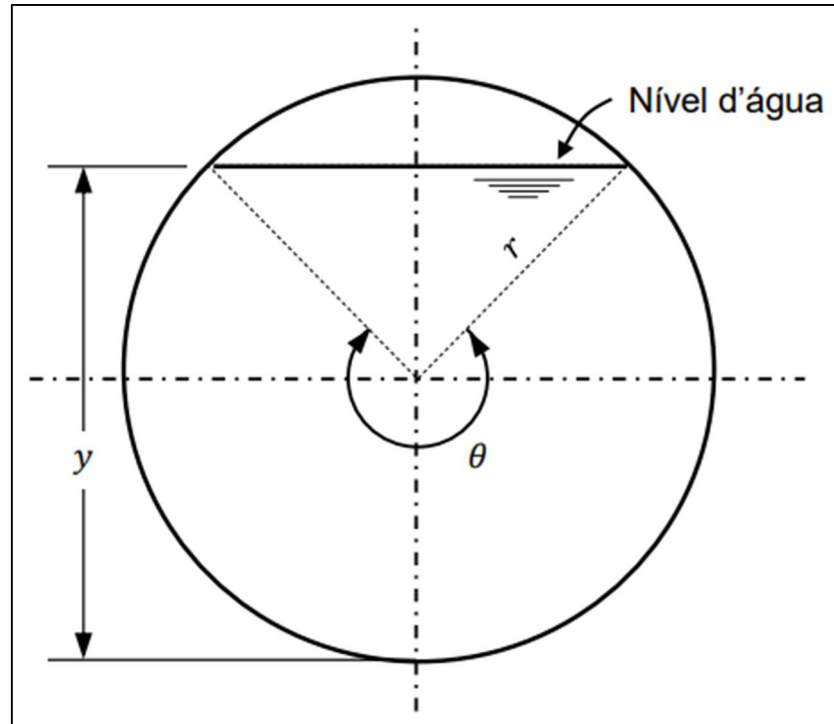
Q = vazão do escoamento (m³/s);

n = coeficiente de Manning;

I = declividade do conduto (m/m).

Considerando a lâmina d'água real obtida através da vazão do projeto, as equações para o cálculo do perímetro e da área molhada passam a ser em função do ângulo central, conforme é mostrado na Figura 98.

Figura 98 – Representação da variação da altura da lâmina d'água em tubulações.



Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Para o cálculo do ângulo central, utiliza-se:

$$\theta = 2 \times \arccos\left(1 - \frac{2y}{D}\right)$$

Em que:

θ = ângulo central (rad.);

y = altura da lâmina (m);

D = diâmetro do conduto (m).

Portanto, após o uso dessas equações supracitadas, a área molhada passa a ser representada por:

$$A_m = \frac{(\theta - \text{sen } \theta)}{(8 \times D^2)}$$



Em que:

A_m = área molhada (m^2);

θ = ângulo central (rad.);

D = diâmetro do conduto (m).

Conseqüentemente, o perímetro molhado é, então, representado pela equação:

$$P_m = \theta/2 \times D$$

Em que:

P_m = perímetro molhado (m);

θ = ângulo central (rad.);

D = diâmetro do conduto (m).

Substituindo as equações anteriores, é obtida a equação que determinará a vazão de escoamento em função do ângulo central.

$$Q = 1/16 \times [(\theta - \text{sen } \theta)^5 / 20^2]^{1/3} \times D^{8/3} \times I^{0,5} / n$$

Em que:

Q = vazão de escoamento (m^3/s);

θ = ângulo central (rad.);

D = diâmetro do conduto (m);

I = declividade do conduto (m/m);

n = coeficiente de Manning

➤ Classe da tubulação

Para que seja determinada a classe do conduto, é necessário que seja determinada as cargas exercidas sobre o conduto, representada por:



$$P = P_s + P_m$$

Em que:

P = carga específica total por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

P_s: carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

P_m = carga específica por unidade de extensão da tubulação (kN/m).

Na drenagem urbana não é recomendado a previsão de cargas pontuais sobre os condutos, devido a necessidade de manutenção periódica. Em casos nos quais sejam realmente necessários, além da carga móvel e carga de solo, deverão ser somadas as cargas pontuais.

➤ Carga de solo

A carga de solo que é exercida sobre o conduto se comporta de maneira distinta em tubos rígidos (em concreto) e tubos flexíveis (em PVC). Para tubos rígidos utiliza-se:

$$P_s = C_v \times \gamma \times b_v^2$$

Onde:

P_s = carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

C_v = coeficiente de carga para tubos instalados em vala;

γ = peso específico do solo de reaterro (obtido na Tabela 25)

b_v = largura da vala do nível da geratriz superior do tubo (m).

Para tubos flexíveis, o valor é obtido através da equação:

$$P_s = C_v \times \gamma \times b_v \times D$$

Onde:

P_s = carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

C_v = coeficiente de carga para tubos instalados em vala;



γ = peso específico do solo de reaterro (obtido na Tabela 25);

b_v = largura da vala do nível da geratriz superior do tubo (m).

D = diâmetro externo da tubulação (m).

Os valores de γ são obtidos na Tabela 25.

Tabela 25 – Peso específico para diferentes tipos de solo.

Tipo de solo de reaterro	γ (kN/m ²)	$k\mu$
Materiais granulares sem coesão	17 (mínimo)	0,1924
Pedregulho e areia	19 (máximo)	0,1650
Solo saturado	20 (máximo)	0,1500
Argila	20 (máximo)	0,1300
Argila saturada	22 (máximo)	0,1100

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Para obter-se o valor de coeficiente de carga para tubos instalados em vala (C_v) utiliza-se:

$$C_v = (1 - e^{-2 \times k\mu \times h_r/b_v}) / (2 \times k\mu)$$

Em que:

C_v = coeficiente de carga para tubos instalados em vala;

e = constante da base dos logaritmos naturais, número de Euler;

$k\mu$ = produto do empuxo do material de reaterro com o atrito exercido sobre as paredes da vala (obtido na Tabela 25);

h_r = altura do reaterro sobre a tubulação (m)

b_v = largura da vala no nível da geratriz superior do tubo (m).

➤ Carga móvel

Para o cálculo da carga móvel, a Associação dos Fabricantes de Tubos de Concreto (ABTC, 2003) disponibiliza um quadro para a determinação das cargas móveis para veículos de trem do tipo 45, representado pela Tabela 26.



Tabela 26 – Cargas móveis para trem tipo 45 (450 kN/m).

H	Diâmetro da tubulação (m)					
	0,40	0,60	0,80	1,0	1,2	1,5
4,0	3	5	6	7	8	9
5,0	3	4	5	6	7	9
6,0	2	4	5	5	7	8
7,0	0	4	5	6	7	8
8,0	0	4	5	6	7	8
9,0	0	0	5	6	7	8
10,0	0	0	0	6	7	8

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Considerando os valores da Tabela 26, é proposta abaixo. Os valores obtidos nessa equação atendem os recobrimentos (H) entre 1,0 e 3,0 metros. Quando a altura de recobrimento é acima de 3 metros, adota-se a carga móvel mínima de 5 kN/m.

$$P_m = -a \times \ln(H) + b$$

Em que:

P_m = carga específica móvel por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

a = varável apresentada na Tabela 27;

b = variável apresentada na Tabela 27;

H = altura de recobrimento sobre a tubulação (m).

A Tabela 27 apresenta os valores das variáveis a e b, utilizados na equação supracitada.

Tabela 27 – Parâmetros da equação proposta para a determinação das cargas da Tabela 26.

Variáveis	Diâmetro da tubulação (m)					
	0,40	0,60	0,80	1,0	1,2	1,5
a	6,409	9,187	10,89	13,67	15,6	18,15
b	11,77	15,797	19,733	24,259	27,567	32,221
R ²	0,9902	0,9942	0,9966	0,9817	0,9928	0,9894

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



➤ Base de assentamento

Para se aumentar a capacidade de carga do conjunto, diminuindo a necessidade de tubulações mais resistentes, melhora-se as condições de apoio da tubulação, ou seja, da sua base de assentamento (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).

Para que seja calculado a carga específica total por unidade de extensão da tubulação (P), representado pela equação abaixo, é necessário conhecer o fator de equivalência (f_e), observado na Tabela 28.

Tabela 28 – Fator de equivalência para embasamento de tubulações.

Tipo de Base	Descrição	Fator de equivalência (f_e)
Condenável	Sem compactação do solo de apoio e camadas laterais	1,10
Comum	Compactação do solo de apoio e das camadas laterais de até 15 cm da geratriz superior da tubulação	1,50
1ª classe	Mesmo que a base comum mais berço de assentamento da tubulação de material granular, com espessura mínima de 10 cm	1,90
Concreto simples	Berço de concreto com FCK > 14 Mpa nos fundos e nas camadas laterais com altura de no mínimo 25% do diâmetro do tubo	2,25
Concreto armado	Mesmo que a base de concreto simples mais a adição de armação	3,40

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Com fator de equivalência obtido na Tabela 28, calcula-se a correção da carga total:

$$P = (P_s + P_m) / f_e$$

Em que:

P = carga específica total por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

P_s = carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

P_m = carga específica móvel por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

f_e = fator de equivalência, apresentado na Tabela 28.



➤ Classe das tubulações:

Após a definição da carga atuante sobre a tubulação, utiliza-se a Tabela 29 para a determinação das classes mínimas das tubulações.

Tabela 29 – Carga mínima sobre tubulações de concreto para a formação de trincas.

DN	Carga de trinca (kN/m)					
	PS1	PS2	PA1	PA2	PA3	PA4
400	16	24	16	24	36	48
600	24	36	24	36	54	72
800	-	-	32	48	72	96
1.000	-	-	40	60	90	120
1.200	-	-	48	72	108	144
1.500	-	-	60	90	135	180

Legenda: DN = Diâmetro Nominal em milímetros; OS = Pluvial Simples – tubos de concreto simples para redes de águas pluviais; PA = Pluvial Armada – tubos de concreto armado para redes de águas pluviais.

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

f) Ala de lançamento

A ala de lançamento é o conjunto de estruturas que promovem a disposição final das águas pluviais provindas da Microdrenagem urbana, sendo estruturas de transição entre a galeria e o retorno de escoamento superficial dado em corpos hídricos (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).

➤ Escada hidráulica

Dependendo do desnível altimétrico entre o término da galeria e o leito do corpo hídrico receptor, será necessária a implantação de um dispositivo dissipador de energia na ala de desemboque. Entre esses dispositivos, está a escada hidráulica (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).

Para se realizar o dimensionamento das escadas hidráulicas utiliza-se a equação de Francis, encontrada no caderno de diretrizes básicas e técnicas de Limeira - SP (LIMEIRA, 2009), deve-se levar em consideração o último trecho de rede de águas pluviais a ser lançado.



No término da escada hidráulica, a água sofre um ressalto hídrico que poderá ser o suficiente para dissipar e diminuir a energia da água à valores aceitáveis para a disposição final no corpo hídrico. Para verificar, utiliza-se a metodologia do número de queda, o qual é representado pela equação:

$$D_n = q^2 / (g \times a^3)$$

Em que:

D_n = número de queda;

q = vazão específica de escoamento por unidade de largura do degrau ($m^3/s/m$);

g = aceleração gravitacional ($9,81 m/s^2$);

a = altura da queda (m).

Para se obter o comprimento de queda (L_h), a altura no pé da queda (h_1), a altura da lâmina d'água final com o ressalto hidráulico (h_2) e comprimento necessário para que a lâmina d'água final ocorra (L_r), utilizam-se as seguintes equações:

$$L_h/a = 4,30 \times D_n^{0,27}$$

$$h_1/a = 0,54 \times D_n^{0,425}$$

$$h_2/a = 1,66 \times D_n^{0,27}$$

$$L_r = 6,9 \times (h_2 - h_1)$$

Em que:

L_h = comprimento de queda, contado do espelho do degrau até o término da queda (m);

a = altura da queda (m);

D_n = número de queda;

h_1 = altura no pé da queda (m);

h_2 = altura da lâmina d'água final com o ressalto hidráulico (m);

L_r = comprimento necessário para que a lâmina d'água final ocorra (m).



➤ Bacia de amortecimento

A bacia de amortecimento é utilizada para a dissipação da energia das águas pluviais na ala de lançamento, reduzindo a sua velocidade através do ressalto hidráulico.

Nos casos em que a escada hidráulica não for o suficiente para dissipar toda a energia da água necessária para a disposição final, será necessária a instalação de dispositivo de amortecimento. O critério para adoção dessa estrutura é em função do número de Froude, dado por:

$$Fr = V/(2g \times y)^{0,5}$$

Em que:

Fr = número de Froude;

V = velocidade da água na ala de desemboque (m/s);

g = aceleração gravitacional (9,81 m/s²);

y = altura do nível d'água (m).

Esse critério é representado na Tabela 30.

Tabela 30 – Parâmetros para a determinação do tipo de bacia de amortecimento.

Número de Froude (F)	Bacia de amortecimento
Fr < 1,7	Sem necessidade
1,7 < Fr < 2,5	Bacias horizontais
2,5 < Fr < 17	Bacias com cunha, dentes e/ou soleira

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Por terem uma grande facilidade de construção e grande eficiência quando bem projetadas, é recomendável a adoção das bacias de fundo plano. No final da bacia, dependendo da inércia do escoamento definida pelo número de Froude, é recomendada a construção de soleira de desnível ascendente, na forma de parede vertical, para a promoção do ressalto hidráulico (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).



O método consiste em determinar a velocidade e a altura da lâmina d'água na seção de início da bacia.

$$v_1 = (2g \times D)^{0,5}$$

Em que:

v_1 = velocidade da água na seção de início da bacia de amortecimento (m/s);

g = aceleração gravitacional (9,81 m/s²);

D = desnível entre a altura medida do nível d'água da ala de desemboque e o nível de fundo da bacia de amortecimentos (m).

Sendo o (D) calculado pela equação:

$$D = y/2 + N_g - N_b$$

Em que:

D = desnível entre a altura medida do nível d'água da ala de desemboque e o nível de fundo da bacia de amortecimentos (m);

y = altura da lâmina d'água na ala de desemboque (m);

N_g = cota de nível da geratriz inferior da galeria na ala de desemboque (m);

N_b = cota de nível de fundo da bacia de amortecimento (m).

Para calcular a altura de lâmina d'água na seção de início da bacia de amortecimento (y_1), utiliza-se:

$$y_1 = q/v_1$$

Em que:

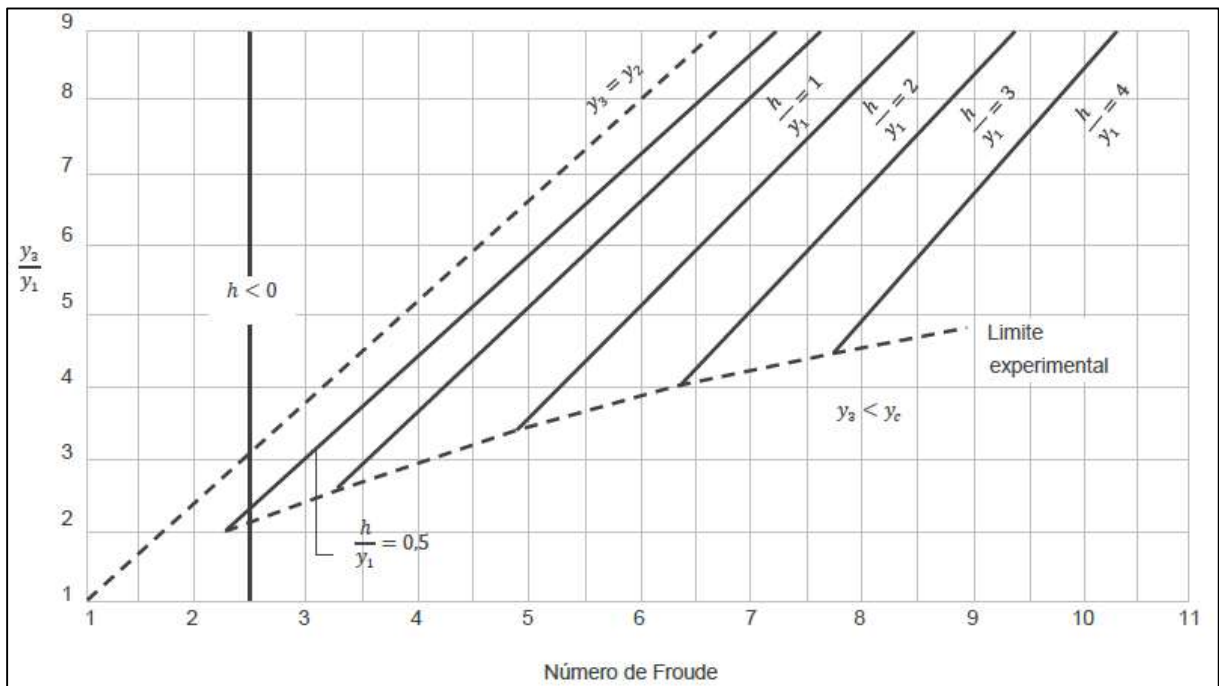
y_1 = altura de lâmina d'água na seção de início da bacia de amortecimento (m);

q = vazão específica de escoamento por unidade de largura da bacia (m³/s/m);

v_1 = velocidade da água na seção de início da bacia de amortecimento (m/s).

