



PREFEITURA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

PDDMAP

**PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E
MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

ETAPA 1 – DRENAGEM URBANA

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

2021



PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS – PDDMAP

ETAPA 1 – DRENAGEM URBANA

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

PREFEITO

Felício Ramuth

VICE-PREFEITO

Anderson Farias Ferreira

SECRETARIA DE GESTÃO HABITACIONAL E OBRAS – SGHO

Departamento de Obras Públicas – DOP

SECRETÁRIO

Arq. Gláucio Lamarca Rocha

SECRETARIA DE URBANISMO E SUSTENTABILIDADE – SEURBS

Departamento de Gestão Ambiental – DGA

Departamento de Planejamento Urbano e Rural – DPUR

Departamento de Projetos Urbanísticos – DPU

Departamento de Obras Particulares – DPO

SECRETÁRIO

Eng. Agr. Marcelo Pereira Manara

CORPO TÉCNICO

SGHO – ESTUDO DE PARAMETRIZAÇÃO

Eng. Civil Pedro Salgado de Araújo - SGHO/DOP

Eng. Civil Geraldo Augusto Pinto Nantes - SGHO/DOP

Eng. Civil Alessandra Maciel Marcondes - SGHO/DOP

Eng. Civil William Reis Tavares - SGHO/DOP

Eng. Civil Filipe Alódio de Sousa - SGHO/DOP

Eng. Civil Benedito Roberto A. Santos - SGHO/DOP/DI

ESTUDOS DE MICRODRENAGEM

Eng. Civil Victor David S. de Barros, MSc. - VDBARROS ENGENHARIA

ESTUDOS DE MACRODRENAGEM

Eng. Civil Marcelo M. D. Verçosa - VM ENGENHARIA

Eng. Civil/Amb. Bruno C. Verçosa - VM ENGENHARIA

Eng. Eletr./Amb. Raphael Machado - VM ENGENHARIA

Rodrigo R. dos Reais - VM ENGENHARIA

Eng. Civil Heloísa K. Verçosa - VM ENGENHARIA

Michelle Ryter - VM ENGENHARIA

Eng. Civil Helena K. Verçosa - VM ENGENHARIA

Jéssica P. Marini - VM ENGENHARIA

Eng. Amb. Arthur N. Fendrich - VM ENGENHARIA

SEURBS – INTEGRAÇÃO COM DESENVOLVIMENTO URBANO

Arq. Bruna Azevedo Leite - SEURBS/DPUR

Eng. Agr. Oswaldo Vieira - SEURBS/DPUR

Arq. Carolina Abrahão - SEURBS/DPUR

Arq. Paulo Henrique Caon - SEURBS/DPUR

Eng. Agr. Denison Queiroz - SEURBS/DGA

Eng. Amb. Rodrigo Romanini - SEURBS/DGA

Eng. Agr. Juarez Vasconcelos - SEURBS/DGA

Eng. Civil Rodolfo Venâncio - SEURBS/DOP

Eng. Amb. Lívia Corrêa - SEURBS/DGA

Eng. Civil Victor Pioltine - SEURBS/DPUR

Eng. Amb. Maiara Resende - SEURBS/DPUR

COLABORAÇÃO

Arq. Priscilla Natalie M. de A. Barros - VDBARROS ENGENHARIA



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: UGRHI-02 - Paraíba do Sul.....	6
Figura 2: Estrutura Administrativa	8
Figura 3: Sistema Institucional de Gestão de Águas Pluviais	10
Figura 4: Esquema a maquete educativa do Programa Revitalização de Nascentes que representa os impactos da urbanização no ciclo hidrológico	12
Figura 5: Evolução da Gestão das Águas Urbanas	14
Figura 6: Evolução da população em São José dos Campos.	21
Figura 7: Distribuição da população de acordo com regiões.....	22
Figura 8: Divisão oficial das zonas urbana/rural e distritos municipais.....	23
Figura 9: Mapa 06 - Macrodrenagem - PDDI 2006.....	25
Figura 10: Mapa 07- Parques Urbanos - PDDI 2006	26
Figura 11: Evolução Urbana 2006-2017	27
Figura 12: Criticidade da Drenagem.....	29
Figura 13: Situação dos Núcleos Urbanos Informais Regularizados e Irregulares	30
Figura 14: Esquema da Estrutura do PDDI 2018.....	31
Figura 15: Macrozoneamento Urbano do PDDI 2018	32
Figura 16: ECO-PEV Urbanova.....	41
Figura 17: Nascente PRN 10 - Rua Lira - Jardim Satélite: (a) Imagem Google Earth – set/2008; (b) Foto in loco – 2006; (a) Imagem Google Earth – abr/2019; (b) Foto in loco – 2017	43
Figura 18: Macrozoneamento Urbano do PDDI 2018	47
Figura 19: Propriedades com CAR (a) Reserva Legal em amarelo (b) APP em verde.....	49
Figura 20: Delimitação das bacias hidrográficas dos principais cursos d'água	51
Figura 21: Mapa de localização dos pontos identificados com problema	52
Figura 22: Síntese dos Cenários Futuros Tendencial e Proposto das Áreas Suscetíveis a Inundação, sem medidas as obras de intervenção e com as obras de intervenção, respectivamente.....	60
Figura 23: Obras de intervenção propostas no sistema de macrodrenagem – Travessias e Canalizações Abertas	63
Figura 24: Obras de intervenção propostas no sistema de macrodrenagem – Barramentos e Reservatórios Urbanos.....	64
Figura 25: Anexo XVIII – Parâmetros para o Ajardinamento e o Espaço Árvore em Calçadas.	67
Figura 26: Mapa das Áreas Suscetíveis a Inundação	68
Figura 27: Integração das Áreas Suscetíveis a Inundação as Unidades de Conservação e aos Parques Urbanos	70
Figura 28: Integração das Áreas Suscetíveis a Inundação as Áreas Urbanas de Interesse Ambiental e a Área de Recarga de Aquífero	71
Figura 29: Integração das Áreas Suscetíveis a Inundação às Áreas de Risco do PMRR	72
Figura 30: Integração das Áreas Suscetíveis a Inundação aos Núcleos urbanos informais	73
Figura 31: Técnicas Compensatórias incentivadas por meio do Fator de Sustentabilidade da Outorga Onerosa do Direito de Construir (LC 612/2018) e da Área Sustentável (LC 623/2019)	75
Figura 32: Representação da declividade da linha de energia.....	80
Figura 33: Localização dos postos das estações pluviométricas em São José dos Campos	82
Figura 34: Representação gráfica do tempo de duração da chuva	83
Figura 35: Composição das seções de escoamento de uma sarjeta	91
Figura 36: Fator de redução da capacidade teórica da sarjeta	91
Figura 37: Modelo de grelha de ferro fundido. Padrão PMSP (Ref. Fuminas - GR.135)	94
Figura 38: Representação da variação da altura da lâmina d'água em tubulações.....	95
Figura 39: Diagrama de Forster e Skrinde para a determinação das variáveis y_3 e h	102
Figura 40: Diferença entre bocais reentrantes e externos	104
Figura 41: Diagrama de Moody para a determinação do coeficiente de atrito.....	108
Figura 42: Dispositivo de controle de fundo de seção retangular para controle em loteamentos	125
Figura 43: Dispositivo de controle de fundo de seção circular para controle em loteamentos.....	125
Figura 44: Fluxograma para análise de dispensa do reservatório de detenção	127
Figura 45: Dispositivo de controle de fundo de seção retangular para controle predial.....	137
Figura 46: Dispositivo de controle de fundo de seção circular para controle predial	138



LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Danos tangíveis e intangíveis causados pelas inundações urbanas	13
Quadro 2: Esquema geral dos sistemas de drenagem	15
Quadro 3: Processos e medidas para redução do escoamento superficial	18
Quadro 4: Relação dos Elementos Estruturadores de Desenvolvimento Urbano Sustentável e as Águas Pluviais	34
Quadro 5: Relação da LPOUS e as águas pluviais	36
Quadro 6: Quantitativo de resíduos coletados na rede de PEV	40
Quadro 7: Síntese do grau de risco dos setores classificados e o respectivo número de moradias existentes.	44
Quadro 8: Medidas não-estruturais para Gestão de Risco de Desastres do PMRR.....	44
Quadro 9: Descritivo da localização dos pontos identificados	53
Quadro 10: Criticidade dos problemas e possíveis causas diagnosticadas	54
Quadro 11: Impacto atual da urbanização obtido a partir de simulação hidráulico-hidrológica	57
Quadro 12: Plano de Ação da Macro drenagem	61
Quadro 13: Obras de intervenção propostas no sistema de macro drenagem – Travessias	63
Quadro 14: Obras de intervenção propostas no sistema de macro drenagem – Canalizações Abertas	64
Quadro 15: Obras de intervenção propostas no sistema de macro drenagem – Barramentos e Reservatórios Urbanos	64
Quadro 16: Itens apresentados nos memoriais para estudos de Área Suscetível a Inundação	77
Quadro 17: Itens apresentados nas plantas para estudos de Área Suscetível a Inundação.....	77
Quadro 18: Coeficientes de rugosidade de Manning (Porto, 1995)	79
Quadro 19: Postos das estações pluviométricas utilizados pelo município de São José dos Campos.....	81
Quadro 20: Parâmetros relativos ao ajuste da equação de IDF	82
Quadro 21: Período de retorno para obras em sistemas de macro drenagem	87
Quadro 22: Coeficiente de composição para escoamento superficial	88
Quadro 23: Coeficiente de predominância de escoamento superficial	88
Quadro 24: Fator de correção dos coeficientes de escoamento	89
Quadro 25: Coeficiente de conversão de unidades (k) do Método Racional	90
Quadro 26: Peso específico para diferentes tipos de solo	97
Quadro 27: Cargas móveis para trem tipo 45 (450 kN/m)	97
Quadro 28: Parâmetros da equação proposta para a determinação das cargas do Quadro 27	98
Quadro 29: Fator de equivalência para embasamento de tubulações	98
Quadro 30: Carga mínima sobre tubulações de concreto para a formação de trincas	99
Quadro 31: Parâmetros para a determinação do tipo de bacia de amortecimento	101
Quadro 32: Determinação da metodologia aplicada às estruturas de controle de fundo	103
Quadro 33: Coeficientes de descarga para diferentes tipos de dispositivos	105
Quadro 34: Coeficientes de rugosidade “e” em mm para a fórmula Universal	107
Quadro 35: Diâmetros internos de tubos de PVC	109
Quadro 36: Valor de coeficiente de rugosidade da fórmula de Hazen-Williams.....	110
Quadro 37: Coeficiente de perda de carga localizada	111
Quadro 38: Determinação da metodologia aplicada às estruturas de controle de superfície	111
Quadro 39: Itens apresentados nos memoriais para projetos de drenagem em loteamento	114
Quadro 40: Itens apresentados nas plantas para projetos de drenagem em loteamento.....	115
Quadro 41: Inundação admissível do leito carroçável	117
Quadro 42: Distância máxima entre poços de visita	120
Quadro 43: Itens apresentados nos memoriais para projetos de drenagem predial.....	129
Quadro 44: Itens apresentados nas plantas para projetos de drenagem predial	129
Quadro 45: Diagrama funcional das atividades de operação, manutenção e fiscalização.....	151
Quadro 46: Atividades fundamentais do plano operacional das estruturas de drenagem	152
Quadro 47: Rotina e frequência para inspeção das estruturas de drenagem	153
Quadro 48: Rotina e frequência para manutenção preventiva das estruturas de drenagem	153
Quadro 49: Rotina e frequência para manutenção corretiva das estruturas de drenagem.....	154
Quadro 50: Procedimentos para fiscalização dos serviços desenvolvidos	154



SIGLAS E ABREVIATURAS

1 ACI	Áreas de Controle à Impermeabilização
2 ADE	Áreas de Desenvolvimento Estratégico
3 ANA	Agência Nacional de Água
4 APA	Áreas de Proteção Ambiental
5 APP	Áreas de Preservação Permanente
6 BMP	<i>Stormwater Best Management Practices</i> ou Melhores Práticas de Gestão de Águas Pluviais
7 CAR	Cadastro Ambiental Rural
8 CBH-PS	Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul
9 CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
10 CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
11 CMSB	Conselho Municipal de Saneamento Básico
12 CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
13 CPEU	Centro de Pesquisas Urbanísticas
14 CTA	Centro Técnico Aeroespacial
15 DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
16 DICA	Divisão de Controle Ambiental
17 DFO	Divisão de Fiscalização de Obras
18 DRF	Departamento de Regularização Fundiária
19 EEDUS	Elementos Estruturadores de Desenvolvimento Urbano Sustentável
20 FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
21 FUMCAM	Fundo Municipal de Conservação Ambiental
22 GARD	Grupo de Análise de Riscos Difusos
23 ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
24 IDF	Intensidade, Duração e Frequência
25 INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
26 IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
27 ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
28 LID	<i>Low Impact Development</i> ou Desenvolvimento de Baixo Impacto
29 LPUOS	Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo
30 MC	Macrozona de Consolidação
31 MDR	Ministério de Desenvolvimento Regional
32 ME	Macrozona de Estruturação
33 MOC	Macrozona de Ocupação Controlada
34 NUPDEC	Núcleos de Proteção e Defesa Civil
35 PDDI	Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado
36 PDDMAP	Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais
37 PEU	Plano de Estruturação Urbana
38 PEV	Ponto de Entrega Voluntária
39 PlanMob	Plano Municipal de Mobilidade Urbana
40 PMAU	Plano Municipal de Arborização Urbana
41 PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
42 PMMAeC	Plano Municipal de Mata Atlântica e Cerrado
43 PMRR	Plano Municipal de Redução de Riscos
44 PMSB	Política Municipal de Saneamento Básico
45 PNA	Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima
46 PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
47 PNSB	Política Nacional do Saneamento Básico
48 PRN	Programa Revitalização de Nascentes
49 PSA	Programa de Pagamentos por Serviços Ambientais
50 RCC	Resíduos da Construção Civil
51 SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
52 SBN	Soluções Baseadas na Natureza
53 SGHO	Secretaria de Gestão Habitacional e Obras
54 SISPREC	Sistema de Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul



55 SiCAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
56 SMC	Secretaria de Manutenção da Cidade
57 SEPAC	Secretaria de Proteção ao Cidadão
58 SEURBS	Secretaria de Urbanismo e Sustentabilidade
59 SIMISA	Sistema Municipal de Informações em Saneamento Básico
60 SUDS	<i>Sustainable Urban Drainage System</i> ou Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável
61 UC	Unidades de Conservação
62 USP	Universidade de São Paulo
63 UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
64 ZDCA	Zona de Domínio de Curso D'água
65 WSUD	Water Sensitive Urban Design ou Projeto Urbano Sensível à Água