Com todos esses parâmetros já calculados, é utilizado o diagrama de Forster e Skrinde para determinar os valores das variáveis (y_3) e (h). Esse diagrama é mostrado na Figura 99.

Figura 99 – Diagrama de Forster e Skrinde para a determinação das variáveis y_3 e h .



Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Com esses parâmetros definidos pelo gráfico acima, calcula-se o comprimento da bacia de amortecimento através de:

$$x = 5 \times (y_3 + h)$$

Em que:

x = comprimento da bacia de amortecimento (m);

y_3 = altura do nível d'água restituída (m);

h = altura da soleira de desnível ascendente (m).



27.2.3. Dispositivos de controle de vazão

Esses dispositivos são os responsáveis pela descarga das águas pluviais em reservatórios.

a) Estruturas de controle de fundo

Dependendo das condições físicas e as características as quais a estrutura de fundo é submetida, o comportamento hidráulico será diferente, necessitando de diversas metodologias para o seu dimensionamento (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).

O Quadro 26 mostra as condições para se adotar determinadas metodologias para o dimensionamento das estruturas de controle de fundo.

Quadro 26 – Determinação da metodologia aplicada às estruturas de controle de fundo

Metodologia	Condição
Orifício de pequena dimensão	$L < 1,5DN$; $h > 3DN$
Orifício de grande dimensão	$L < 1,5DN$; $h < 3DN$
Bocal	$1,5DN < L < 3DN$
Tubo muito curto	$3DN < L < 100DN$
Conduto forçado	$L > 100DN$

Legenda: L = comprimento do dispositivo; h – altura da lâmina d'água; DN – diâmetro nominal ou altura do orifício.

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

b) Estruturas de controle por bombeamento

Elas são basicamente sistemas elevatórios de água. Essa estrutura deve ser evitada sempre que possível devido ao seu alto custo financeiro para operação, o fato de necessitar de manutenção preventiva periódica, além de uma maior probabilidade de ocorrerem falhas ou queda de energia em chuvas críticas (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2021).

Deve-se considerar:

- Vazão de recalque;
- Diâmetro da tubulação;



- Altura manométrica total.
- c) Estruturas de controle de superfície

Dependendo das características da estrutura e do dispositivo, o comportamento hidráulico será diferente, sendo necessário diferentes metodologias para o seu correto dimensionamento. O Quadro 27 demonstra as condições para a escolha de determinada metodologia.

Quadro 27 – Determinação da metodologia aplicada às estruturas de controle de superfície.

Metodologia	Condição
Vertedouro de parede delgada	$e < 2/3H$
Vertedouro de parede espessa	$e > 2/3H$

Legenda: e = espessura da parede; H = altura da lâmina d'água.

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Insta salientar que há a influência das contrações, que ocorrem quando a largura do dispositivo é inferior à do canal no qual está instalado o dispositivo.

Para uma contração, utiliza-se a equação:

$$L' = L - 0,10 \times H$$

Em que:

L' = largura da soleira corrigida (m);

L = largura da soleira (m);

H = carga hidráulica sobre a soleira (m).

Para duas contrações, então, utiliza-se:

$$L' = L - 0,20 \times H$$

Em que:

L' = largura da soleira corrigida (m);

L = largura da soleira (m);



H = carga hidráulica sobre a soleira (m).

27.3. MACRODRENAGEM

As obras de macrodrenagem são as estruturas de condução principais da bacia, tendo um papel de condutor e concentrador das águas pluviais da bacia em questão, além de receber contribuições de subsistemas de microdrenagem. Seus elementos são estruturas de grandes dimensões como canais naturais ou construídos, reservatórios de detenção e retenção e galerias de maiores dimensões.

As obras de detenção e retenção devem ser planejadas para uma condição crítica futura de uso do solo e de cobertura vegetal, mas sem deixar de avaliar as condições atuais. Os parâmetros a serem observados do uso do solo são (SÃO PAULO, 2012):

- Tipos predominantes de solo, assim como combinações possíveis, grau de suscetibilidade à erosão e outras características;
- Grau hidrológico dos solos A, B, C e D, tendo por base informações previamente disponíveis das sub-bacias;
- Declividade nominal;
- Porcentagem de impermeabilização;
- Coeficientes de escoamento superficial aplicando-se o método racional
- Número de curva (CN);
- Tempos de concentração e tempos totais de escoamento necessários para o uso do método racional, modelos hidrológicos e hidrogramas unitário;
- Curvas de intensidade, duração e frequência de chuvas intensas, além de pluviogramas;
- Posição do lençol freático.

Aqui, ainda para o planejamento do controle da drenagem urbana de uma bacia, são recomendadas as seguintes etapas de desenvolvimento:

- a) Caracterização da bacia: esta etapa envolve o seguinte: (i) avaliação da geologia, tipo de solo, hidrogeologia, relevo, ocupação urbana, população caracterizada por



sub-bacia para os cenários de interesse; (ii) drenagem: definição da bacia e sub-bacias, sistema de drenagem natural e construído, com as suas características físicas (seção de escoamento, cota, comprimento e bacias contribuintes a drenagem); (iii) dados hidrológicos: precipitação, sua caracterização pontual, espacial e temporal; (iv) verificar a existência de dados de chuva e vazão que permitam ajustar os parâmetros dos modelos utilizados; (v) dados de qualidade da água e produção de material sólido;

- b) Definição dos cenários de planejamento;
- c) Escolha do risco da precipitação de projetos;
- d) Determinação da precipitação de projeto;
- e) Simulação dos cenários de planejamento com modelo hidrológico: os cenários são simulados para as redes de drenagem existentes ou projetadas. A finalidade destas simulações é identificar se o sistema tem capacidade de comportar os acréscimos de vazão gerados pela evolução urbana de cada cenário, no caso de verificação; ou no caso de projeto, se o sistema foi corretamente dimensionado para a vazão existente. Quando se utiliza o cenário de ocupação urbana atual, o objetivo é verificar a capacidade de escoamento das redes de drenagem existentes. A análise dos resultados permite identificar os locais onde o sistema de drenagem não tem capacidade de escoar as vazões, gerando, portanto, inundações;
- f) Seleção de alternativas para controle: quando a situação for de verificação da capacidade das redes de drenagem, devem ser identificadas as limitações existentes no sistema e os locais onde ocorrem.

27.3.1. Canais e galerias

- a) Canais abertos

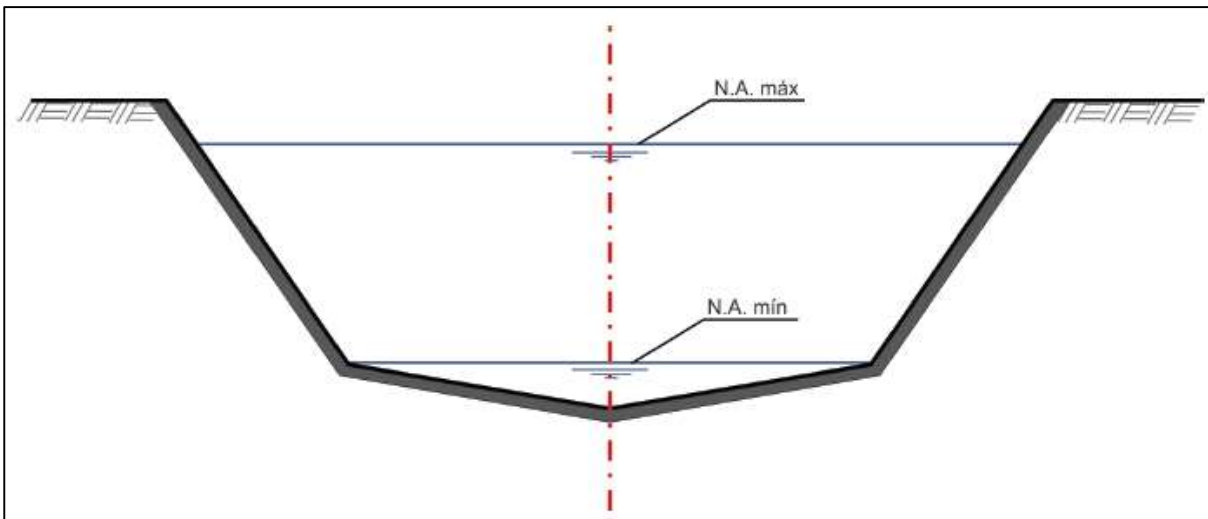
Os canais abertos trata-se do aumento da condutividade hidráulica, sendo uma solução que deve sempre ser cogitada como primeira possibilidade pelas seguintes justificativas (SÃO PAULO, 2012):

- Possibilidade de veiculação de vazões superiores à de projeto mesmo com prejuízo da borda livre;
- Facilidade de limpeza e de manutenção;

- Possibilidade de se adotar uma seção transversal mista com maior economia de investimentos;
- Integração paisagística com valorização de áreas ribeirinhas;
- Maior facilidade de ampliações futuras.

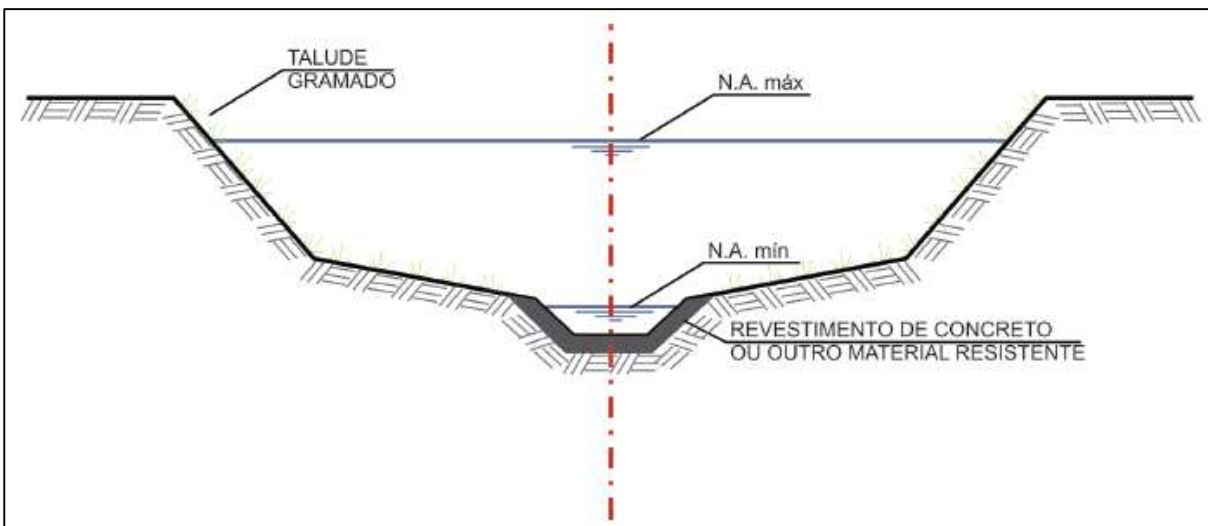
Porém, em áreas de concentração urbana, nas quais os espaços disponíveis são reduzidos, existem restrições quanto a sua implantação. A Figura 100, Figura 101 e a Figura 102 representam exemplos de canais abertos.

Figura 100 – Canal em concreto – Seção trapezoidal mista.



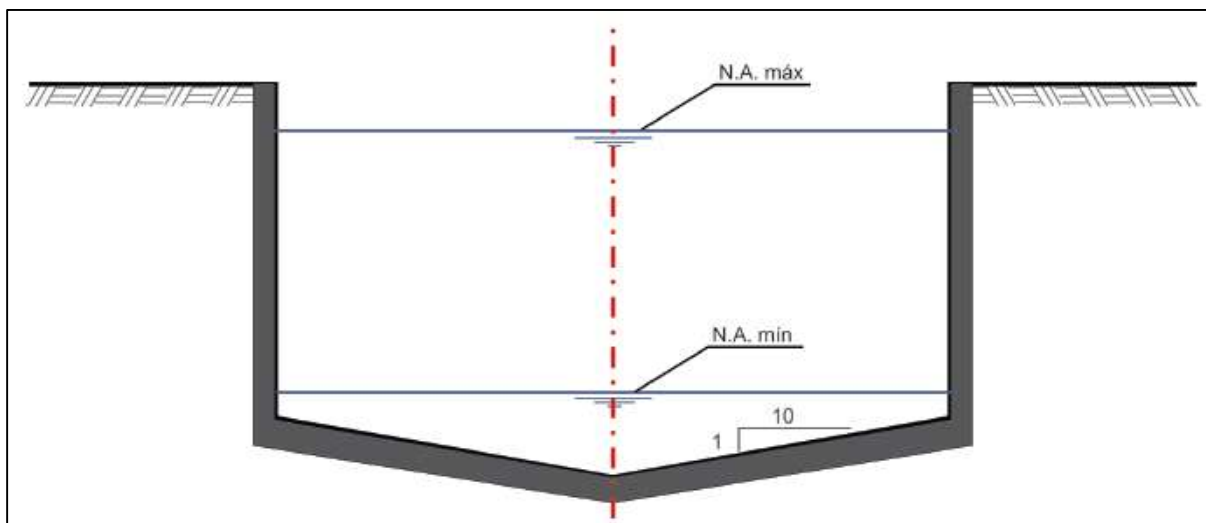
Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 101 – Canal escavado – Seção mista.



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 102 – Canal em concreto – Seção retangular mista.



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

b) Galerias de grandes dimensões

Em áreas de alta densidade urbana, é necessário o uso de galerias de grandes dimensões, devido a limitação de espaço e das restrições. Esse tipo de estrutura apresenta certas limitações, tais como (SÃO PAULO, 2012):

- As galerias ao operarem em carga, sofrem redução de capacidade que pode estar abaixo das necessidades do projeto;
- Por serem fechadas, a sua manutenção e limpeza são difíceis, tendo alta probabilidade de ocorrência de assoreamento e deposição de detritos, causando perda hidráulica;
- Em determinadas circunstâncias é necessária a adoção de seção transversal de células múltiplas, sendo necessário a introdução de “janelas” para equalizar as vazões entre as células, essas “janelas” causam perdas localizadas e são pontos de acúmulo de resíduos e detritos. Além disso, as galerias de células múltiplas mostram tendência de o escoamento das vazões menores se concentrarem em determinada célula, com assoreamento acentuado na demais e, assim, causando perda de eficiência hidráulica.

Sempre que for possível, é recomendável a adoção de galerias de célula única, que favorece o carreamento natural do material sedimentável.



c) Metodologia de cálculo de canais e galerias

Para o seu dimensionamento é necessário fazer o cálculo da linha d'água em regime permanente e deve-se tomar, como condição de projeto, as vazões de pico do hidrogramas de projeto de cada trecho. É possível utilizar técnicas simples de cálculo como *Direct Step Method* ou *Standard Step Method*, mas é necessário ter cuidado ao inserir os cálculos de variações de linha d'água nas singularidades e é preciso verificar a possibilidade de mudança de regime. Se essa mudança de regime ocorrer, mudam-se as condicionantes do cálculo e, conseqüentemente, deve-se interrompê-lo e retomá-lo para a nova condição (SÃO PAULO, 2012).

Existem inúmeros métodos para se obter o fator de resistência ao escoamento e rugosidade. O método mais usado e o mais simplificado é utilizando a fórmula de Manning-Strickler. Dentre os materiais utilizados nas tubulações, tais como concreto, enrocamentos, gabiões, canais escavados em terra com taludes gramados e combinações de dois ou mais destes materiais, o concreto é o que apresenta um dos mais baixos valores de fator de resistência ao escoamento.