CONVENÇÕES DOS PARÂMETROS DE CÁLCULO

1 ACR	Eq. (73) (81)	Área de Compensação pelo Reservatório
2 ALD		Área de Lançamento Direto
3 ALR		Área de Lançamento ao Reservatório
4 ASI		Área Suscetível a Inundação
5 ATT		Área do Total do Terreno
6 AUO	Eq. (74) (79)	Área Útil Ocupável
7 AVP		Área Verde considerada Permeável
8 CCE		Coefficiente de Controle limitado a Empreendimentos em lotes
9 CCL		Coefficiente de Controle limitado a empreendimentos em loteamentos ou glebas
10 CPE	Eq. (14)	Coefficiente Ponderado de Escoamento
11 QCE	Eq. (80)	Vazão de Controle de deságue limitada a Empreendimentos em lotes
12 QCL	Eq. (72)	Vazão de Controle de deságue limitada a empreendimentos em Loteamentos ou glebas
13 QDE	Eq. (83)	Vazão de lançamento Direto limitada a Empreendimentos em lotes
14 QRE	Eq. (84)	Vazão máxima de descarga do Reservatório limitada a Empreendimentos em lotes
15 QRL		Vazão máxima de descarga do Reservatório limitada a empreend. em Loteamentos ou glebas
16 TAP	Eq. (78)	Taxa de Área Permeável
17 TDE	Eq. (5)	Tempo de Duração da chuva crítica limitado a Empreendimentos em lotes
18 TDL	Eq. (4)	Tempo de Duração da chuva crítica limitado a empreendimentos em Loteamentos ou glebas
19 VDE	Eq. (85)	Volume útil de Detenção limitado a Empreendimentos em lotes
20 VDL	Eq. (75)	Volume útil de Detenção limitado a empreendimentos em Loteamentos ou glebas



TERMINOLOGIAS

Alagamento	Acúmulo momentâneo de águas em determinadas áreas pequenas por deficiência do sistema de drenagem.
Altura pluviométrica	Altura acumulada da chuva de um período observado ou de estudo.
Águas fluviais	Águas provenientes do escoamento de base.
Águas pluviais	Águas provenientes de precipitação.
Afluentes	Curso d'água que flui para outro curso d'água.
Área drenada	Espaço geográfico com estruturas de drenagem.
Assoreamento	Acúmulo de sedimentos, como areia, solo, lodos, na calha de um curso d'água.
Bacia hidrográfica	Espaço geográfico cujo escoamento superficial converge para seu interior.
Barramento	Maciço de terra ou enrocamento que intercepta a seção transversal de um curso d'água, alterando as condições naturais do escoamento.
Cheia	Mesmo que enchente.
Calha ou leito menor	Canal principal de um córrego ou rio.
Curso d'água	Local por onde escoam águas pluviais e águas fluviais, podendo ser caracterizado como talvegue intermitente, córrego ou rio.
Coefficiente de deflúvio	Mesmo que coeficiente de escoamento superficial.
Coefficiente de escoamento superficial	Grandeza que representa a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado.
Coefficiente de runoff	Mesmo que coeficiente de escoamento superficial.
Córrego	Curso d'água permanente por onde escoam águas fluviais e pluviais.
Divisor de água	Limite topográfico formado por uma linha contínua de todos os pontos de maior altitude local, que delimita as bacias hidrográficas.
Dragagem	Retirada de areia ou lodo do fundo de cursos d'água.
Enchente	Elevação natural do nível d'água de um córrego ou rio devido ao aumento de vazão, atingindo a cota máxima de sua calha, sem extravasar.
Enrocamento	Barramento formado a partir de um conjunto de bloco de pedra ou material similar dispostos sobre outros.
Escoamento de base	Parte da vazão de um córrego ou rio que não provém diretamente da precipitação, mas sim de águas subterrâneas.
Enxurrada	Escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte.
Exutório	Local de mais baixa altitude de uma bacia hidrográfica para onde convergem todos os escoamentos superficiais de seu interior.
Foz	Local do término de um curso d'água, podendo desembocar em um outro curso d'água, lago ou mar.
Gabião	Estrutura armada com malha de fios de aço galvanizado, encontrada no formato de caixa, colchão e sacos, preenchida por processo manual e com pedra do tipo rachão de granulometria uniforme. É utilizada para obras de estabilização de taludes e obras hidráulicas que requerem, principalmente, as características de flexibilidade e de permeabilidade (drenante).
Hidrograma	Gráfico que mostra a variação da vazão no do tempo, para determinado ponto de estudo de uma bacia hidrográfica ou área drenada.
Hidrologia	Ciência que estuda as variações e o comportamentos do ciclo hidrológico. Este estudo é imprescindível para a previsão das vazões e hidrogramas de projeto, necessário para o dimensionamento hidráulico das estruturas de drenagem.
Interflúvio	Mesmo que divisor de água.
Inundação	Transbordamento das águas do leito menor de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea. Sua causa pode ser proveniente de chuvas de elevada intensidade e duração, rompimento de barragens, acidentes de operação de comportas, atrofimento do canal devido a implantação de travessias ou até mesmo o seu bloqueio acidental, causado por poluição, desprendimento de árvores ou assoreamento.
Isoieta	Linhas em um mapa, num plano horizontal, que representam a precipitação acumulada, projetada para um determinado período de retorno.
Jusante	Ponto de um curso d'água ou sistema de drenagem que fica altimetricamente abaixo do ponto de estudo.
Intervenção em APP	APP é a abreviação de Área de Preservação Permanente. Toda obra de drenagem cuja qual se faz necessária a intervenção nessas áreas deve ser licenciada em órgão ambiental, não somente a faixa onde será implantada a estrutura projetada, mas também as faixas destinadas para o acesso e execução da obra. No estado de São Paulo, o órgão público responsável pelo licenciamento das intervenções em APP é a Cetesb.
Leito maior	Compreende a planície de inundação e várzeas de um córrego ou rio.



Macrodrenagem	Trata-se do sistema de drenagem natural, pré-existente à urbanização, constituído por córregos e rios e que pode receber obras que o modifica e que o complementa, como canalizações, travessias, barragens e diques.
Mata ciliar	Vegetação que margeia os cursos d'água, situando-se em solos úmidos ou até mesmo encharcados e sujeitos às inundações periódicas.
Meio-fio	Elemento destinado a separar a faixa de rolamento da faixa de passeio. A cota altimétrica do meio-fio se dá na crista do elemento de separação. Em meio-fio do tipo guia de concreto, a cota altimétrica é obtida na parte superior da guia.
Microdrenagem	Trata-se do sistema de drenagem artificial, após à urbanização, constituído por estruturas de manejo de águas pluviais providas das áreas drenadas.
Montante	Ponto de um curso d'água ou sistema de drenagem que fica altimetricamente acima do ponto de estudo.
Outorga	Autorização ou cessão de direitos ao uso de um recurso hídrico para intervenções que provocam diretamente ou indiretamente a alteração na quantidade, na qualidade ou no regime dos mesmos. No estado de São Paulo, o órgão público responsável pela cessão desses direitos é o DAEE.
Período de retorno	Tempo médio, em anos, para que determinado evento hidrológico seja igualado ou superado.
Planície de inundação	Áreas, relativamente planas e adjacentes ao curso d'água, sujeitas à inundações periódicas.
Pedra marroada	Pedra bruta com diâmetro variável entre 10cm e 40cm assentada por processo manual de forma arrumada. São utilizadas para dissipar a energia da água em alas de lançamento. Devido à alta energia do escoamento nesses locais, as pedras são assentadas sobre camada de concreto. A pedra utilizada também é conhecida como pedra do tipo rachão ou pedra de mão.
Precipitação	Toda água proveniente da atmosfera que atinge a superfície terrestre.
Remanso	Água represada ou retardada no seu curso d'água natural. É representado pelo perfil longitudinal da superfície da água quando ela se eleva acima do nível normal do curso d'água, ocasionado pela presença de uma obstrução artificial ou natural.
Reservatório de detenção	Empregado para fins de controle de inundação e alagamento, geralmente, para períodos de armazenamento curtos.
Reservatório de retenção	Empregado para fins de redução de poluições difusas nas águas pluviais, implicando em períodos de armazenamento longos.
Talvegue	Linha formada pelos pontos mais baixos de um vale sobre o qual se forma um curso d'água. O talvegue pode ser caracterizado como intermitente quando nele escoam somente águas pluviais.
Tempo de concentração	Tempo necessário para que o escoamento superficial originado de precipitação chegue até o ponto de estudo de um curso d'água ou sistema de drenagem.
Travessia	Estrutura que permite a passagem de pessoas ou algo de uma margem à outra de um curso d'água, por meio de implantação de ponte, túnel, bueiro, cabo, conduto, entre outras.
Várzea	Área plana que se encontra próxima às margens de cursos d'água e que, periodicamente, é inundada pelo transbordamento do leito menor.
Vazão de pico	Vazão máxima em um determinado período de retorno que passa pelo ponto de estudo.
Vazão específica	Vazão por unidade de outra medida, geralmente, sendo área ou distância, expressa, por exemplo, l/s/m ² ou l/s/m, respectivamente.



PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

ETAPA 1 – DRENAGEM URBANA

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	2
1.1.1. ETAPA 1 – DRENAGEM URBANA	3
1.1.2. ETAPA 2 – MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS	4
1.2. ARCABOUÇO LEGAL	5
1.2.1. POLÍTICA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO	5
1.2.2. PLANO DE BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL	6
1.2.3. POLÍTICA MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO	7
1.3. ARCABOUÇO INSTITUCIONAL	8
2. CONCEITOS GERAIS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	11
2.1. O IMPACTO DA URBANIZAÇÃO NO CICLO HIDROLÓGICO	11
2.2. EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE DRENAGEM URBANA	13
2.2.1. SISTEMAS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	14
3. DESENVOLVIMENTO URBANO E AS ÁGUAS PLUVIAIS	20
3.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA OCUPAÇÃO URBANA	20
3.1.1. HISTÓRIA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	20
3.1.2. POPULAÇÃO	21
3.1.3. TERRITÓRIO	22
3.1.4. EVOLUÇÃO DO PLANEJAMENTO URBANO MUNICIPAL	23
3.2. LEGISLAÇÃO URBANA VIGENTE	27
3.2.1. DIAGNÓSTICO DE DESENVOLVIMENTO URBANO ATUAL	27
3.2.2. PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO 2018	30
3.2.2.1. MACROZONEAMENTO URBANO	31
3.2.2.2. ELEMENTOS ESTRUTURADOS DE DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL	33
3.2.2.3. REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA E URBANÍSTICA	35
3.2.3. INTERFACE COM OUTRAS POLÍTICAS PÚBLICAS MUNICIPAIS	36
3.2.3.1. LEI DE PARCELAMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	36
3.2.3.2. GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E PEV	40
3.2.3.3. PROGRAMA DE REVITALIZAÇÃO DE NASCENTES URBANAS	42
3.2.3.4. PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCOS	43
3.2.3.5. DEFESA CIVIL – OPERAÇÃO VERÃO	45
3.2.3.6. POLÍTICAS PÚBLICAS NA ÁREA RURAL	46
3.2.3.7. PROGRAMA OBSERVA	49
4. DIAGNÓSTICO DA MACRODRENAGEM	51
4.1. BACIAS HIDROGRÁFICAS	51
4.2. AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM	52
4.3. MODELAGEM HIDRAULICO-HIDROLÓGICO	56
4.3.1. CENÁRIO ATUAL	56
4.3.2. CENÁRIO FUTURO	59



5. PLANO DE AÇÃO	61
5.1. MEDIDAS ESTRUTURAIS	61
5.1.1. INTERVENÇÕES NA MACRODRENAGEM	61
5.1.1.1. OBRAS DE INTERVENÇÃO	61
5.1.1.1.1. TRAVESSIAS E CANALIZAÇÕES ABERTAS	62
5.1.1.1.2. RESERVATÓRIOS URBANOS	64
5.1.1.2. PLANO DE DESASSOREAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUA	65
5.1.2. INTERVENÇÕES NA MICRODRENAGEM	66
5.1.2.1. SISTEMA DE MICRODRENAGEM	66
5.1.2.2. DETENÇÃO EM LOTEAMENTOS	66
5.1.2.3. CALÇADAS VERDES	66
5.1.3. INTERVENÇÕES NO LOTE	67
5.1.3.1. DETENÇÃO EM LOTES	67
5.2. MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS	67
5.2.1. ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO	67
5.2.1.1. PROTEÇÃO AMBIENTAL E REQUALIFICAÇÃO URBANÍSTICA	69
5.2.1.2. REDUÇÃO DE RISCO E REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA	71
5.2.2. LEGISLAÇÃO DE INCENTIVO ÀS TÉCNICAS COMPENSATORIAS	74
5.2.3. REVISÃO DA POLÍTICA MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO	76
6. DIRETRIZES DE DRENAGEM URBANA	77
6.1. ESTUDOS EM ÁREA SUSCETÍVEL A INUNDAÇÃO	77
6.1.1. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO	77
6.1.1.1. DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA	78
6.1.2. PARÂMETROS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO	78
6.1.2.1. VAZÃO DE PROJETO	78
6.1.2.2. COEFICIENTE EQUIVALENTE	79
6.1.2.3. REMANSO	80
6.2. DIRETRIZES GERAIS	81
6.2.1. HIDROLOGIA	81
6.2.1.1. INTENSIDADE DA CHUVA	81
6.2.1.2. TEMPO DE DURAÇÃO DA CHUVA	82
6.2.1.2.1. DURAÇÕES CRÍTICAS PARA RESERVATÓRIOS DE CONTROLE EM LOTEAMENTOS	84
6.2.1.2.2. DURAÇÕES CRÍTICAS PARA RESERVATÓRIOS DE CONTROLE EM lotes	84
6.2.1.3. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	84
6.2.1.3.1. CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE	85
6.2.1.3.2. MÉTODO CINEMÁTICO	86
6.2.1.4. PERÍODO DE RETORNO	86
6.2.1.5. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	88
6.2.1.6. VAZÃO DE PROJETO	89
6.2.2. HIDRÁULICA	90
6.2.2.1. SARJETA	90
6.2.2.2. BOCA COLETORA	92
6.2.2.2.1. BOCA COLETORA COM ENTRADA LATERAL	92
6.2.2.2.2. BOCA COLETORA COM GRELHA	93
6.2.2.3. GALERIA	94