É muito comum que haja diferentes tipos de revestimento ao longo do perímetro molhado, como por exemplo, casos de paredes laterais em concreto ou gabião e fundo em terra, ou outras diversas combinações (SÃO PAULO, 2012). Quando houver a presença de diferentes revestimentos ao longo do perímetro molhado, é necessário realizar algum tipo de ponderação do fator de atrito.

Escoamento supercríticos em canais de drenagem urbana podem causar ondulações derivadas de instabilidades superficiais, níveis elevados e perdas de cargas localizadas, necessitando de um cuidado maior quanto a sua estabilidade. Por conta disso, é imprescindível evitar projetos neste regime. Quando não for possível evitar, deve-se ter cuidado nas considerações de cálculos hidráulicos e estruturais, além de cuidados construtivos.

Para o atendimento de todas as restrições supracitadas, os canais de concreto são os mais adequados. Também é necessário um cuidado para que o número de Froude do escoamento não seja entre 0,7 e 1,4, pois essa faixa corresponde a instabilidade de escoamento, além de se ter, de forma bem definida, os pontos de mudança de regime (SÃO PAULO, 2012).



Para o dimensionamento de borda livre das canalizações não existe um consenso, podendo optar por critérios mais ou menos restritivos. Os critérios encontrados na literatura são feitos a partir de uma experiência prática ou, em alguns casos, do bom senso (SÃO PAULO, 2012).

27.3.2. Dispositivos de armazenamento

Esses dispositivos têm a função de retardar as águas precipitadas sobre uma área, reduzindo as vazões de pico de cheias em pontos a jusante, além de serem divididos em dois tipos (SÃO PAULO, 2012):

- **Controle na fonte:** Instalações de pequeno porte situadas próximas ao local de origem do escoamento superficial;
- **Controle a jusante:** Envolvem uma menor quantidade de locais de armazenamento e podem estar localizadas no extremo de jusante.

O Quadro 28 mostra a classificação dos dispositivos de armazenamento ou retenção.

Quadro 28 – Classificação dos dispositivos de armazenamento ou retenção.

Tipo de controle	Local	Equipamento
Controle na fonte	Disposição local	Leitos de infiltração
		Bacias de percolação
	Controle de entrada	Pavimentos porosos
		Telhados
	Detenção na origem	Estacionamentos
		Valas
		Depressões secas
Lagos escavados		
Controle a jusante	Detenção em linha	Reservatórios de concreto
		Reservatório tubular
		Rede de galerias
		Reservatório de concreto
	Túnel em rocha	
Detenção lateral	Reservatório aberto	
		Reservatórios laterais

Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



d) Obras de detenção e retenção

Para o planejamento e projeto de obras de detenção e retenção, levam-se em conta diversos aspectos técnicos que devem ser considerados além da hidráulica e hidrologia, tais como (SÃO PAULO, 2012):

- A determinação da inclinação máxima de talude para a escavação desses reservatórios em locais potencialmente favoráveis, assim como de pequenos levantamentos em valas naturais que também ofereçam condições favoráveis;
- A estimativa de carga anual de transporte de material sólido da bacia tributária, a fim de verificar se será necessário prever meios de controle de sedimentos;
- A seleção das variedades de grama para a proteção de taludes, as quais possam resistir a inundações ocasionais com grande tempo de duração;
- Análise das necessidades da comunidade local;
- Análise de riscos que possam comprometer as condições de segurança, além de prever meio para sua mitigação;
- Procura dos caminhos adequados, tendo em vista o financiamento de possíveis desapropriações, além de construção e manutenção das obras.

Segundo São Paulo (2012), para o planejamento, também é necessário que sejam seguidos os seguintes passos:

- Aquisição e análise de dados da bacia;
- Configuração preliminar da concepção hidrológica do projeto;
- Estudos de amortecimento de cheias e a definição da faixa operativa;
- Identificação dos possíveis locais que serão destinados para o armazenamento;
- Análise e consolidação das restrições e condicionantes verticais e laterais;
- Estudo do vertedouro de emergência e o estabelecimento dos critérios de segurança;
- Desenho do projeto hidrológico-hidráulico.

Alguns problemas podem ocorrer devido à deposição de sedimentos e detritos, causando perda de capacidade de armazenamento, aparecimento de maus odores, problemas relacionados à saúde pública e problemas de colmatação. Para evitar a



ocorrência dos problemas supracitados, é necessário ter cuidado e atentar-se aos seguintes aspectos (SÃO PAULO, 2012):

- As áreas escolhidas para a implantação do reservatório já devem ser consolidadas em termos de ocupação humana;
- As áreas escolhidas para a implantação devem ter um razoável sistema de coleta de resíduos e de limpeza de vias públicas;
- Atentar-se ao nível de educação da população dessas áreas nas quais serão implantados os reservatórios;
- Atentar-se a presença de feiras livres, uma vez que constituem um importante fator de produção de resíduos que é carregado pelo sistema de drenagem;
- É necessário prever condições de acesso que facilitem os trabalhos de limpeza e remoção de sedimentos e detritos, em particular nos casos de obras subterrâneas, as quais envolvem dificuldades a esse tipo de obra devido a sua própria natureza.

e) Critérios de dimensionamento

Esses reservatórios podem permanecer vazios durante boa parte do tempo e só armazenando água durante a ocorrência de chuvas, os quais são denominados de reservatórios de detenção, mas também podem permanecer parcialmente com água e formando um lago para compor o paisagismo local, os quais são denominados de reservatórios de retenção. O dimensionamento desses reservatórios envolve basicamente três elementos, sendo eles (SÃO PAULO, 2012):

- Dimensionar o volume total de armazenamento;
- Dimensionar a estrutura de entrada do reservatório;
- Dimensionar a estrutura de saída do reservatório.

Todos esses elementos são conectados e são determinados em função do grau de proteção requerido pelo reservatório e pelos sistemas de obras no qual o mesmo está inserido.



f) Bacias de retenção

Também conhecida como bacia seca, a bacia de retenção tem aplicação em espaços abertos públicos ou privados (praças e parques). Outra aplicação seria diretamente no leito de arroyos da macrodrenagem da cidade, implicando em um porte bem maior (SILVEIRA; GOLDENFUM, 2007).

Segundo Silveira e Goldenfum (2007), quando se trata de bacias de retenção para loteamentos, ela visa resolver ou prevenir problemas relacionados a escoamento superficial restrito aos loteamentos, enquanto as bacias de retenção no leito dos arroyos visam resolver problemas globais da bacia em questão dentro de um planejamento como um todo, podendo exigir estudo mais amplos, mesmo em nível de pré-dimensionamento.

Para o seu dimensionamento, onde $V_{m\acute{a}x}$ é o volume a reservar em equivalente a lâmina sobre toda a bacia contribuinte, utiliza-se:

$$V_{m\acute{a}x} = \left(\sqrt{\frac{a}{60}} \times \sqrt{C \times T^{b/2}} - \sqrt{\frac{c}{60}} \times \sqrt{q_s} \right)^2$$

Em que:

$V_{m\acute{a}x}$ = volume de acumulação (mm);

a = parâmetro da equação IDF de Talbot;

C = coeficiente de escoamento;

T = período de retorno em anos;

c = parâmetro da equação IDF de Talbot;

q_s = vazão de saída (mm.h⁻¹).

Obtido o volume por unidade de área de bacia hidrográfica, pode ser feita uma estimativa da área inundada e o volume absoluto necessário, utilizando as informações topográficas e de área da bacia hidrográfica (SILVEIRA; GOLDENFUM, 2007). Existem 3 possibilidades para se fazer o pré-dimensionamento:

- Bacia de retenção com leito impermeável (com esgotamento por tubulação);



- Bacia de detenção com leito permeável e esgotamento por infiltração (bacia de infiltração);
- Bacia de detenção com leito permeável e esgotamento simultâneo por tubulação e infiltração no solo (bacia de detenção/infiltração).

Para bacia de detenção com leito impermeável, é conveniente dimensionar o tubo de saída com a vazão de saída (q_s) igual à vazão de restrição ou de pré-desenvolvimento (q_{pre}). Conforme mostra a equação:

$$q_s = q_{pre}$$

Em que:

q_s = vazão de saída (mm.h^{-1});

q_{pre} = vazão de restrição ou de pré-desenvolvimento (mm.h^{-1}).

Para uma bacia de infiltração, a capacidade de infiltração do solo comando e define o esgotamento da água, assim a vazão de saída (q_s) da mesma é dada por:

$$q_s = \alpha \times K_{sat}$$

Em que:

q_s = vazão de saída (mm.h^{-1});

α = coeficiente redutor devido à colmatção;

K_{sat} = condutividade hidráulica saturada do solo (mm.h^{-1}).

A condutividade hidráulica saturada deve ser determinada através de ensaios de infiltração. Para as bacias de infiltração os valores recomendados do coeficiente redutor (α) são próximos a 0,5.

Para as bacias de detenção com infiltração (bacia de detenção/retenção), o valor de q_s é representado pela equação:

$$q_s = q_{pre} + \alpha \times K_{sat}$$



Em que:

q_s = vazão de saída (mm.h^{-1});

q_{pre} = vazão de restrição ou de pré-desenvolvimento (mm.h^{-1});

α = coeficiente redutor devido à colmatação;

K_{sat} = condutividade hidráulica saturada do solo (mm.h^{-1}).

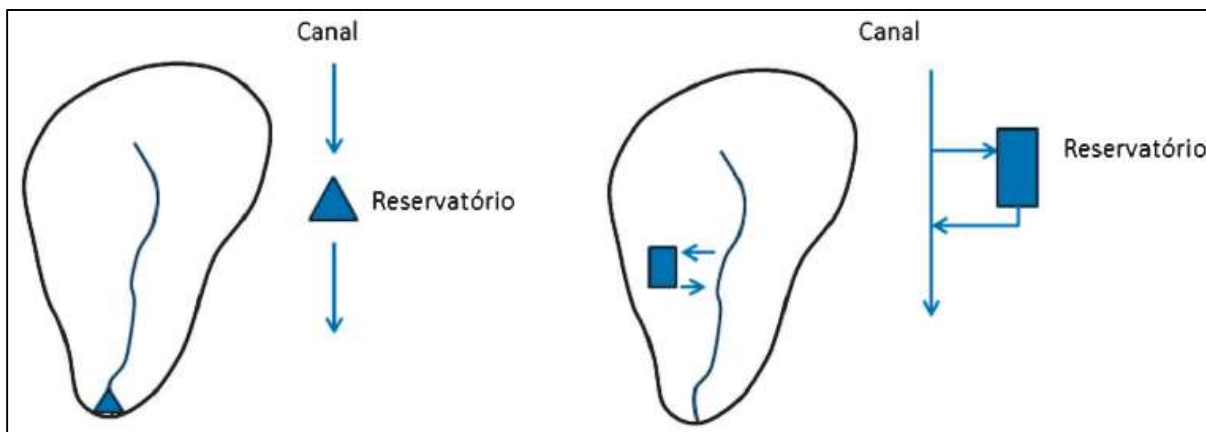
A bacia de detenção com leito impermeável tem seu volume dimensionado para liberar o escoamento máximo equivalente à vazão de pré-desenvolvimento, portanto, o escoamento superficial em sua área é limitado à esta vazão, para o período de retorno considerado. A bacia de infiltração tem seu volume dimensionado para infiltrar no solo todo o excesso de águas pluviais, portanto, no período de retorno considerado, o escoamento superficial será nulo na área controlada por ela. A bacia de detenção/infiltração tem o seu volume dimensionado para liberar o escoamento máximo equivalente à vazão de pré-desenvolvimento, portanto, na área controlada por essa bacia, o seu escoamento superficial será limitado a esta vazão, mas ao favorecer simultaneamente a infiltração, o volume armazenado será menor para o período de retorno considerado (SILVEIRA; GOLDENFUM, 2007).

Em qualquer uma das alternativas supracitadas é preciso que seja previsto um descarregador de cheias com períodos de retorno maiores que o do projeto.

Os reservatórios de detenção (bacia de detenção), podem ser divididas em “*in line*” e “*off line*”. O “*in line*” é instalado para interceptar transversalmente o canal, e toda a vazão do rio passa pelo seu interior e sai por sua estrutura de descarga, além de ser o mais tradicional. Já o “*off line*”, é instalado lateralmente ao canal e a vazão do rio pode ser desviada para o seu interior (SÃO PAULO, 2012).

A Figura 103 mostra um exemplo dos dois tipos supracitados.

Figura 103 – Reservatório *in-line* e *off-line*.



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Para realizar a escolha do tipo de reservatório a ser utilizado, é necessário considerar as seguintes condicionantes (SÃO PAULO, 2012):

- Objetivo da reservação;
- Disponibilidade de área para a sua devida implantação;
- Condições hidrogeológicas e geotécnicas da região;
- Impactos ambientais, econômicos e sociais envolvidos nas fases de obra, operação e manutenção do reservatório a ser implantado.

Os reservatórios (bacias) “*in line*” podem ser dimensionados de três maneiras diferentes, conforme o critério adotado em relação ao risco hidrológico e às descargas ao canal a jusante, sendo elas (SÃO PAULO, 2012):

- Critério de vazão de restrição a jusante;
- Critério associado à condição de sazonalidade natural do regime a jusante;
- Critério de ponderação entre armazenamento e condutividade hidráulica a jusante.

Os reservatórios (bacias) “*off line*” são dimensionados de forma diferente, mais próximo da condição de sazonalidade. Estabelece-se, em função da condutividade de jusante, uma vazão de “corte” do hidrogramas e, a partir desse valor, a vazão do rio é desviada para o reservatório. Do ponto de vista hidráulico, um vertedor lateral



instalado longitudinalmente ao canal é responsável por esse desvio. O esvaziamento desses reservatórios “*off line*” pode ser feito por bombeamento ou por gravidade, e é iniciado quando o nível do canal é inferior à cota da crista do vertedor lateral. (SÃO PAULO, 2012).

Insta salientar que, tanto os reservatórios “*off line*” como os “*in line*” podem ser subterrâneos, dependendo de condicionantes sistêmicas e locais.

g) Bacias de Retenção

A bacia retenção é definida como um lago com volume de espera para a contenção de excessos de águas pluviais. Assim como a bacia de detenção, ela também pode ser aplicada em espaços abertos, tanto públicos como privados.

O seu dimensionamento pode ser realizado utilizando o mesmo método da bacia de detenção estanque (impermeável), uma vez que não se admite saída por infiltração, sendo apenas por vertimento. O volume calculado é adicionado ao volume correspondente ao nível d'água mínimo perene projetado para a bacia (SILVEIRA; GOLDENFUM, 2007).



BIBLIOGRAFIA

- **DA ANÁLISE DE DADOS, ESTUDOS E PROJETOS EXISTENTES, CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E ESTUDO DEMOGRÁFICO**

ALCOFORADO, F. A questão da água no mundo e seus imensos desafios. **Direito UNIFACS – Debate Virtual**, n. 179, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.844 - Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE MUNICÍPIOS - APM. **Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <<https://www.apaulista.org.br/bacias-hidrograficas-2/>>.

ATALIBA, Geraldo. **Hipótese de incidência tributária**. 6. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2014.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Perfil Limeira, SP**. Disponível em: < <http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/352690>>.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. 4a Ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1996. 332 p.

BRASIL (1). Ministério das Cidades (atual MDR). **Termo de Referência para Elaboração de Plano Diretor de Águas Pluviais Urbanas** - Diretrizes e Parâmetros. Secretaria Nacional De Saneamento Ambiental. Brasília, 2011.

BRASIL (2). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: < https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>.

BRASIL (3). **Plano Nacional De Saneamento Básico - PLANSAB**. Brasília: Brasil, 2008.

BRASIL (4). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. **Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>.

BRASIL (5). Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Paraná**. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006.

BRASIL. Ministério das Cidades (atual MDR). **Termo de Referência para Elaboração de Plano Diretor de Águas Pluviais Urbanas** - Diretrizes e Parâmetros. Secretaria Nacional De Saneamento Ambiental. Brasília, 2011.



CARVALHO, P. **Clima**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica - Ageitec. Brasília, DF. Disponível em: <[CÂMARA MUNICIPAL DE LIMEIRA. **Leis – Legislação**. Disponível em: <<http://www.limeira.sp.leg.br/>>](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000fwc2vmaz02wyiv80166sqf14e0r8d.html#:~:text=Temperatura%20m%C3%A9dia%20anual%3A%2018%2C8,%C2%BAC%20(Gua%C3%ADra%2C%20PR)>. </p></div><div data-bbox=)

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Planejamento Estratégico dos Comitês PCJ**. Disponível em: <https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=957:pb-pcj-2020-2035&catid=148:plano-das-bacias&Itemid=332>

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ (CBH-PCJ). **Apresentação**. Disponível em: <<https://sigrh.sp.gov.br/cbhpcj/apresentacao>>.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAEE. **Treinamento – obras hidráulicas sujeitas à outorga**. São Paulo, 2012.

EMBRAPA. **Agissolos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos/ordens/argissolos>>.

EMBRAPA. **Latossolos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos/ordens/latossolos>>.

EMBRAPA. **Contando ciência na web**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>>.

GARCEZ, L. N. e ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. Edgard Blücher, São Paulo, 2002.

IBGE (1). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Geologia**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geologia>>.

IBGE (2). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Geomorfologia**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia>>.

IBGE (3). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Vegetação**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/vegetacao>>.

IBGE (4). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Pedologia**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>>.

IBGE (5). **Cidades**: Limeira <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/limeira/>>, Brasília, 2023.

IBGE (6). **Cidades**: São Paulo <<https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-paulo.html>>. Brasília, 2023.



IBGE (7). **Cidades:** Estado de SP. < <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html>>. Brasília, 2023.

IBGE (8). **Censo Demográfico.** Sistema IBGE de Recuperação Automática - Sidra. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/202>>.

IBGE (9). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2012.

IBGE (10). **História e Fotos de Limeira.** Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/limeira/historico>>. Brasília, 2014.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Precipitação** <<https://clima.inmet.gov.br/prec>>.

KIRPICH, T. P. *Time of Concentration of Small. Agricultural Watersheds.* **Journal of Civil Engineering**, v.10, n.6, p. 362, 1940.

KÖPPEN. **Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros.** Disponível em: <<https://koppenbrasil.github.io/>>.

KUICHLING, E. *The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous areas.* **Transaction of the American Society of Civil Engineers**, v. 20, p. 1-56, 1889.

LIMEIRA (1), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 1.867 de 15 de agosto de 1983.** Autoriza o Prefeito a assinar o primeiro aditivo de convênio celebrado com o Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS).

LIMEIRA (2), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 2.195 de 22 de junho de 1989.** Autoriza o Prefeito a assinar o primeiro aditivo de convênio celebrado com o Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS).

LIMEIRA (3), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 2.410 de 12 de dezembro de 1990.** Autoriza o Poder Executivo a celebrar convênios e contratos com a Caixa Econômica Federal.

LIMEIRA (4), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 3.571 de 16 de maio de 2003.** Autoriza o Município de Limeira executar as obras de drenagem, terraplenagem, reforço de sub-leito, serviços de guias, sarjetas e sarjetões, no Parque Residencial Belinha Ometto, e dá outras providências.

LIMEIRA (5). **Lei Municipal nº 3.695 de 24 de março de 2004.** Autoriza o Município de Limeira a executar as obras de drenagem, terraplenagem, reforço de sub-leito, serviços de guias, sarjetas e sarjetões no Jardim Residencial Nova Conquista e dá outras providências.

LIMEIRA (6), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 3.790 de 12 de agosto de 2004.** Autoriza o Município de Limeira a custear as despesas com a execução das obras de



drenagem, terraplenagem, reforço de sub-leito, serviços de guias, sarjetas e sarjetões no Jardim Ernesto Kuhl e dá outras providências.

LIMEIRA (7), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 5.979 de 07 de março de 2018**. Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de critérios de acessibilidade nos projetos de drenagem urbana.

LIMEIRA (8), Prefeitura de. **Decreto Municipal nº 59 de 13 de fevereiro de 2014**. Dispõe sobre aprovação do Plano Municipal de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Limeira.

LIMEIRA (9), Prefeitura de. **Decreto Municipal nº 409 de 09 de novembro de 2020**. Define responsabilidade dos proprietários dos lotes, na figura da Associação dos Proprietários/Moradores, relativamente às despesas específicas.

LIMEIRA (10), Prefeitura de. **Decreto Municipal nº 106 de 15 de março de 2022**. Regulamenta a Lei nº 5.979, de 7 de março de 2018, que dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de critérios de acessibilidade nos projetos de drenagem urbana.

LIMEIRA (11), Prefeitura de. **Plano Diretor Territorial – Ambiental**. Prefeitura Municipal de Limeira, 2009.

LIMEIRA (12), Prefeitura de. **Plano Municipal de Redução de Riscos – PMRR**. Prefeitura Municipal de Limeira – Secretaria de Segurança Pública, 66 p., novembro, 2012.

LIMEIRA (13), Prefeitura de. **Plano Municipal de Saneamento**. Prefeitura Municipal de Limeira, dezembro, 2013.

LIMEIRA (14), Prefeitura de. **Plano de Contingência Limeira. Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil – PLANCON**. Prefeitura Municipal de Limeira, 2017.

LIMEIRA (15), Prefeitura de. **Plano Diretor Territorial – Ambiental**. Prefeitura Municipal de Limeira, 2009.

LIMEIRA (16), Prefeitura de. **Plano Diretor de Água e Esgoto**. 2022. Prefeitura Municipal de Limeira, abril, 2022.

LIMEIRA (17), Prefeitura de. **Plano Municipal de Recursos Hídricos**. Prefeitura Municipal de Limeira, 2015.

LIMEIRA (18), Prefeitura de. **Lei Complementar nº 876, de 04 de maio de 2021**. Dispõe sobre a Revisão do Plano Diretor Municipal de Turismo para o exercício 2021 - 2024 e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Limeira, 2011.

MARTINELLI, M. **Relevo do Estado de São Paulo**. Confins Online, 2009. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/6168>>.

MIGUEZ, M.G; VEROL, A.P; REZENDE, O.M. **Drenagem Urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.



NOGUEIRA, G. R.. **Produção Mais Limpa em Hospitais**. 2017. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Barão de Mauá, Ribeirão Preto, 2017.

POSTOS DE SAÚDE. **Postos de saúde da cidade de Limeira**. Disponível em: <<https://postosdesaude.com.br/sp/limeira>>.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Diretrizes de Projeto Para Estudos Hidrológicos Método de "I-Pai-Wu"**. Superintendências de Projetos e Obras, Secretaria de Vias Públicas. São Paulo, 1999.

REBOUÇAS, A. da C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, v. 15, p. 327-344, 2001.

REIS, F. **Método racional**. HidroMundo: Hidrologia. 2017.

ROCHA, Enid. A Constituição Cidadã e a institucionalização dos espaços de participação social: avanços e desafios. In: VAZ, Flavio Tonelli; MUSSE, Juliano Sander; SANTOS, Rodolfo Fonseca dos. (Orgs.). 20 anos da Constituição Cidadã: avaliação e desafios da seguridade social. Brasília: Associação Nacional dos Auditores Fiscais da Receita Federal do Brasil, 2008.

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. **Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais**. Prefeitura Municipal de São José dos Campos. 2021.

São Paulo (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamentos**. São Paulo: SMDU, 2012.

SCHLICKMANN, R. L. e BACK, A. J. **Avaliação de métodos de estimativa de vazão máxima para dimensionamento de bueiros**. UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE, Criciúma, 2019.

SÃO PAULO (cidade). **Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de "I-PAI-WU"**. São Paulo: SMDU, 1999.

SÃO PAULO (cidade). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, São Paulo, 2012.

SHIKLOMANOV, I. A. World fresh water resources. In: GLEICK, P. H. (ed.). **Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources**. Prefácio de Gilbert F. White. New York: Oxford University Press, 1993. p.13-24.

SOARES, M. L. G. *et al.* Diversidade estrutural de bosques de mangue e sua relação com distúrbios de origem antrópica: o caso da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro). **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 26, p. 101-116, 2003.



TEODORO, V. L. I. *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar - ReBraM**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH. Porto Alegre-RS, 952p, 1993.

VIEIRA, D.B. MEDEIROS, Eduardo, V Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem ANAIS. São Paulo: ABID,1980. v.2, p.116-136.

VILLELA, S. M.; MATOS, A. **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo - SP, 245 p. 1975.

WEATHERSPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Limeira no ano todo**. Disponível em: <<https://weatherspark.com/y/30187/Average-Weather-in-Limeira-Brazil-Year-Round>>.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.

• DO DIAGNÓSTICO

ALCOFORADO, F. A questão da água no mundo e seus imensos desafios. **Direito UNIFACS – Debate Virtual**, n. 179, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.844 - Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE MUNICÍPIOS - APM. **Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <<https://www.apaulista.org.br/bacias-hidrograficas-2/>>.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Perfil Limeira, SP**. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/352690>>.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. 4a Ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1996. 332 p.

BRASIL (1). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/legislacao>>.b

BRASIL (2). **Plano Nacional De Saneamento Básico - PLANSAB**. Brasília: Brasil, 2008.

BRASIL (3). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. **Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>.



BRASIL (4). Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Paraná**. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006.

CARVALHO, P. **Clima**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica - Ageitec. Brasília, DF. Disponível em: <[CÂMARA MUNICIPAL DE LIMEIRA. **Leis – Legislação**.](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000fwc2vmaz02wyiv80166sqf14e0r8d.html#:~:text=Temperatura%20m%C3%A9dia%20anual%3A%2018%2C8,%C2%BAC%20(Gua%C3%ADra%20%20PR)>>.</p></div><div data-bbox=)

Disponível em: < <http://www.limeira.sp.leg.br/>>

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Planejamento Estratégico dos Comitês PCJ**. Disponível em: <https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=957:pb-pcj-2020-2035&catid=148:plano-das-bacias&Itemid=332>

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ (CBH-PCJ). **Apresentação**. Disponível em: < <https://si-grh.sp.gov.br/cbhpcj/apresentacao>>.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAEE. **Treinamento – obras hidráulicas sujeitas à outorga**. São Paulo, 2012.

EMBRAPA. **Argissolos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos/ordens/argissolos>>.

EMBRAPA. **Latossolos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos/ordens/latossolos>>.

EMBRAPA. **Contando ciência na web**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>>.

GARCEZ, L. N. e ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. Edgard Blücher, São Paulo, 2002.

GRABOWSKI, G. N. **Instalações Hidráulicas Prediais - Sistemas Prediais de Águas Pluviais**. Disponível em: https://7semestrecivil.files.wordpress.com/2016/08/feitep_map_2723.pdf

IBGE (1). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Geologia**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geologia>>.

IBGE (2). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Geomorfologia**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia>>.

IBGE (3). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Vegetação**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/vegetacao>>.



IBGE (4). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Pedologia**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>>.

IBGE (5). **Cidades**: Limeira < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/limeira/>>, Brasília, 2023.

IBGE (6). **Cidades**: São Paulo < <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-paulo.html>>. Brasília, 2023.

IBGE (7). **Cidades**: Estado de SP. < <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html>>. Brasília, 2023.

IBGE (8). **Censo Demográfico**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - Sidra. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/202>>.

IBGE (9). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2012.

IBGE (10). **História e Fotos de Limeira**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/limeira/historico>>. Brasília, 2014.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Precipitação** <<https://clima.inmet.gov.br/prec>>.

KIRPICH, T. P. *Time of Concentration of Small. Agricultural Watersheds*. **Journal of Civil Engineering**, v.10, n.6, p. 362, 1940.

KÖPPEN. **Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros**. Disponível em: <<https://koppenbrasil.github.io/>>.

KUICHLING, E. *The relation between the rainfall and the discharge of sewers in popolous areas*. **Transaction of the American Society of Civil Engineers**, v. 20, p. 1-56, 1889.

LIMEIRA (1), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 1.867 de 15 de agosto de 1983**. Autoriza o Prefeito a assinar o primeiro aditivo de convênio celebrado com o Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS).

LIMEIRA (2), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 2.027 de 17 de novembro de 1986**. Altera a Lei nº 1939, de 27 de novembro de 1984, transfere ao SAAE equipamentos e maquinários, e autoriza o mesmo a incluir em seus orçamentos dotações para execução de serviços de drenagem de águas pluviais.

LIMEIRA (3), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 2.195 de 22 de junho de 1989**. Autoriza o Prefeito a assinar o primeiro aditivo de convênio celebrado com o Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS).



LIMEIRA (4), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 2.410 de 12 de dezembro de 1990.** Autoriza o Poder Executivo a celebrar convênios e contratos com a Caixa Econômica Federal.

LIMEIRA (5), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 2.879 de 22 de dezembro de 1997.** Visa definir atribuições do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Limeira (SAAE).

LIMEIRA (6), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 3.571 de 16 de maio de 2003.** Autoriza o Município de Limeira executar as obras de drenagem, terraplenagem, reforço de sub-leito, serviços de guias, sarjetas e sarjetões, no Parque Residencial Belinha Ometto, e dá outras providências.

LIMEIRA (7). **Lei Municipal nº 3.695 de 24 de março de 2004.** Autoriza o Município de Limeira a executar as obras de drenagem, terraplenagem, reforço de sub-leito, serviços de guias, sarjetas e sarjetões no Jardim Residencial Nova Conquista e dá outras providências.

LIMEIRA (8), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 3.790 de 12 de agosto de 2004.** Autoriza o Município de Limeira a custear as despesas com a execução das obras de drenagem, terraplenagem, reforço de sub-leito, serviços de guias, sarjetas e sarjetões no Jardim Ernesto Kuhl e dá outras providências.

LIMEIRA (9), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 5.979 de 07 de março de 2018.** Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de critérios de acessibilidade nos projetos de drenagem urbana.

LIMEIRA (10), Prefeitura de. **Decreto Municipal nº 59 de 13 de fevereiro de 2014.** Dispõe sobre aprovação do Plano Municipal de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Limeira.

LIMEIRA (11), Prefeitura de. **Decreto Municipal nº 409 de 09 de novembro de 2020.** Define responsabilidade dos proprietários dos lotes, na figura da Associação dos Proprietários/Moradores, relativamente às despesas específicas.

LIMEIRA (12), Prefeitura de. **Decreto Municipal nº 106 de 15 de março de 2022.** Regulamenta a Lei nº 5.979, de 7 de março de 2018, que dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de critérios de acessibilidade nos projetos de drenagem urbana.

LIMEIRA (13), Prefeitura de. **Plano Diretor Territorial – Ambiental.** Prefeitura Municipal de Limeira, 2009.

LIMEIRA (14), Prefeitura de. **Plano Municipal de Redução de Riscos – PMRR.** Prefeitura Municipal de Limeira – Secretaria de Segurança Pública, 66 p., novembro, 2012.

LIMEIRA (15), Prefeitura de. **Plano Municipal de Saneamento.** Prefeitura Municipal de Limeira, dezembro, 2013.

LIMEIRA (16), Prefeitura de. **Plano de Contingência Limeira. Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil – PLANCON.** Prefeitura Municipal de Limeira, 2017.



LIMEIRA (17), Prefeitura de. **Plano Diretor Territorial – Ambiental**. Prefeitura Municipal de Limeira, 2009.

LIMEIRA (18), Prefeitura de. **Plano Diretor de Água e Esgoto**. 2022. Prefeitura Municipal de Limeira, abril, 2022.

LIMEIRA (19), Prefeitura de. **Plano Municipal de Recursos Hídricos**. Prefeitura Municipal de Limeira, 2015.

MARTINELLI, M. **Relevo do Estado de São Paulo**. Confins Online, 2009. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/6168>>.

POSTOS DE SAÚDE. **Postos de saúde da cidade de Limeira**. Disponível em: <<https://postosdesaude.com.br/sp/limeira>>.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Diretrizes de Projeto Para Estudos Hidrológicos Método de "I-Pai-Wu"**. Superintendências de Projetos e Obras, Secretaria de Vias Públicas. São Paulo, 1999.

REBOUÇAS, A. da C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, v. 15, p. 327-344, 2001.

REIS, F. **Método racional**. HidroMundo: Hidrologia. 2017.

SCHLICKMANN, R. L. e BACK, A. J. **Avaliação de métodos de estimativa de vazão máxima para dimensionamento de bueiros**. UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE, Criciúma, 2019.

SÃO PAULO (cidade). **Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de "I-PAI-WU"**. São Paulo: SMDU, 1999.

SÃO PAULO (cidade). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, São Paulo, 2012.

SHIKLOMANOV, I. A. World fresh water resources. In: GLEICK, P. H. (ed.). **Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources**. Prefácio de Gilbert F. White. New York: Oxford University Press, 1993. p.13-24.

SOARES, M. L. G. *et al.* Diversidade estrutural de bosques de mangue e sua relação com distúrbios de origem antrópica: o caso da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro). **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 26, p. 101-116, 2003.

TEODORO, V. L. I. *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar - ReBraM**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236.



TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH. Porto Alegre-RS, 952p, 1993.

TUCCI, Carlos E. M.. **Drenagem urbana**. Cienc. Cult., São Paulo, v. 55, n. 4, p. 36-37, Dezembro, 2003.

URBONAS, B.; Stahre, P. **Stormwater best management practices and detetion**, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 450p. 1993.

VIEIRA, D.B. MEDEIROS, Eduardo, V Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem ANAIS. São Paulo: ABID,1980. v.2, p.116-136.

VILLELA, S. M.; MATOS, A. **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo - SP, 245 p. 1975.

WHEATHESRPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Limeira no ano todo**. Disponível em: <<https://weatherspark.com/y/30187/Average-Weather-in-Limeira-Brazil-Year-Round>>.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.

• DO PROGNÓSTICO

ALCOFORADO, F. A questão da água no mundo e seus imensos desafios. **Direito UNIFACS – Debate Virtual**, n. 179, 2015.

AGOSTINHO, M. S. P.; POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. **HOLOS Environment**, v. 12, n. 2, p. 121-131, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.844 - Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE MUNICÍPIOS - APM. **Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <<https://www.apaulista.org.br/bacias-hidrograficas-2/>>.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Perfil Limeira, SP**. Disponível em: < <http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/352690>>.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. 4a Ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1996. 332 p.

BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem urbana**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH, 2005.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 29-49, 2002.



BAPTISTA, M. B., BRASIL L. S. S., FREITAS I. C., DIAS R. F. C. **Águas Pluviais Técnicas Compensatórias para o Controle de Cheias Urbanas**. 1. ed. Belo Horizonte, BH: ReCESA, 2007.

BERTRAND-KRAJEWSKI J.L.; CHEBBO, G. **Méthode de dimensionnement et orders de grandeur des ouvrages de traitement des rejets urbains de temps de pluie**. *Technique*, Sciences, Méthods, n. 12. Paris: ASTEE, 2003. p. 21-37.

BOTELHO, R. G. M; SILVA, AS, GUERRA, A.J.T. e ANTUNES, F.S (1996). Mineralogia da fiação argila cios solos da bacia do rio Cuiabá - Petrópolis (RJ). Anais do XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo "Solo-Suelo 96" (CD-Rom)

BOTELHO, R. G. M. **Bacias Hidrográficas Urbanas**. In: Antônio José Teixeira Guerra. (Org.). Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, v., p. 71-115.

BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. **Bacia hidrográfica e a gestão ambiental**. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T.. (Org.). Reflexões sobre a Geografia Física brasileira. Rio de Janeiro: BCD - União de Editoras S/A - Bertrand Brasil, 2004, v., p. 153-192.

BRASIL (1). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/legislacao>>.b

BRASIL (2). **Plano Nacional De Saneamento Básico - PLANSAB**. Brasília: Brasil, 2008.

BRASIL (3). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. **Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>.

BRASIL (4). Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Paraná**. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006.

CÂMARA MUNICIPAL DE LIMEIRA. **Leis – Legislação**. Disponível em: <<http://www.limeira.sp.leg.br/>>

BRASIL (5). Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, maio, 2012.

BRASIL (6). Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2021. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, jul., 2021.



BRASIL (7). Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, jan., 1997.

BRASIL (8). Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, jul., 2020.

BRASIL (9). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.** Publicado no Diário Oficial da União, Brasília, DF, mar., 2005.

BRASIL (10). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Resolução CONAMA nº430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.** Publicado no Diário Oficial da União, Brasília, DF, maio, 2011.

BRASIL (11). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Resolução CONAMA nº20, de 18 de junho de 1986, revogada pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Estabelecer a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.** Publicado no Diário Oficial da União, Brasília, DF, jun., 1986.

BRASIL (12). Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de drenagem de Rodovias.** – 2 ed. – Rio de Janeiro, 2006. 333p. (IPR. Publ., 724).

BRASIL (13). Ministério da Educação. **Banco Mundial.** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/encceja-2/480-gabinete-do-ministro-1578890832/assessoria-internacional-1377578466/20758-banco-mundial>



BRITO, Annanery de Oliveira. **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal**. 2012. vii, 78 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) — Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

BROWN, R. R.; FARRELLY, M. A. Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face. **Water Science and Technology**, v. 59, n. 5, p. 839-846, 2009.

CANÇADO, V.; NASCIMENTO, N.; CABRAL, J. Cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais: bases conceituais e princípios microeconômicos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, n. 2, p. 15-25, 2006.

CANHOLI, A. P., **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**, 2ª edição, São Paulo: Oficina de textos, 2014.

CARVALHO, P. **Clima**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica - Ageitec. Brasília, DF. Disponível em: <[CETESB \(2022\) - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/enquadramento-dos-corpos-hidricos/>. Acessado em julho de 2023.](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000fwc2vmaz02wyiv80166sqf14e0r8d.html#:~:text=Temperatura%20m%C3%A9dia%20anual%3A%2018%2C8,%C2%BAC%20(Gua%C3%ADra%2C%20PR)>>.</p></div><div data-bbox=)

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: Antônio José Teixeira Guerra; Sandra Baptista da Cunha. (Org.). Geomorfologia: uma revisão de conceitos e bases. Rio de Janeiro: Bertrand, 2007, v. 1, p. 93-148.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Planejamento Estratégico dos Comitês PCJ**. Disponível em: <https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=957:pb-pcj-2020-2035&catid=148:plano-das-bacias&Itemid=332>

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ (CBH-PCJ). **Apresentação**. Disponível em: <<https://si-grh.sp.gov.br/cbhpcj/apresentacao>>.

CHRISTOFIDIS D.; ASSUMPTÃO, R. F. S. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 94-108, 2019.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAEE. **Treinamento – obras hidráulicas sujeitas à outorga**. São Paulo, 2012.

ELLIS, J.B. **Third generation urban surface water drainage: from rooftop to the receiving water subcatchment**. In: Proc. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, UK, August 2008.



EMBRAPA. **Argissolos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos/ordens/argissolos>>.

EMBRAPA. **Latossolos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos/ordens/latossolos>>.

EMBRAPA. **Contando ciência na web**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>>.

FEO, G. de et al. The historical development of sewers worldwide. **Sustainability**, v. 6, n. 6, p. 3936-3974, 2014.

FRIEDRICH, D. **O Parque Linear como instrumento de planejamento e gestão de áreas de fundo de vale urbanas**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

GARCEZ, L. N. e ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. Edgard Blücher, São Paulo, 2002.

GAUTIER, A. **Contribution à la connaissance du fonctionnement d'ouvrages d'infiltration d'eau nde ruissellement pluvial urbain**. 1998. 208p. Thèse (Doctorat) – Institut National des Sciences Appliquées (INSA), Lyon, France, 1998.

GONÇALVES, F. T.; NUCCI, J. C. **Sistemas de drenagem sustentável (SUDS): propostas para a bacia do Rio Juvevê, Curitiba-PR**. Ra'e Ga, Curitiba, v. 42, p. 192-209, dezembro 2017.

HARES, R.J.; WARD, N.I. **Comparison of the heavy metal content of motorway stormwater following discharge into wet biofiltration and dry detention ponds along the London Orbital (M25) motorway**. The Science of the Total Environment, v. 235, n.1-3, p.169-178, 1999.

HUTTON, G.; HALLER, L.; BARTRAM, J. Global costs-benefit analysis of water supply and sanitation interventions. **Journal of Water and Health**, v. 5, n. 4, p. 481-502, 2007.

IBGE (1). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Geologia**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geologia>>.

IBGE (2). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Geomorfologia**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia>>.

IBGE (3). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Vegetação**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/vegetacao>>.

IBGE (4). Bdia – Banco de dados de informações ambientais. **Pedologia**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>>.



IBGE (5). **Cidades:** Limeira < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/limeira/>>, Brasília, 2023.

IBGE (6). **Cidades:** São Paulo < <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-paulo.html>>. Brasília, 2023.

IBGE (7). **Cidades:** Estado de SP. < <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html>>. Brasília, 2023.

IBGE (8). **Censo Demográfico.** Sistema IBGE de Recuperação Automática - Sidra. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/202>>.

IBGE (9). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2012.

IBGE (10). **História e Fotos de Limeira.** Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/limeira/historico>>. Brasília, 2014.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Precipitação** <<https://clima.inmet.gov.br/prec>>.

KIRPICH, T. P. *Time of Concentration of Small. Agricultural Watersheds.* **Journal of Civil Engineering**, v.10, n.6, p. 362, 1940.

KÖPPEN. **Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros.** Disponível em: <<https://koppenbrasil.github.io/>>.

KUICHLING, E. *The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous areas.* **Transaction of the American Society of Civil Engineers**, v. 20, p. 1-56, 1889.

LIMEIRA (1), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 1.867 de 15 de agosto de 1983.** Autoriza o Prefeito a assinar o primeiro aditivo de convênio celebrado com o Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS).

LIMEIRA (2), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 2.027 de 17 de novembro de 1986.** Altera a Lei nº 1939, de 27 de novembro de 1984, transfere ao SAAE equipamentos e maquinários, e autoriza o mesmo a incluir em seus orçamentos dotações para execução de serviços de drenagem de águas pluviais.

LIMEIRA (3), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 2.195 de 22 de junho de 1989.** Autoriza o Prefeito a assinar o primeiro aditivo de convênio celebrado com o Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS).

LIMEIRA (4), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 2.410 de 12 de dezembro de 1990.** Autoriza o Poder Executivo a celebrar convênios e contratos com a Caixa Econômica Federal.



LIMEIRA (5), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 2.879 de 22 de dezembro de 1997**. Visa definir atribuições do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Limeira (SAAE).

LIMEIRA (6), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 3.571 de 16 de maio de 2003**. Autoriza o Município de Limeira executar as obras de drenagem, terraplenagem, reforço de sub-leito, serviços de guias, sarjetas e sarjetões, no Parque Residencial Belinha Ometto, e dá outras providências.

LIMEIRA (7). **Lei Municipal nº 3.695 de 24 de março de 2004**. Autoriza o Município de Limeira a executar as obras de drenagem, terraplenagem, reforço de sub-leito, serviços de guias, sarjetas e sarjetões no Jardim Residencial Nova Conquista e dá outras providências.

LIMEIRA (8), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 3.790 de 12 de agosto de 2004**. Autoriza o Município de Limeira a custear as despesas com a execução das obras de drenagem, terraplenagem, reforço de sub-leito, serviços de guias, sarjetas e sarjetões no Jardim Ernesto Kuhl e dá outras providências.

LIMEIRA (9), Prefeitura de. **Lei Municipal nº 5.979 de 07 de março de 2018**. Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de critérios de acessibilidade nos projetos de drenagem urbana.

LIMEIRA (10), Prefeitura de. **Decreto Municipal nº 59 de 13 de fevereiro de 2014**. Dispõe sobre aprovação do Plano Municipal de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Limeira.

LIMEIRA (11), Prefeitura de. **Decreto Municipal nº 409 de 09 de novembro de 2020**. Define responsabilidade dos proprietários dos lotes, na figura da Associação dos Proprietários/Moradores, relativamente às despesas específicas.

LIMEIRA (12), Prefeitura de. **Decreto Municipal nº 106 de 15 de março de 2022**. Regulamenta a Lei nº 5.979, de 7 de março de 2018, que dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de critérios de acessibilidade nos projetos de drenagem urbana.

LIMEIRA (13), Prefeitura de. **Plano Diretor Territorial – Ambiental**. Prefeitura Municipal de Limeira, 2009.

LIMEIRA (14), Prefeitura de. **Plano Municipal de Redução de Riscos – PMRR**. Prefeitura Municipal de Limeira – Secretaria de Segurança Pública, 66 p., novembro, 2012.

LIMEIRA (15), Prefeitura de. **Plano Municipal de Saneamento**. Prefeitura Municipal de Limeira, dezembro, 2013.

LIMEIRA (16), Prefeitura de. **Plano de Contingência Limeira. Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil – PLANCON**. Prefeitura Municipal de Limeira, 2017.

LIMEIRA (17), Prefeitura de. **Plano Diretor Territorial – Ambiental**. Prefeitura Municipal de Limeira, 2009.



LIMEIRA (18), Prefeitura de. **Plano Diretor de Água e Esgoto**. 2022. Prefeitura Municipal de Limeira, abril, 2022.

LIMEIRA (19), Prefeitura de. **Plano Municipal de Recursos Hídricos**. Prefeitura Municipal de Limeira, 2015.

LIMEIRA (20), Prefeitura de. Lei nº 4.751, de 12 de julho de 2011. **Dispõe sobre a implantação de dispositivos para captação de águas da chuva pelas empresas projetistas e de construção civil nos imóveis a serem construídos no âmbito do Município de Limeira, e dá outras providências.**

LIMEIRA (21), Prefeitura de. Projeto de Lei nº 162/2020, aprovada em 05 de junho de 2023. **Institui o IPTU Verde.**

LISBOA, M. B. **Proposição e avaliação de tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

LUCAS, A. H.; SOBRINHA, L. A.; MORUZZI, R. B.; & BARBASSA, A. P. (2015). **Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil**. Engenharia Sanitária E Ambiental, 20(1), 17–28. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000079923>

MATOS, J. S. **Aspectos históricos e atuais da evolução da drenagem de águas residuais em meio urbano**. Engenharia Civil, n. 16, p. 13-23, 2003.

MATOS, Elza Regina Grasel. **Simulação de taxas de drenagem para municípios de pequeno porte**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em engenharia sanitária e ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, [S. l.], 2016.

MANER, A. Public works in ancient Mesopotamia. **Civil Engineering**, v. 36, n. 7, p. 50-51, 1966.

MARTINELLI, M. **Relevo do Estado de São Paulo**. Confins Online, 2009. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/6168>>.

MENEGON, Victor Augusto. **Critério de detalhamento para projeto de dissipador de energia de um emissário no município de Campo Mourão. Paraná**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia civil) - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, [S. l.], 2018.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.



MONTES, Rafael Menegazzo. **A drenagem urbana de águas pluviais e seus impactos**: cenário atual da bacia do córrego vaca – brava, Goiânia - GO. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia ambiental) - Universidade Católica de Goiás, [S. l.], 2019.

MINH, H. van; NGUYEN-VIET, H. Economic aspects of sanitation in developing countries. **Environmental Health Insights**, v. 5, p. 63-70, 2011.

NAKAMURA, E. **Regulating loads to receiving Waters: Control practices for combined sewer overflows in Japan**. In: **Urban discharges and receiver water quality impacts**. Seminar. IAWPRC/IAHR, Brighton, U. K. 1988.

NETO, A. T. **Simulação de sistemas de drenagem urbana sustentável aplicada em um loteamento urbano utilizando o EPA SWMM**. 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

NEVES, M. G. F. P. das e TUCCI, C. E. M. Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Aspectos Conceituais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, n. 3, jul/set 2008a, p. 125-135.

POSTOS DE SAÚDE. **Postos de saúde da cidade de Limeira**. Disponível em: <<https://postosdesaude.com.br/sp/limeira>>.

PORSE, E. C. Stormwater governance and future cities. **Water**, v. 5, n. 1, p. 29-52, 2013.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Diretrizes de Projeto Para Estudos Hidrológicos Método de "I-Pai-Wu"**. Superintendências de Projetos e Obras, Secretaria de Vias Públicas. São Paulo, 1999.

REBOUÇAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, v. 15, p. 327-344, 2001.

REIS, F. **Método racional**. HidroMundo: Hidrologia. 2017.

REIS, Mário Lúcio dos. **RECEITA PÚBLICA - TAXAS x TARIFAS PÚBLICAS - MEF36401 - BEAP**. Disponível em: <http://www.informef.com.br/paginas/mef36401.htm>. Acesso em: 25 jan. 2024.

REZENDE, O. M. **Avaliação de Medidas de Controle de Inundações em um Plano de Manejo Sustentável de Águas Pluviais Aplicado a Baixada Fluminense**. Tese de Mestrado UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro. 2010.

RIGHETTO, A. M. (coordenador). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009; 396p.: Il; Projeto PROSAB; ISBN: 978-85-7022-162-9

ROSADO, L. P. et al. (2017). **Rainwater harvesting for residential buildings: An environmental and economic assessment in a Brazilian context**. *Journal of Cleaner Production*, 148, 621-629. doi:10.1016/j.jclepro.2017.02.106



SANTOS, R. L. **Deterioração dos rios devido a construção civil**: assoreamento de rios. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia Civil) - UNIFACIG - Centro Universitário, [S. l.], 2020.