6.2.2.3.1.	CAPACIDADE HIDRÁULICA.....	94
6.2.2.3.2.	CLASSE DA TUBULAÇÃO	96
6.2.2.4.	ALA DE LANÇAMENTO	99
6.2.2.4.1.	ESCADA HIDRÁULICA.....	100
6.2.2.4.2.	BACIA DE AMORTECIMENTO.....	100
6.2.2.5.	DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE VAZÃO	102
6.2.2.5.1.	ESTRUTURAS DE CONTROLE DE FUNDO	103
6.2.2.5.1.1.	ORIFÍCIO DE PEQUENA DIMENSÃO	103
6.2.2.5.1.2.	ORIFÍCIO DE GRANDE DIMENSÃO	103
6.2.2.5.1.3.	BOCAL.....	104
6.2.2.5.1.4.	TUBO MUITO CURTO.....	104
6.2.2.5.1.5.	COEFICIENTE DE DESCARGA CORRIGIDO	105
6.2.2.5.1.6.	COEFICIENTE DE DESCARGA PARA TUBO MUITO CURTO	106
6.2.2.5.2.	ESTRUTURAS DE CONTROLE POR BOMBEAMENTO	108
6.2.2.5.2.1.	VAZÃO DE RECALQUE	108
6.2.2.5.2.2.	DÍAMETRO DA TUBULAÇÃO	109
6.2.2.5.2.3.	ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL.....	109
6.2.2.5.3.	ESTRUTURAS DE CONTROLE DE SUPERFÍCIE	111
6.2.2.5.3.1.	VERTEDOIRO DE PAREDE DELGADA SEM CONTRAÇÃO	112
6.2.2.5.3.2.	VERTEDOIRO DE PAREDE ESPESSE SEM CONTRAÇÃO.....	112
6.2.2.5.3.3.	INFLUÊNCIA DAS CONTRAÇÕES.....	112
6.3.	PREVENÇÃO AO ASSOREAMENTO.....	113
6.4.	DRENAGEM EM LOTEAMENTOS.....	114
6.4.1.	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	114
6.4.1.1.	DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA	115
6.4.2.	INFORMAÇÕES GERAIS.....	116
6.4.3.	PARÂMETROS MÍNIMOS PARA IMPLANTAÇÃO DE ESTRUTURAS CLÁSSICAS	117
6.4.3.1.	SARJETAS	117
6.4.3.2.	BOCAS COLETORAS.....	118
6.4.3.3.	RAMAIS.....	118
6.4.3.4.	GALERIAS	118
6.4.3.5.	POÇOS DE VISITA	120
6.4.3.6.	ALAS DE LANÇAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL	120
6.4.4.	PARÂMETROS MÍNIMOS PARA IMPLANTAÇÃO DO RESERVATÓRIO	121
6.4.4.1.	ÁREA ÚTIL OCUPÁVEL.....	122
6.4.4.2.	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	122
6.4.4.3.	VAZÃO DE CONTROLE DE DESÁGUE EM LOTEAMENTO.....	122
6.4.5.	METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA O DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	122
6.4.5.1.	ÁREA DE COMPENSAÇÃO	123
6.4.5.2.	VAZÃO MÁXIMA DE DESCARGA DO DISPOSITIVO.....	123
6.4.5.3.	VOLUME DE DETENÇÃO	124
6.4.5.4.	CONTROLE DE FUNDO	124
6.4.5.4.1.	ORIFÍCIO DE SEÇÃO RETANGULAR	124
6.4.5.4.2.	ORIFÍCIO DE SEÇÃO CIRCULAR	125
6.4.5.5.	CONTROLE DE SUPERFÍCIE.....	126



6.5.	DRENAGEM EM LOTES	126
6.5.1.	DISPENSA DO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO	127
6.5.1.1.	DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA	128
6.5.2.	APRESENTAÇÃO DO PROJETO DO RESERVATÓRIO	129
6.5.2.1.	DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA	130
6.5.3.	PARÂMETROS MÍNIMOS PARA IMPLANTAÇÃO DO RESERVATÓRIO	130
6.5.3.1.	ÁREA ÚTIL OCUPÁVEL.....	130
6.5.3.2.	COEFICIENTE PONDERADO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	131
6.5.3.3.	VAZÃO DE CONTROLE DO DESÁGUE EM LOTE.....	132
6.5.4.	METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA O DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	132
6.5.4.1.	ÁREA DE COMPENSAÇÃO	133
6.5.4.2.	VAZÃO MÁXIMA DE DESCARGA DO DISPOSITIVO.....	134
6.5.4.3.	VOLUME DE DETENÇÃO	135
6.5.4.4.	CONTROLE DE FUNDO	136
6.5.4.4.1.	ORIFÍCIO DE SEÇÃO RETANGULAR	137
6.5.4.4.2.	ORIFÍCIO DE SEÇÃO CIRCULAR	138
6.5.4.5.	CONTROLE POR BOMBEAMENTO	139
6.6.	EXECUÇÃO DE OBRAS.....	144
6.6.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	144
6.6.2.	ESCAVAÇÃO DE VALA	144
6.6.3.	ASSENTAMENTO DE GALERIA.....	145
6.6.4.	ATERRO E REATERRO DE VALA	146
6.6.5.	ESCORAMENTOS.....	147
6.6.6.	ESGOTAMENTOS	147
6.6.7.	POÇOS DE VISITA	148
6.6.8.	BOCAS COLETORAS.....	149
6.6.9.	ESTRUTURAS DE GABIÃO.....	149
6.7.	PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS.....	150
6.7.1.	DIAGRAMA FUNCIONAL	151
6.7.2.	PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO.....	152
6.7.3.	PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO.....	153
6.7.4.	PROCEDIMENTOS DE FISCALIZAÇÃO	154
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156

Anexo 1: Mapa das Áreas Suscetíveis a Inundação

Anexo 2: Modelagem Hidráulico-Hidrológico



1. INTRODUÇÃO

Em 2014, a Prefeitura de São José dos Campos obteve recursos junto ao [FEHIDRO](#) para a elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem Urbana (Contrato nº 161/2014) com o objetivo de diagnosticar as causas das inundações e apresentar propostas de ações estruturais e não estruturais de controle de cheias. Assim, ao longo dos últimos anos, a Prefeitura, em especial a [SGHO](#), trabalhou no desenvolvimento de estudos e soluções técnicas para o sistema de macrodrenagem urbana.

Durante esse período, uma série de ações e mobilizações em diversas esferas e setores evidenciaram a necessidade de integrar ao planejamento da macrodrenagem urbana elementos relevantes das políticas de desenvolvimento urbano, em especial, do [PDDI](#).

Internacionalmente, os anos de 2015 e 2016 foram marcados por importantes compromissos globais como a Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável, o Acordo de Paris, o Marco de Sendai e a Nova Agenda Urbana. Em comum, evidenciam a necessidade de reverter processos equivocados de urbanização, de forma a tornar as cidades mais resilientes a desastres, que potencialmente são agravados pelas mudanças climáticas. Assim, as cidades passaram a ter papel central na mitigação e adaptação climática, uma vez que as áreas urbanas concentram grandes populações afetadas pelos eventos extremos.

No Brasil, a Portaria nº 150/2016 instituiu o [PNA](#), um dos instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009). O [PNA](#) traz estratégias de adaptação para diversos setores, entre as quais está a “Estratégia de Cidades”. Reconhecendo o papel de políticas de desenvolvimento urbano como meio mais efetivo para o desenvolvimento de resiliência e capacidade de adaptação, o Plano direciona os esforços para as medidas e ações de não arrependimento, inerentes ao processo de desenvolvimento urbano, que podem contribuir diretamente ou indiretamente para a redução da vulnerabilidade à mudança do clima. Dentre os esforços destaca-se a diretriz prioritária transcrita abaixo.

8. Fortalecer as ações de Drenagem Urbana Sustentável voltadas à redução das enchentes e inundações, considerando obras e serviços que visem à implementação de reservatórios de amortecimento de cheias, adequação de canais para a redução da velocidade de escoamento, sistemas de drenagem por infiltração, implantação de parques fluviais, recuperação de várzeas e renaturalização de fundos de vale, além de ações de caráter complementar. Tais ações de drenagem sustentável devem observar, sempre que possível, princípios de adaptação baseada em ecossistemas (AbE). (Portaria nº 150, de 10 de maio de 2016).