SANTOS JÚNIOR, O. C. **Benefícios do reúso de água pluvial em edificações residenciais**. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.8, n.2, p.15435-15456 fev. 2022.

SÃO PAULO. **Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976**. Aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. [S. l.], 8 set. 1976.

SÃO PAULO. **Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977**. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 e dá outras providências correlatas. [S. l.], 8 set. 1976.

SÃO PAULO (cidade). **Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de "I-PAI-WU"**. São Paulo: SMDU, 1999.

SÃO PAULO (cidade). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, São Paulo, 2012.

SARNO, D. C. L. D. **Elementos de direito urbanístico**. Barueri: Manole, 2004. 114p.

SCHLICKMANN, R. L. e BACK, A. J. **Avaliação de métodos de estimativa de vazão máxima para dimensionamento de bueiros**. UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE, Criciúma, 2019.

SEMPRESUSTENTAVEL.COM.BR. Disponível em: <https://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>.

SHIKLOMANOV, I. A. World fresh water resources. In: GLEICK, P. H. (ed.). **Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources**. Prefácio de Gilbert F. White. New York: Oxford University Press, 1993. p.13-24.

SILVA, I. C. da. Estudo da capacidade de infiltração de água diante de diferentes usos do solo no município de Itapororoca/PB. *Revista Geonorte, Edição Especial*, Amazonas, v. 1, n. 4, p. 648 – 662, 2012.

SILVEIRA, A. L. L. Hidrologia urbana no Brasil. In: BRAGA, B.; TUCCI, C. E. M.; TOZZI, M. (Ed.). **Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. p. 22.

SILVEIRA, A. L. L. Trama verde-azul e drenagem urbana sustentável. In: LADWIG, Nilzo Ivo; SCHWALM, Hugo (Org.) **Planejamento e gestão territorial: a sustentabilidade dos ecossistemas urbanos**. Criciúma, SC: EDIUNESC, 2018.



SOARES, M. L. G. *et al.* Diversidade estrutural de bosques de mangue e sua relação com distúrbios de origem antrópica: o caso da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro). **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 26, p. 101-116, 2003.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 2, p. 9-18, 2012.

TEODORO, V. L. I. *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar - ReBraM**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236.

TUCCI, Carlos E. M.; COLLISCHONN, Walter. **DRENAGEM URBANA E CONTROLE DE EROÇÃO**. 2017. Dissertação (Pesquisa para o Instituto de pesquisas hidráulicas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2017.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH. Porto Alegre-RS, 952p, 1993.

TUCCI, C.E.M.; Porto, R.L.; Barros, M.T.L. (Orgs.). Drenagem urbana. Porto Alegre: Editora ABRH, 1995. 428p.

TUCCI, Carlos E. M.. **Drenagem urbana**. Cienc. Cult., São Paulo, v. 55, n. 4, p. 36-37, dezembro, 2003.

TUCCI, C.E.M.; ORSINI, L.F. **Águas urbanas no Brasil: cenário atual e desenvolvimento sustentável**. In: BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Gestão do território e manejo integrado das águas urbanas. Brasília. Ministério das Cidades, 2005. 270p.

UN-WATER – UNITED NATIONS WATER. **Climate change adaptation: the pivotal role of water**. Geneve: UN-Water, 2010.

URBONAS, B.; Stahre, P. **Stormwater best management practices and detetion**, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 450p. 1993.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Preliminary data summary of urban storm water best management practices**. EPA/821/R-99/012. Washigton, DC: EPA, 1999. 184p..

VIEIRA, D.B. MEDEIROS, Eduardo, V Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem ANAIS. São Paulo: ABID,1980. v.2, p.116-136.

VIEIRA, Marcela do Carmo; HONDA, Sibila Corral de Arêa Leão. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E SUA RELAÇÃO COM A DRENAGEM URBANA – ESTUDO DE CASO EM DRACENA-SP. **Revista nacional de Gerenciamento de Cidades**, [s. l.], v. 01, ed. 01, p. 01-11, 2013.



VILLELA, S. M.; MATOS, A. **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo - SP, 245 p. 1975.

WEBSTER, C. The sewers of Mohenjo-Daro. **Water Pollution Control Federation**, v. 34, n. 2, p. 116-123, 1962.

WHEATHESRPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Limeira no ano todo**. Disponível em: <<https://weatherspark.com/y/30187/Average-Weather-in-Limeira-Brazil-Year-Round>>.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.

WOODS-BALLARD, B. et al. **The SuDS Manual**. 5. ed. London: CIRIA, 2015. SVMA/PMSP – Secretaria do Verde e Meio Ambiente da Prefeitura do Município de São Paulo. Estudos de viabilidade de Parques Lineares. Produto 6. Execução: Fundação para a Pesquisa Ambiental – FUPAM e LabHab FAUUSP, 2006. Disponível em: <http://www.labhab.fau.usp.br/wp-content/uploads/2018/01/pesquisa_analise_viab-parques01.pdf>.

- **DO DIMENSIONAMENTO, ANÁLISE E SELEÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO. **Projeto estrutural de tubos circulares de concreto armado**. 1.ed. São Paulo: IBTS/ABTC, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1999). **NBR 8.160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução**. Rio de Janeiro, 1999.

CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto**. 3.ed. São Paulo: CETESB/ASCE-TESB, 1986.

LIMEIRA. Prefeitura de. **Plano Diretor Territorial-Ambiental do município de Limeira: [Caderno de diretrizes básicas e técnicas para apresentação de projetos de drenagem SAAE – Limeira – SP]**. Prefeitura municipal de Limeira, 2009.

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. Prefeitura de. **Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Etapa 1 – Drenagem Urbana**. Prefeitura Municipal de São José dos Campos, 2021.

SÃO PAULO (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos**. São Paulo: SMDU, 2012. 128p. il. V.3.



SILVEIRA, André Luiz Lopes da; GOLDENFUM, Joel Avruch. **Metodologia Generalizada para Pré-Dimensionamento de Dispositivos de Controle Pluvial na Fonte.** Rbrh — Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre - Rs, v. 12, n. 2, p. 157-168, Abr./Jun., 2007



**PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM
URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
Limeira - SP**



ANEXOS



ANEXO 1 – MEMORIAL DE CÁLCULO DOS PROJETOS, PROGRAMAS E AÇÕES

1. OBJETIVO 1 - MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO

- 1.1. META 1, 4 E 6 - ATINGIR UM ÍNDICE DE CADASTRAMENTO DE 70%; ATINGIR E MANTER UM ÍNDICE DE CADASTRAMENTO DE 85% E ATINGIR E MANTER UM ÍNDICE DE CADASTRAMENTO DE 98%

Para o cálculo dos valores a serem investidos para essa meta foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = (Ab \times Au \times Cc) + (Cb \times L)$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

Ab = área da microbacia, em m²;

Au = área urbanizada, em %

Cc = custo do cadastro, em R\$/m²;

Cb = custo do levantamento topobatimétrico, em R\$/Km;

L = comprimento do canal principal, em Km.

Como referência para Cc foi adotado o valor contido na tabela do Simulador Referencial de Preços de Serviços de Agrimensura, “Levantamento planialtimétrico cadastral de área urbana ou suburbana, destinado a regularização fundiária, projetos viários e de infraestrutura, urbanização e assemelhados, utilizando poligonal III PAC, compreendendo o detalhamento de divisas de gleba principal, sistema viário, quadras, áreas livres e institucionais, lotes, edificações, postes, tampões com as respectivas identificações, guias, sarjetas, muros de arrimo, taludes, desenho na escala variando de 1:250 a 1:100. Áreas densamente ocupadas (acima de 50% das quadras)”, de R\$1,44/ m², elaborada pela Associação das Empresas de Topografia do Estado de São Paulo, AETESP, e pela Associação dos Profissionais de Engenharia Agrimensura do Estado de São Paulo, APEAESP.



Como referência para o custo do levantamento topobatimétrico foi utilizado o Sistema de Custos Referenciais de Obras, SICRO, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT: 1817720 - Levantamento batimétrico multifeixe – R\$87,9194/Km.

A Tabela 31 mostra os resultados obtidos.



Tabela 31 - Resultados dos custos das metas 1, 4 e 6 do objetivo 1.

MICROBACIA	ÁREA DA MICROBACIA		COMPRIMENTO CANAL PRINCIPAL	ÁREA URBANIZADA		CUSTO TOTAL
	Km ²	m ²		Km	%	
Microbacia do Alto Ribeirão Tatu	27,48	27.480.000	6,73	0,4	R\$ 15.829.071,63	
Microbacia Córrego Barroca Funda	10,71	10.710.000	5,46	0,53	R\$ 8.174.351,99	
Microbacia Córrego do Varga	5,32	5.320.000	2,66	0,6	R\$ 4.596.713,84	
Microbacia Córrego do Granufo	11,39	11.390.000	5,44	0,4	R\$ 6.561.118,23	
Microbacia Córrego Vista Alegre	6,79	6.790.000	3,17	0,6	R\$ 5.866.838,67	
Microbacia Médio Ribeirão Tatu	21,08	21.080.000	5,91	0,3	R\$ 9.107.079,55	
Microbacia Baixo Ribeirão Tatu	28,31	28.310.000	6,9	0,2	R\$ 8.153.886,58	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.



1.2. META 3 - ELABORAR E ATUALIZAR A MODELAGEM HIDRÁULICA PARA OS DIFERENTES PONTOS DE INTERESSE E REDE DE MICRO E MACRODRENAGEM DO MUNICÍPIO.

Para o cálculo dos valores a serem investidos para essa meta foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = (E_{vp} \times C_m) \times 1000$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

E_{vp} = extensão total de vias públicas urbanas com pavimentação e meio fio, em Km;

C_m = custo da modelagem, em R\$/m.

Como referência para E_{vp} foi adotado a informação contida no SNIS "IE019 - Extensão total de vias públicas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante)", no valor de 1.205,71Km.

Como referência para E_{vp} foi adotado o valor contido na Tabela de Composições de Custos de Infraestrutura Urbana da Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras da cidade de São Paulo, "Código 31100 - ESTUDO HIDRÁULICO DE VIA SITUADA EM ÁREA, OBJETO DE ESTUDO HIDROLÓGICO", de R\$3,60/m, de julho de 2023.

$$I = (1.207,86\text{Km} \times \text{R}\$3,60/\text{m}) \times 1000$$

$$I = \text{R}\$4.348.296,00$$



2. OBJETIVO 2 - IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

2.1. META 1, ATIVIDADE 3 - REVISÃO DO PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCO

Para o cálculo do valor a ser investido para essa meta foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = \text{Pop} \times \text{Crp}$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

Pop = População de Limeira, em habitantes;

Crp = Custo da revisão do Plano, em R\$/hab;

O valor de Crp foi obtido a partir do Edital da Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola, FUNDAG, para a elaboração de “PLANOS MUNICIPAIS DE REDUÇÃO DE RISCOS (PMRRs) E PLANO INTEGRADO DE GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES NATURAIS DA UGRHI 02”, sendo adotado R\$1,77/hab.

$$I = 291.869\text{hab} \times \text{R}\$1,77/\text{hab}$$

$$I = \text{R}\$ 516.608,13$$

2.2. META 4 - IMPLEMENTAR O SISTEMA DE ALERTA E PREVISÃO DE INUNDAÇÕES

2.2.1. Atividade 1 - Aquisição de 11 sinalizadores luminosos

Como referência para o custo dos sinalizadores foi utilizada a tabela SINAPI de julho de 2023, código M0767 - Sinalizador a LED com bateria, com preço unitário de R\$190,28.



2.2.2. Atividade 2 - Aquisição de 3 estações fluviométricas e pluviométricas automáticas

Para a composição do custo dessa atividade, foi usado como referência o preço de venda da Estação Fluviométrica Automática Water Line 158090, em pesquisa de mercado com a empresa Clima e Ambiente Serviços Meteorológicos, em janeiro de 2024, no preço unitário de R\$19.750,00. Disponível em https://www.climaeambiente.com.br/prod,idproduto,5227264,estacao-meteorologica-estacao-fluviometrica-water-line---158090?utm_campaign=*&utm_term=&campaignid=20339380272&adgroupid=&targetid=&adid=&rnd=13608266212934444481&gad_source=1&gclid=EAlalQobChMlrNmX06rkgwMVbWFIAB3xUAAFEAAAYAiAAEglbkfD_BwE.

2.2.3. Coleta e interpretação dos dados. Modelagem matemática para previsão do tempo e avaliação de alerta.

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = (Cp \times 12) \times Aimp$$

Onde:

Cp = custo do profissional, em R\$/mês;

Aimp = anos de implementação.

Como referência para o valor de Cp foi utilizada a tabela SINAPI SP, 2023, código P9867 – Técnico Especializado, de R\$7856,6334/mês, já com os encargos sociais.

$$I = (R\$7856,6334/mês \times 12) \times 25$$
$$I = 2.356.990,02$$



2.3. META 5 – ELABORAR O PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM DRENAGEM

2.3.1. Atividade 1 - Programa de Atualização e Equalização do Conhecimento (PAEC)

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = Cc \times Ni$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

Cc = custo do curso, em R\$;

Ni = Numero de realizações do curso durante o tempo de implementação;

Como referência para Cc, foi utilizado valor de mercado orçado junto a empresas do ramo, como mostra as figuras x e x. Para Ni foi prevista a execução do curso a cada 2 anos, totalizando 14 realizações durante o tempo de implementação do Plano, sendo duas no curto prazo, duas no médio prazo e 10 no longo.

$$I = R\$30.000 \times 14 = R\$420.000,00$$

2.3.2. Atividade 2 – Programa de Especialização e Operacionalização

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = Cc \times Ni$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

Cc = custo do curso, em R\$;

Ni = Numero de realizações do curso durante o tempo de implementação;



Como referência para Cc, foi utilizado valor de mercado orçado junto a empresas do ramo, como mostra as Figuras 105, 106 e 107. Para Ni foi prevista a execução do todos os anos, totalizando 30 realizações durante o tempo de implementação do Plano.

$$I = R\$6.000 \times 30 = R\$180.000,00$$

2.3.3. Atividade 3 - Edição e publicação da cartilha de drenagem

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = Cc \times Ne \times Na$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

Cc = custo de impressão da cartilha, em R\$;

Ne = Numero de edições da cartilha durante o tempo de implementação do Plano;

Na = Número de alunos da rede municipal;

Como referência para Cc, foi utilizado valor de mercado orçado junto a empresas do ramo, como mostra a Figura 104. A cartilha será publicada em quatro edições, sendo uma no curto prazo, uma no médio e duas no longo prazo. Para o número de alunos da rede municipal foi adotado 35.000 alunos, valor obtido por meio do censo escolar do IBGE acrescido de um fator de segurança.

$$I = Cc \times Ne \times Na$$

$$I = 1,12 \times 4 \times 35.000$$

$$I = R\$156,800,00$$

Figura 104 - Orçamento para impressão da cartilha de drenagem.

The screenshot displays the Eskenazi Gráfica Online website interface. At the top, there is a navigation bar with the company logo, contact number (0800 531 7900), and a shopping cart icon showing 0 items for R\$0,00. Below the navigation bar, there are several menu items: Produtos, Quem somos, Ajuda, Prazo de entrega, and Como Enviar Sua Arte. The main content area is divided into two columns. The left column features a product image of a brochure and three icons: 'Baixe o gabarito deste produto', 'Dificuldades? Envie suas dúvidas!', and 'Consulte Prazo de entrega'. The right column contains a form for configuring the product, with the following options: 1- Quantidade: 35000; 2- Formato do Miolo (Páginas): 105x148mm (A6); 3- Papel CAPA: Cartão Triplex 300gr; 4- Cores CAPA: 4 cores Frente; 5- Orelha da CAPA: SEM ORELHA; 6- Acabamento CAPA: Laminação FOSCA FRENTE. To the right of the configuration form, there is a summary box showing 'Imprimir Orçamento' with a total value of R\$39.200,00 and a unit value of R\$1,12. Below the summary box, there is a note: 'Sua arte contém 2 arquivos? *' and a button 'Escolher arquivo' with the text 'Nenhum arquivo escolhido'. At the bottom right, there is an orange button 'Adicionar ao carrinho' and a note: 'Frete grátis para todo Brasil. Aproveite!' with a small truck icon. A footer note states: '*Prazo para a análise do arquivo é de 1 dia útil'.

Fonte: Eskenazi, 2024.

3. OBJETIVO 3 - IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

3.1. META 1 - ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS PARA ADEQUAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS 01, 03 E 05

Para calcular o investimento necessário para a realização da Meta 1 foram realizados orçamentos junto a empresas especializadas da área, como mostra a como mostra a Figura 105, Figura 106 e a Figura 107.

3.2. META 2 – REALIZAR O DESASSOREAMENTO E DRAGAGEM DO TRECHO DO RIBEIRÃO TATU A MONTANTE E A JUSANTE DO PONTO CRÍTICO 02.

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = Cd \times Vd$$

Onde:

I = investimento, em R\$;



C_d = custo da dragagem, em R\$/m³;

V_d = volume a ser dragado, em m³.

Como referência para C_d foi utilizado o valor contido na tabela SICRO, código 1917483 - Dragagem de areia fina com draga de sucção e recalque - bomba de 1.350 kW e cortador de 170 kW - distância de recalque de 1.100 a 1.300 m, de R\$4,12/m³.

$$I = 4,12 \times 1500$$

$$I = \text{R\$ } 6.180,00$$

3.3. META 3 - RECUPERAR 25% DAS ÁREAS DE APP DE MARGEM DE RIO.

3.3.1. Atividade 1 - Elaborar e executar Plano de Recuperação de Áreas Degradadas para as APPs das exutórias das microbacias do Médio Ribeirão Tatu e Granufo.

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = C_p + (C_e \times A_r)$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

C_p = custo de elaboração do PRAD, em R\$/ha; sendo 0,10($C_e \times A_r$);

C_e = custo de execução do PRAD, em R\$;

A_r = área a ser recuperada, em ha.

Como referência para C_e foi utilizado o valor contido na Portaria 118, de 03 de outubro de 2022, do IBAMA – PRAD em bioma mata atlântica, técnica de plantio de mudas sem nucleação, de R\$17.743,00/ha.

$$I = 0,10(17743,17 \times 6) + (17743,17 \times 6)$$

$$I = 10.645,9 + 106.459,02$$



$$I = R\$ 117.104,92$$

- 3.3.2. Atividade 2 - Elaboração de Plano de Recuperação de Área Degradada para a APP do Ribeirão Tatu no trecho da microbacia do Alto Ribeirão Tatu.

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = C_p$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

C_p = custo de elaboração do PRAD, em R\$/ha; sendo $0,10(C_e \times A_r)$;

C_e = custo de execução do PRAD, em R\$;

A_r = área a ser recuperada, em ha.

Como referência para C_e foi utilizado o valor contido na Portaria 118, de 03 de outubro de 2022, do IBAMA – PRAD em bioma mata atlântica, técnica de plantio de mudas sem nucleação, de R\$17.743,00/ha.

$$I = 0,10(17743,17 \times 25,8)$$

$$I = R\$ 45.777,37$$

- 3.4. META 4 - IMPLANTAR PROJETOS PILOTO DE DISPOSITIVOS RETENTORES DE SÓLIDOS NAS BOCAS COLETORAS

- 3.4.1. Atividade 1 - Testar os dispositivos de retenção de sólidos nas bocas coletoras da Vila Queiroz, Jardim São Paulo, Jardim Santa Cecília, Jardim São Luiz, Jardim Glória, Vila Camargo e Vila Paulista

Para calcular o investimento necessário para a realização da Meta 1 foram realizados orçamentos junto a empresas especializadas da área,



- 3.4.2. Meta 5 - Elaboração de estudos e projetos para adequação e implantação dos dispositivos de microdrenagem em 25% dos bairros que ainda não dispõe de GAP.

Para calcular o investimento necessário para a realização da Meta 1 foram realizados orçamentos junto a empresas especializadas da área, como mostra a Figura 105, Figura 106 e a Figura 107.

- 3.5. META 6 - IMPLEMENTAR 25% DOS DISPOSITIVOS DE AMORTECIMENTO NAS MICROBACIAS CRÍTICAS

- 3.5.1. Atividade 1 - Implementação de 25% dos dispositivos de amortecimento na microbacia do Alto Ribeirão Tatu

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

Ab = área da microbacia, em m²;

An = área necessária para dispositivos, em %;

Hd = altura/profundidade média dos dispositivos, em m;

Cd = custo de implantação dos dispositivos, em R\$/m³;

Pi = porcentagem de implementação para o prazo, em %.

Como referência para An foi adotado o preconizado por Tucci (2003), como 3% da área total da bacia. Para Hd, foi adotado 1,5m (Wanielista e Yousef, 1993) e para Cd foi adotado o valor relatado por Moura (2004) corrigido pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo, IPCA, de R\$81,82.



$$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$$

$$I = 27480000 \times 0,03 \times 1,5 \times 81,82 \times 0,25$$

$$I = R\$25.294.653,00$$

3.6. META 7 - RECUPERAR 50% DAS ÁREAS DE APP

3.6.1. Atividade 1 - Execução de Plano de Recuperação de Área Degradada para a APP do Ribeirão Tatu no trecho da microbacia do Alto Ribeirão Tatu

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = Ce \times Ar$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

Ce = custo de execução do PRAD, em R\$/ha;

Ar = área a ser recuperada, em ha.

Como referência para Ce foi utilizado o valor contido na Portaria 118, de 03 de outubro de 2022, do IBAMA – PRAD em bioma mata atlântica, técnica de plantio de mudas sem nucleação, de R\$17.743,00/ha.

$$I = (17743,17 \times 25,8)$$

$$I = R\$ 457.773,786$$



3.7. META 9 - IMPLEMENTAR 50% DOS DISPOSITIVOS DE AMORTECIMENTO NAS BACIAS CRÍTICAS

3.7.1. Atividade 1 – Implementação de 25% dos dispositivos de amortecimento nas microbacias Barroca Funda e Varga

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

Ab = área da microbacia, em m²;

An = área necessária para dispositivos, em %;

Hd = altura/profundidade média dos dispositivos, em m;

Cd = custo de implantação dos dispositivos, em R\$/m³;

Pi = porcentagem de implementação para o prazo, em %.

Como referência para An foi adotado o preconizado por Tucci (2003), como 3% da área total da bacia. Para Hd, foi adotado 1,5m (Wanielista e Yousef, 1993) e para Cd foi adotado o valor relatado por Moura (2004) corrigido pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo, IPCA, de R\$81,82.

- Barroca Funda

$$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$$
$$I = 10710000 \times 0,03 \times 1,5 \times 81,82 \times 0,25$$
$$I = R\$9.858.287,25$$



- Varga

$$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$$
$$I = 5320000 \times 0,03 \times 1,5 \times 81,82 \times 0,25$$
$$I = R\$4.896.927$$
$$I_{total} = R\$9.858.287,25 + R\$4.896.927$$
$$I_{total} = R\$14.755.214,25$$

3.7.2. Atividade 2 - Implementação de mais 25% dos dispositivos de amortecimento na microbacia Alto do Ribeirão Tatu

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

Ab = área da microbacia, em m²;

An = área necessária para dispositivos, em %;

Hd = altura/profundidade média dos dispositivos, em m;

Cd = custo de implantação dos dispositivos, em R\$/m³;

Pi = porcentagem de implementação para o prazo, em %.

Como referência para An foi adotado o preconizado por Tucci (2003), como 3% da área total da bacia. Para Hd, foi adotado 1,5m (Wanielista e Yousef, 1993) e para Cd foi adotado o valor relatado por Moura (2004) corrigido pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo, IPCA, de R\$81,82.

$$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$$
$$I = 27480000 \times 0,03 \times 1,5 \times 81,82 \times 0,25$$
$$I = R\$25.294.653,00$$



3.8. META 10 - IMPLEMENTAR 90% DOS DISPOSITIVOS DE AMORTECIMENTO NAS BACIAS CRÍTICAS

3.8.1. Atividade 1 - Implementação de mais 50% dos dispositivos de amortecimento na microbacia Alto do Ribeirão Tatu

$$I = Ab \times An \times Hd \times Cd \times Pi$$
$$I = 27480000 \times 0,03 \times 1,5 \times 81,82 \times 0,5$$
$$I = R\$50.589.306,00$$

3.9. META 11 - RECUPERAR 75% DAS ÁREAS DE APP

3.9.1. Atividade 1 – Elaborar e executar Plano de Recuperação de Áreas Degradadas para a APP do Ribeirão Tatu no trecho da microbacia do Médio Ribeirão Tatu.

Para o cálculo do valor a ser investido para essa atividade foi utilizada a fórmula a seguir:

$$I = Cp + (Ce \times Ar)$$

Onde:

I = investimento, em R\$;

Cp = custo de elaboração do PRAD, em R\$/ha; sendo $0,10(Ce \times Ar)$;

Ce = custo de execução do PRAD, em R\$;

Ar = área a ser recuperada, em ha.

Como referência para Ce foi utilizado o valor contido na Portaria 118, de 03 de outubro de 2022, do IBAMA – PRAD em bioma mata atlântica, técnica de plantio de mudas sem nucleação, de R\$17.743,00/ha.

$$I = 0,10(17743,17 \times 16,4) + (17743,17 \times 16,4)$$
$$I = 29.098,52 + 290.985,2$$
$$I = R\$320.083,72$$



nos bairros que ainda não possuem GAP;

- 2.6 - Execução de treinamento e especialização para equipe operacional de programa de manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem urbana municipal;
- 2.7 - Execução de treinamento de equipe técnica e gestora para atualização e equalização do conhecimento sobre drenagem urbana municipal;
- 2.8 - Emissão de Anotação de Responsabilidade Técnica – ART.

3. PRAZOS E VALORES:

No valor para a realização dos serviços já estão inclusas despesas decorrentes de viagens, vistoria técnica, conforme planilhas de execução descritas abaixo:

Item	Material/Serviço	Und.	Quant.	R\$ Unitário	R\$ Total
2	Elaboração de Estudo e Projeto Executivo de medida estrutural de drenagem urbana (para tres pontos)	Und.	3	R\$ 100.000,00	R\$ 300.000,00
2	Elaboração Estudo econômico de taxa de drenagem urbana municipal	Und.	1	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00
2	Elaboração de Estudo de medidas estruturais e adequação de micro e macrodrenagem nos bairros que ainda não possuem GAP	Und.	1	R\$ 600.000,00	R\$ 600.000,00
2	Execução de treinamento e especialização para equipe operacional de programa de manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem urbana municipal (Por Curso)	Und.	1	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00
2	Execução de treinamento de equipe técnica e gestora para atualização e equalização do conhecimento sobre drenagem urbana municipal (Por Curso)	Und.	1	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00

VALOR TOTAL DA PRPOSTA: R\$ 986.000,00

4. PRAZO DE INÍCIO E EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

- Após aprovação desta proposta comercial, o prazo para início dos serviços é de até 15 (quinze) dias uteis, onde será agendada vistoria técnica nas áreas;
- A conclusão dos serviços será de até 08 (oito) meses.

5. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

- Para início dos trabalhos o SOLICITANTE deverá pagar uma entrada de 20% do valor total da proposta – R\$ 197.200,00 (cento e noventa e sete mil e duzentos reais) e o restante poderá ser dividido em 07 parcelas de igual valor R\$ 112.685,71 (cento e doze mil e seiscentos e oitenta e cinco reais e setenta e um centavos).

- ****Ja esta incluso no valor da proposta a emissão de Nota Fiscal.**



6. PRAZO DE VALIDADE DA PROPOSTA

Esta proposta tem validade de 30 dias.

7. INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Não fazem parte do escopo desta proposta, todo e qualquer serviço que não esteja explicitamente especificado neste documento.

8. CONCORDÂNCIA

Caso considere aprovada a presente proposta, solicita-se a devolução de uma via por e-mail aos cuidados de Gabriel Agoado pelo correio eletrônico (contato@n2ambiental.com) com o respectivo "De Acordo", ficando a Proposta, neste caso, aprovada como instrumento contratual.



Ribeirão Preto/SP, 29 de janeiro de 2024.

GABRIEL AGOADO

Engenheiro Ambiental Esp. em Gestão de Recursos Hídricos e
Gerenciamento de Áreas Contaminadas
CREA-SP 5070301993



Figura 106 – Orçamento de empresa especializada.

CNPJ: 23.146.943/0001-22	
	ENGENHARIA GESTÃO DE CIDADES ESTUDOS AMBIENTAIS GEOTECNOLOGIA
	PC – 013/2024
<u>PROPOSTA COMERCIAL 013 – 25/01/2024</u>	
SOLICITANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE LIMEIRA ENDEREÇO: Rua Prefeito Dr. Alberto Ferreira, nº 179 Bairro: Centro Cidade: Limeira/SP Contato: Fone: (19) 3404-9600	
PROPONENTE: LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES ENDEREÇO: CNPJ: 23.146.943/0001-22 Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210. CEP 14.020-250 – Ribeirão Preto/SP www.liderengenharia.eng.br	
OBJETIVO DA PROPOSTA <p>Esta proposta visa a elaboração de estudo e projeto executivo de medida estrutural de drenagem urbana em três pontos estratégicos, incluindo estudo econômico de taxa de drenagem urbana municipal. Também contempla a análise de medidas estruturais e a adequação de micro e macrodrenagem em bairros sem o devido sistema de Gerenciamento de Águas Pluviais (GAP). Adicionalmente, propõe treinamentos para a equipe operacional responsável pela manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem urbana, bem como capacitação técnica e gerencial para a equipe da Prefeitura Municipal de Limeira/SP, visando atualização e equalização do conhecimento sobre drenagem urbana municipal.</p>	
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS PRESTADOS Os serviços abrangem diversas atividades para enfrentar os desafios mencionados:	
<ul style="list-style-type: none">• Visitas in loco• Elaboração de Estudo de medida estrutural de drenagem urbana (para três pontos)• Projeto Executivo de medida estrutural de drenagem urbana (para três pontos)	
	



CNPJ: 23.146.943/0001-22



ENGENHARIA | GESTÃO DE CIDADES | ESTUDOS AMBIENTAIS | GEOTECNOLOGIA

- Elaboração do Estudo econômico de taxa de drenagem urbana municipal
- Elaboração de Estudo de medidas estruturais e adequação de micro e macrodrenagem em áreas sem GAP
- Execução de treinamento e especialização para equipe operacional de programa de manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem urbana municipal
- Execução de treinamento de equipe técnica e gestora para atualização e equalização do conhecimento sobre drenagem urbana municipal
- Emissão de Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

PRAZOS E VALORES

O investimento proposto para a realização dos serviços, contemplando despesas relacionadas a viagens e vistorias técnicas, está detalhado a seguir:

Item	Material/Serviço	Und.	Quant.	R\$ Unitário	R\$ Total
1	Elaboração de Estudo e Projeto Executivo de medida estrutural de drenagem urbana (para três pontos)	Und.	3	R\$ 120.000,00	R\$ 360.000,00
2	Elaboração Estudo econômico de taxa de drenagem urbana municipal	Und.	1	R\$ 62.500,00	R\$ 62.500,00
3	Elaboração de Estudo de medidas estruturais e adequação de micro e macrodrenagem nos bairros sem GAP	Und.	1	R\$ 750.000,00	R\$ 750.000,00
4	Execução de treinamento e especialização para equipe operacional de programa de manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem urbana municipal (Por Curso)	Und.	1	R\$ 7.500,00	R\$ 7.500,00
5	Execução de treinamento de equipe técnica e gestora para atualização e equalização do conhecimento sobre drenagem urbana municipal (Por Curso)	Und.	1	R\$ 37.500,00	R\$ 37.500,00





CNPJ: 23.146.943/0001-22



LÍDER
ENGENHARIA E
GESTÃO DE CIDADES

ENGENHARIA | GESTÃO DE CIDADES | ESTUDOS AMBIENTAIS | GEOTECNOLOGIA

VALOR TOTAL DA PROPOSTA: R\$ 1.217.500,00

PRAZO DE INÍCIO E EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

- Após a aprovação da proposta, iniciaremos os serviços em até 15 dias úteis, incluindo agendamento de vistoria técnica.
- A conclusão dos serviços está prevista para o prazo de 18 meses.

CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

- Para o início dos trabalhos, solicitamos um pagamento inicial de 20% do valor total da proposta, equivalente a R\$ 243.500,00.
- O restante pode ser dividido em 7 parcelas iguais de R\$ 132.500,00.

PRAZO DE VALIDADE DA PROPOSTA

Esta proposta é válida por 30 dias.

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Esta proposta inclui exclusivamente os serviços explicitamente especificados neste documento. Quaisquer outros serviços não mencionados não fazem parte do escopo desta proposta.


Robson Ricardo Resende
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 099639-2
(43) 9631-6699 / (16) 3325-5590



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.