O [MDR](#) estabelece princípios de manejo sustentável das águas pluviais e orienta que os municípios desenvolvam um Plano de Manejo de Águas Pluviais como ferramenta de planejamento para implantação de soluções efetivas de baixo impacto. Entende-se que o Plano de um manejo sustentável é mais amplo e apropriado para o planejamento urbano, comparado à simples aplicação dos princípios que privilegiam soluções de reservação temporária e infiltração das águas pluviais. A abordagem



interdisciplinar e o planejamento da drenagem em conjunto com os demais sistemas de infraestrutura urbana são os princípios para o desenvolvimento urbano sustentável.

Nos últimos cinco anos, São José dos Campos desenvolveu uma série de planos setoriais, como [PlanMob](#) (2015), [PMAU](#) (2016), [PMGIRS](#) (2015), [PMRR](#) (2018), [PMMAeC](#) (2019), entre outros incluindo os que estão em fase de elaboração, como a Política de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas. No entanto, o [PDDI](#), instituído por meio da Lei nº 612, de 30 de novembro de 2018, integrou e consolidou diversos elementos dessas políticas, estabelecendo nesta década objetivos e diretrizes para o desenvolvimento urbano sustentável do município.

Por ser, a principal política de ordenamento territorial, sua relação com a drenagem urbana se estabelece através da regulamentação de ocupação do solo e do controle da expansão da urbanização e, sobretudo, as restrições sobre as Áreas Suscetíveis a Inundação, reduzindo riscos e vulnerabilidades. O [PDDI](#) tem a [LPUOS](#) como um dos seus principais instrumentos para implementação de suas diretrizes. Assim, em 09 de outubro de 2019, foi instituída a LC nº 623/2019, que estabeleceu as normas relativas ao parcelamento, uso e ocupação do solo, em consonância com o [PDDI](#).

1.1. PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Diante desse cenário, observou-se que os estudos e o planejamento do sistema de macrodrenagem se configuram como uma primeira etapa de uma política pública que deve ser mais sistêmica e integrada, ampliando assim o escopo para um [PDDMAP](#).

Seguindo as orientações do [MDR](#) de 2020, o [PDDMAP](#) deve ter como princípios:

- Abordagem interdisciplinar no diagnóstico e na solução dos problemas de inundação;
- Ser um componente do plano de desenvolvimento urbano da cidade, considerando a drenagem como uma infraestrutura urbana a ser planejada de forma integrada aos outros sistemas de infraestrutura urbana;
- Não ampliar o escoamento superficial pela ocupação da bacia, fazendo com que cada empreendimento urbano tenha medidas de controle para que a cheia natural não aumente;
- Ter como unidade de planejamento cada bacia hidrográfica do município, evitando que a medida de controle proposta para cada bacia seja transferida para outra bacia e caso ocorra, o impacto deve ser mitigado;
- Ser integrado ao sistema de saneamento ambiental, propondo medidas de controle de material sólido e redução da carga poluidora das águas pluviais;
- Regularizar a ocupação do território por meio de controle das áreas de expansão e limitação do adensamento das áreas ocupadas, considerando a bacia hidrográfica; e
- Ter o controle de inundações como um processo permanente, não limitado à regulamentação, legislação e construção de obras de proteção, incluindo ações de controle e fiscalização das medidas propostas.



O **PDDMAP** deve estabelecer medidas de controle estruturais e não estruturais visando atingir os seguintes objetivos básicos:

- Reduzir os prejuízos decorrentes das inundações;
- Melhorar as condições de saúde da população e do meio ambiente urbano, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais;
- Planejar os mecanismos de gestão urbana para o manejo sustentável das águas pluviais e da rede hidrográfica do município;
- Planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de evolução da ocupação urbana;
- Ordenar a ocupação das áreas de risco de inundação por meio de regulamentação;
- Restituir parcialmente o ciclo hidrológico natural, reduzindo ou mitigando os impactos da urbanização; e
- Formatar um programa de investimentos.

Dessa forma, são conceituadas as duas etapas que deverão compor o **PDDMAP**.

1.1.1. ETAPA 1 – DRENAGEM URBANA

A Etapa 1 – Drenagem Urbana tem como objetivo criar mecanismos de gestão de infraestrutura urbana relacionados com o escoamento das águas pluviais e dos rios em áreas urbanas da cidade, visando planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço e considerando a tendência de ocupação urbana. Desta forma, compatibiliza o desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais. Dentre os principais mecanismos para atingir essa meta, cita-se o controle ambiental, o esgotamento sanitário, a disposição de material sólido e tráfego, a não ampliação do escoamento natural nos eventos de chuvas, o controle da drenagem urbana para não transferência de impactos, a minimização do impacto ambiental no escoamento pluvial, o gerenciamento preventivo das consequências econômicas e sociais futuras e a utilização de medidas estruturais e não estruturais para o controle das cheias.

Assim, a Etapa 1 – Drenagem Urbana do **PDDMAP** consolida os principais mecanismos e instrumentos para planejar e gerir os sistemas de drenagem urbana do município. Este instrumento de planejamento é composto por critérios e parâmetros estabelecidos pela equipe técnica da gestão pública municipal, pelos estudos de adaptação da infraestrutura urbana da microdrenagem, desenvolvidos pela VDBARROS Engenharia e Consultoria, e pelos estudos da macrodrenagem da área urbana do município, desenvolvidos pela VM Engenharia de Recursos Hídricos.

De forma a orientar a ocupação do solo, são fixados parâmetros, diretrizes e orientações para os sistemas da microdrenagem, bem como são apontados os atuais e possíveis problemas no âmbito da macrodrenagem e suas respectivas soluções, contemplando: o mapeamento de áreas suscetíveis à ocorrência de inundações; o estabelecimento de medidas de intervenções necessárias para prevenção e mitigação dos impactos identificados; e o planejamento das ações mitigadoras, objetivando reduzir



progressivamente a frequência, a intensidade e a gravidade das ocorrências de inundações e alagamentos.

Nesse sentido, ressalta-se a relevância dos estudos hidráulico-hidrológicos desenvolvidos nessa Etapa para se estabelecer um novo regramento de ordenamento territorial através das Áreas Suscetíveis a Inundação, conforme prevê o art. nº 147 que determina o caráter transitório do Anexo XVI – Mapa – ZDCA. Essa Etapa fornece ainda um planejamento de obras de intervenção de macrodrenagem, em especial os reservatórios de amortecimento de cheias, que permitirá o ordenamento das ações das administrações municipais.

1.1.2. ETAPA 2 – MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS

A Etapa 2 – Manejo Sustentável de Águas Pluviais do PDDMAP tem como objetivo principal ampliar o conhecimento local para a aplicação de técnicas compensatórias que priorizam o controle do escoamento superficial ao longo da bacia hidrográfica, implantando SBN para a redução do escoamento superficial, proporcionado por meios de maior infiltração de água no solo que, conseqüentemente, elevará o processo de evapotranspiração. A implantação dessas medidas permitirá o aperfeiçoamento das normas e diretrizes locais, bem como agregará cobenefícios à população.

Em face aos impactos do processo de urbanização que promovem grandes transformações na paisagem urbana, a Etapa 2 – Manejo Sustentável de Águas Pluviais justifica-se pela oportunidade de regenerar os sistemas urbanos para que esses sejam capazes de responder de forma eficiente aos desafios das cidades no século XXI, em especial à adaptação às mudanças climáticas. Nesse sentido, as SBN, nas quais se incluem as infraestruturas verde-azul, são uma das principais estratégias para se estabelecer cidades sustentáveis e resilientes, resultando em melhor qualidade de vida e bem-estar, contribuindo para a coesão social e redução da desigualdade urbana (HERZOG *et al.*, 2019).

No entanto, reconhece-se que ainda que haja avanços no emprego das técnicas compensatórias no Brasil, observa-se a priorização pelo amortecimento de vazão de pico por meio de reservatórios nas diversas escalas. As novas tendências e inovações no manejo sustentável são bem difundidas e estudadas pela academia (MIGUEZ *et al.*, 2016; HERZOG *et al.*, 2019), mas ainda enfrentam barreiras em sua implantação, impostas pelo meio técnico-profissional.

Assim, para que seja possível transformar o investimento em infraestrutura verde e azul em uma alternativa inteligente para a cidade, se faz necessário ampliar o nível de conhecimento e capacidade dos atores locais em conceber, executar e manter tais infraestruturas, bem como no engajamento da população para que conheçam e aprendam a valorizar essas novas soluções no ambiente urbano (HERZOG *et al.*, 2019).

Nesse sentido, ressalta-se o posicionamento de Miguel *et al.* (2016) que defende que a “evolução dos conceitos é um processo contínuo de adaptações e busca uma articulação maior, que permita a sustentabilidade das soluções propostas em um contexto técnico-econômico-social-legal-institucional”.



Assim, deve-se privilegiar a visão integrada das soluções tradicionais às inovadoras, a qual considere as peculiaridades de cada bacia e seu processo de ocupação, a fim de usufruir da vocação e da potencialidade de cada uma dessas tecnologias. Portanto, não deve haver dicotomia ou antagonismo nas abordagens. A sustentabilidade no sistema de drenagem e de manejo de águas pluviais possui um caráter integrador que permite avaliar a melhor forma de reorganizar os fluxos hídricos, como o do escoamento na bacia, utilizando-se de todos os recursos técnicos disponíveis.

Uma grande oportunidade a ser explorada na Etapa 2 – Manejo Sustentável de Águas Pluviais, por exemplo, é a concepção urbanística e ambientais das grandes intervenções de macrodrenagem diagnosticadas como imprescindíveis pela Etapa 1 do Plano. A concepção de parques urbanos e espaços de lazer e cultura junto aos grandes reservatórios urbanos, tornando-os paisagens multifuncionais, são tidas como uma das principais estratégias para minimização de impactos desse tipo de intervenção no ambiente urbano, agregando valor e função social.

1.2. ARCABOUÇO LEGAL

1.2.1. POLÍTICA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO

A Constituição da República Federativa de 1988 institui o Poder Público Municipal responsável pela política urbana. A política urbana, conforme estabelecido no Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001), é responsável pela regularização do uso da propriedade urbana, estabelecendo diretrizes de ordenação e de controle do uso do solo, de forma a evitar a exposição da população a riscos de desastres e o uso excessivo ou inadequado da infraestrutura urbana.

De acordo com o art. nº 8º da Lei Federal nº 11.445/2007, alterada pela Lei nº 14.026/2020, que constitui a **PNSB**, os municípios exercem titularidade dos serviços públicos de saneamento básico, podendo haver atuação conjunta do Estado e Municípios que compartilham efetivamente instalações operacionais integrantes de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões mediante interesse comum e por meio de consórcio público ou convênio de cooperação.

Ao titular do serviço compete formular a política pública de saneamento básico que inclui a elaboração dos planos de saneamento básico, prestando os serviços ou concedendo sua prestação, devendo observar obrigatoriedade de estruturas que mitigam impactos à saúde e ao ambiente e que promovem a ordenação do saneamento básico.

Conforme definido pela Lei, dentre os elementos que compõem o serviço de saneamento está a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, que é definida como:

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas 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, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes; (Lei Federal nº 11.445/2007).

Para o conhecimento dos deveres e das obrigações quanto ao manejo das águas pluviais em terrenos de terceiros, deve-se observar, também, os artigos dispostos no Capítulo V do Título III do Livro III do Novo Código Civil, Lei nº 10.406, de janeiro de 2002; e dos artigos dispostos no Título V do Livro II do Código de Águas, Decreto nº 24.643, de julho de 1934.

1.2.2. PLANO DE BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL

A **PNRH** instituída pela Lei Federal nº 9.433/1997, objetiva, prevenir e defender contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes de uso inadequado dos recursos naturais; incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais, entre outros objetivos relacionados a conservação e uso racional da água.

O município de São José dos Campos está inserido na **UGRHI-02**, que inclui a porção paulista da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, conforme mostra a **Figura 1**. Compete ao **CBH-PS** definir diretrizes e aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica, um dos instrumentos previsto na **PNRH**.

Municípios da UGRHI 02

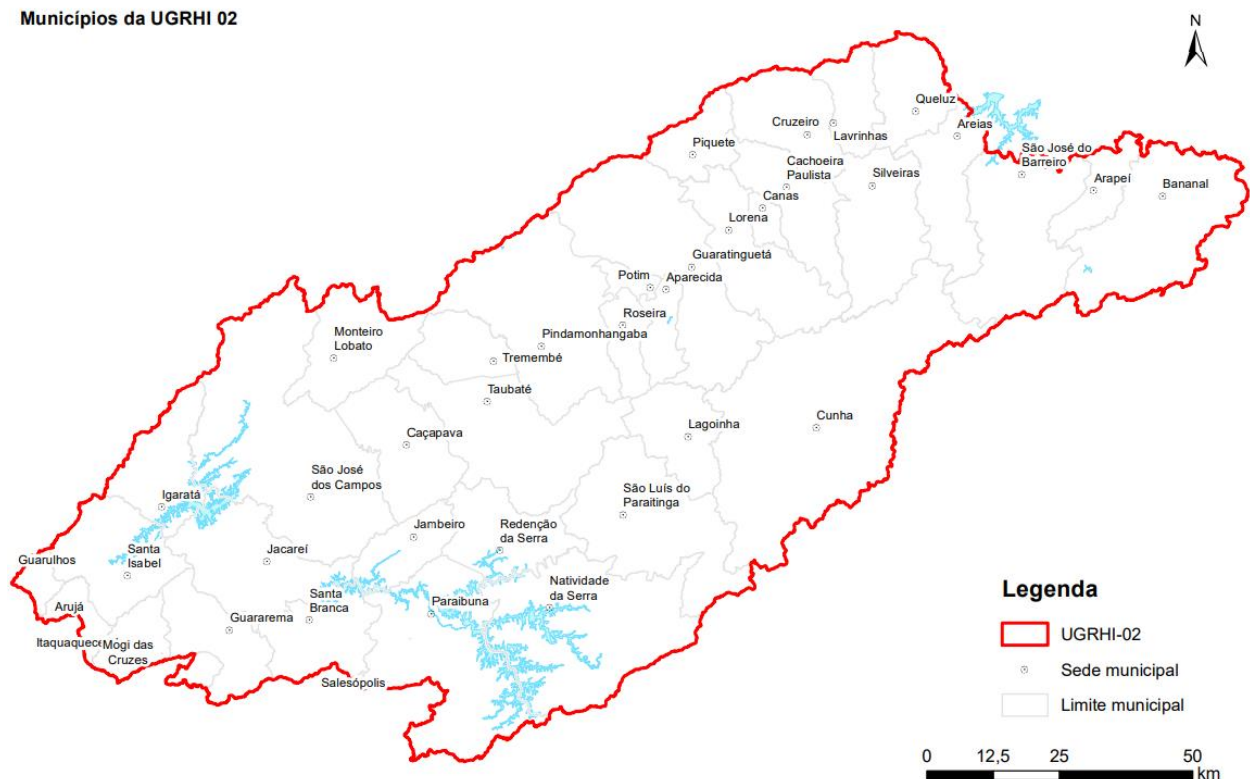


Figura 1: UGRHI-02 - Paraíba do Sul

Fonte: Plano de Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul 2016-2019 (CPH-PS, 2017)



Embora reconheça a importância da drenagem e do manejo de águas pluviais urbanas, o Plano de Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul 2016-2019, em vigor até a sua revisão, conforme Deliberação [CBH-PS 016/2019](#), aponta para a carência de informações sistematizadas de um diagnóstico mais amplo sobre o tema, necessitando assim de aprofundamentos. Entretanto, o Comitê tem incentivado a elaboração de planos municipais através da disponibilização de recursos do [FEHIDRO](#) e, como meta até 2027, busca financiar ações, projetos e obras previstas nos planos municipais de drenagem.