Figura 107 – Orçamento de empresa especializada.



PC 1262024

PROPOSTA COMERCIAL

SOLICITANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE LIMEIRA
ENDEREÇO: Rua Prefeito Dr. Alberto Ferreira, nº 179
Bairro: Centro Cidade: Limeira/SP **Contato:** Fone: (19) 3404-9600

PROPONENTE: FUNGOS SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS
CNPJ: 35.684.571/0001-77 **Endereço:** Rua Orlando Rochetti, 58 – Centro – Tambaú/SP
Fone: (16) 98244-6882 **E-mail para contato:** fungosconsultoria@gmail.com

1. OBJETIVO DA PROPOSTA

Esta proposta comercial tem como objetivo conduzir a elaboração de estudo e projeto executivo para medida estrutural de drenagem urbana em três locais estratégicos, acompanhado de um estudo econômico sobre a taxa de drenagem urbana municipal. Adicionalmente, abrange a análise de medidas estruturais e a adequação de micro e macrodrenagem em bairros que ainda careçam de um sistema de Galerias de Águas Pluviais (GAP). A proposta também inclui treinamentos destinados à equipe operacional responsável pela manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem urbana municipal, bem como para a equipe técnica e gestora da Prefeitura Municipal de Limeira/SP, visando a atualização e nivelamento do conhecimento sobre drenagem urbana municipal.

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS PRESTADOS

Os serviços propostos englobam uma variedade de atividades para enfrentar os desafios mencionados:

- Visitas in loco
- Elaboração de Estudo de medida estrutural de drenagem urbana (para três pontos)
- Projeto Executivo de medida estrutural de drenagem urbana (para três pontos)
- Elaboração do Estudo econômico de taxa de drenagem urbana municipal
- Elaboração de Estudo de medidas estruturais e adequação de micro e macrodrenagem em áreas sem Galerias de Águas Pluviais (GAP)
- Execução de treinamento e especialização para equipe operacional de programa de manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem urbana municipal
- Execução de treinamento de equipe técnica e gestora para atualização e equalização do conhecimento sobre drenagem urbana municipal
- Emissão de Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

PRAZOS E VALORES

O investimento proposto para a realização dos serviços, incluindo despesas relacionadas a viagens e vistorias técnicas, está detalhado a seguir:



PC 1262024

Item	Material/Serviço	Und	Quant	R\$ Unitário	R\$ Total
1	Elaboração de Estudo e Projeto Executivo de medida estrutural de drenagem urbana (para três pontos)	Und.	3	R\$ 135.000,00	R\$ 405.000,00
2	Elaboração Estudo econômico de taxa de drenagem urbana municipal	Und.	1	R\$ 66.875,00	R\$ 66.875,00
3	Elaboração de Estudo de medidas estruturais e adequação de micro e macrodrenagem nos bairros sem GAP	Und.	1	R\$ 810.000,00	R\$ 810.000,00
4	Execução de treinamento e especialização para equipe operacional de programa de manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem urbana municipal (Por Curso)	Und.	1	R\$ 8.100,00	R\$ R\$ 8.100,00
5	Execução de treinamento de equipe técnica e gestora para atualização e equalização do conhecimento sobre drenagem urbana municipal (Por Curso)	Und.	1	R\$ 41.625,00	R\$ 41.625,00

VALOR TOTAL DA PROPOSTA R\$ 1.332.600,00

PRAZO DE INÍCIO E EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

- Após a aprovação da proposta, iniciaremos os serviços em até 15 dias úteis, incluindo agendamento de vistoria técnica.
- A conclusão dos serviços está prevista para o prazo de 12 meses.

CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

- Para o início dos trabalhos, solicitamos um pagamento inicial de 20% do valor total da proposta, equivalente a R\$ 266.520,00.
- O restante pode ser dividido em 11 parcelas iguais de R\$ 108.145,46.
-

PRAZO DE VALIDADE DA PROPOSTA

Esta proposta é válida por 30 dias.



PC 1282024

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Esta proposta inclui exclusivamente os serviços explicitamente especificados neste documento. Quaisquer outros serviços não mencionados não fazem parte do escopo desta proposta.

Tambaú, 29 de janeiro de 2024

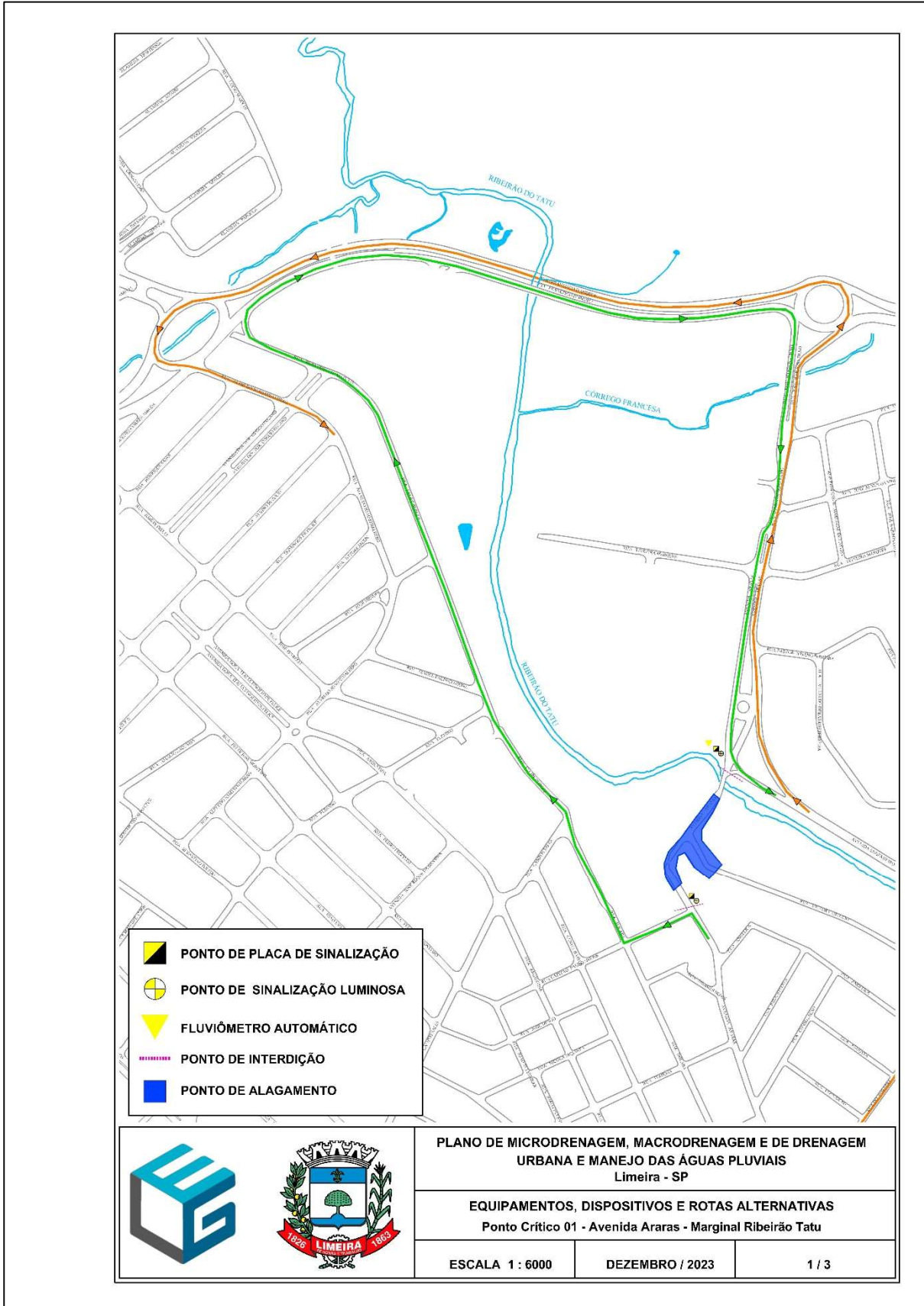


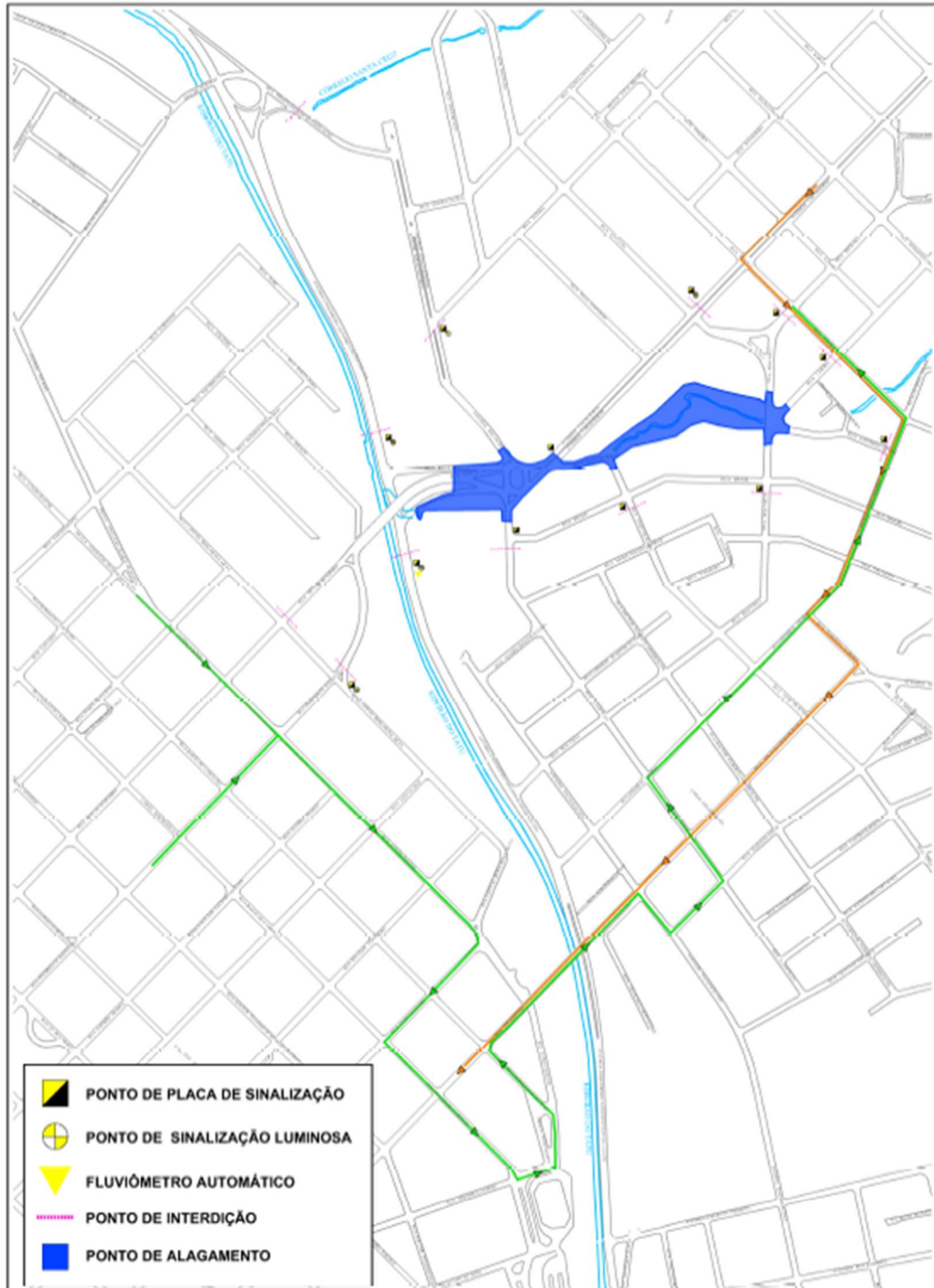
Guilherme Ribeiro Nogueira
Responsável Técnico
Engenheiro Ambiental
CREA 5070630877 - SP

Fonte: Fungos Soluções Sustentáveis, 2024.



ANEXO 2 – ROTAS ALTERNATIVAS





PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM
URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
Limeira - SP

EQUIPAMENTOS, DISPOSITIVOS E ROTAS ALTERNATIVAS
Ponto Crítico 02 - Rua Antônio Lucato - Córrego Granja Machado

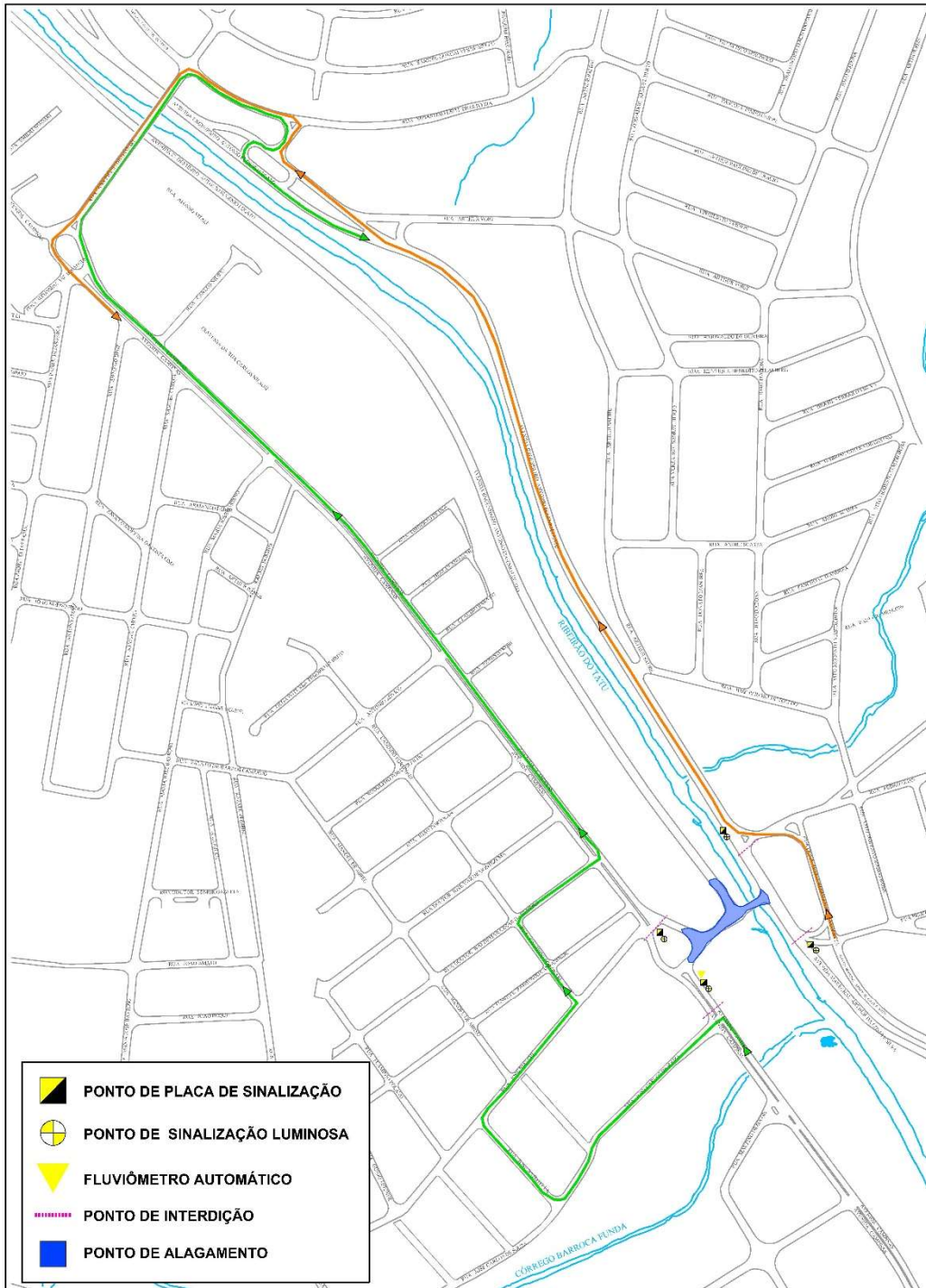
ESCALA 1 : 7000

DEZEMBRO / 2023

2 / 3



PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM
URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
Limeira - SP



PLANO DE MICRODRENAGEM, MACRODRENAGEM E DE DRENAGEM
URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
Limeira - SP

EQUIPAMENTOS, DISPOSITIVOS E ROTAS ALTERNATIVAS
Ponto Crítico 05 - Avenidas Campinas (Ponte Preta) - Marginal Ribeirão Tatu

ESCALA 1 : 6000

DEZEMBRO / 2023

3 / 3