1.2.3. POLÍTICA MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

Com base na Lei Federal nº 11.445/2007 que estabeleceu diretrizes nacionais da política federal de saneamento básico, o município instituiu por meio da Lei Complementar nº 357/2008, a PMSB, tratando esse dispositivo de serviços e ações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais.

Dentre os princípios básicos da [PMSB](#), destaca-se a disponibilidade de serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado. Além da necessidade de articulação com políticas de desenvolvimento urbano e regional de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção de saúde e outras de relevante interesse social.

O Plano de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas é um dos três planos setoriais que compõe o Plano Municipal de Saneamento Básico, sendo este plano um dos instrumentos da [PMSB](#). Ainda que alguns instrumentos sejam mais direcionados ao estabelecimento de regimentos e gestão de contratos de prestação aplicáveis, sobretudo aos serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, é importante destacar o papel do [CMSB](#), sendo este um dos mecanismos de controle social, e do [SIMISA](#).

O Decreto Municipal nº 15. 210/2012 homologou o Plano Municipal de Saneamento Básico de São José dos Campos. Essa primeira versão contemplou os três planos setoriais de sistemas de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, drenagem e manejo e águas pluviais e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Posteriormente, em 2015, visando cumprir a Política Nacional de Resíduos de Sólidos, estabelecida pela Lei Federal nº 12.305/2010, foi elaborado um plano setorial específico para a temática, definido como Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, estabelecido pelo Decreto nº 16.762/2015.

Os serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário são prestados pela [SABESP](#), por meio do Contrato de Programa nº 157/08, cuja vigência é de 2008 a 2038 e prevê um volume



de investimento na ordem de R\$ 534 milhões, com incremento de ligações de água e esgoto de 94% e 86% (dados de 2007), respectivamente, atingindo o índice de cobertura de 99% em ambos os casos.

Nesse sentido, o presente documento compõe o Plano Setorial de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais. De acordo com o [PMSB](#), os serviços públicos de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas são compostos pela drenagem urbana, o transporte de águas pluviais, a detenção e retenção para o amortecimento de vazões de cheias, além do tratamento e disposição final.

1.3. ARCABOUÇO INSTITUCIONAL

A atual estrutura administrativa da Prefeitura de São José dos Campos estabelecida pela Lei Complementar nº 9495/2017, é constituída por 13 Secretarias e o Gabinete do Prefeito, conforme mostra a [Figura 2](#).



Figura 2: Estrutura Administrativa

A drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas possuem interfaces diversas políticas públicas municipais. Porém, é possível observar que algumas Secretarias possuem atribuições mais diretamente relacionadas ao tema, tais como:

- Secretaria de Urbanismo e Sustentabilidade (SEURBS)** a qual compete estudar, planejar, supervisionar, desenvolver, implantar e avaliar planos, programas e projetos de planejamento



territorial urbano e rural do Município; coordenar a fiscalização de obras, posturas, e ambiental; e controlar o patrimônio imobiliário e Sala do Empreendedor.

Na **SEURBS**, ao Departamento de Planejamento Urbano e Rural compete coordenar, desenvolver, implantar planos, programas e projetos de planejamento urbano e rural e o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município; ao Departamento de Projetos Urbanísticos compete estudar, planejar, supervisionar, implantar e desenvolver e avaliar projetos de requalificação urbana, projetos de geoprocessamento; ao Departamento de Obras Particulares compete gerir todas as atividades relacionadas a projetos de construção, reforma e ampliação de obras particulares, fiscalizar loteamentos aprovados em sua implantação, obras particulares quanto ao licenciamento e atuar para fiscalizar e monitorar a não ocupação de áreas públicas; ao Departamento de Gestão Ambiental compete coordenar e executar e fazer executar, na esfera da competência municipal, a Política Nacional de Meio Ambiente e as diretrizes governamentais fixadas para o Meio Ambiente.

- b) **Secretaria de Gestão Habitacional e Obras (SGHO)** a qual compete: gerir a política habitacional e os assuntos referentes a obras públicas do município, propondo projetos a serem executados.

Na **SGHO**, à Divisão de Infraestrutura do Departamento de Obras Públicas compete chefiar, organizar, coordenar, fiscalizar e aprovar projetos de infraestrutura em área particular ou não que estão vinculados aos dispositivos públicos, de estruturas de drenagem pública de águas pluviais e de novos loteamentos, dragagem e desassoreamento de rios, córregos e canais; implantação de pontes e de obras de arte.

- c) **Secretaria de Manutenção da Cidade (SMC)** a qual compete planejar, elaborar, coordenar e executar obras, planos e programas de serviços e a manutenção geral em todo o Município.

Na **SMC**, à Divisão de Pavimentação do Departamento de Operações compete supervisionar, vistoriar e analisar serviços referentes à manutenção de guias e sarjetas, redes de drenagem, pavimentos, calçadas e passeios públicos; fiscalizar a execução dos trabalhos desenvolvidos por empresas contratadas; ao Departamento de Serviços Regionais da Secretaria de Manutenção da Cidade ao qual compete planejar e coordenar a execução das atividades de manutenção e conservação de vias, logradouros e próprios municipais, realizadas pelas Administrações Regionais e Subprefeituras, em suas áreas de abrangência.

- d) **Secretaria de Proteção ao Cidadão (SEPAO)** a qual compete coordenar as políticas públicas na área de segurança, competindo-lhe também comandar a Guarda Civil Municipal e controlar e executar as funções administrativas e operacionais dentro da sua área de atuação.



Na **SEPAC**, à Divisão de Defesa Civil compete a gestão de riscos de desastres e a gestão de desastres, trabalhando preventivamente no monitoramento das áreas de risco do Município através da integração com órgãos dos Governos Estadual e Federal.

Sendo assim, de forma sintética, conforme mostra a **Figura 3**, é possível observar que a **SEURBS** tem o enfoque no planejamento ordenamento territorial, atuando tanto na aprovação de projetos de loteamento e de empreendimentos, quanto em sua fiscalização e monitoramento, além da elaboração de projetos urbanísticos de áreas públicas. A **SGHO**, por sua vez, possui o corpo técnico competente para a análise específica dos projetos de infraestrutura e de drenagem de águas pluviais, além de propor projetos de obras públicas. Já a **SMC** tem sua atuação mais associada à operacionalização dos sistemas públicos implantados, realizando assim sua manutenção e conservação. Por fim, a **SEPAC** atua diretamente na minimização de riscos associadas a inundações, tanto na prevenção quanto no atendimento às emergências, sobretudo em eventos externos e desastres.

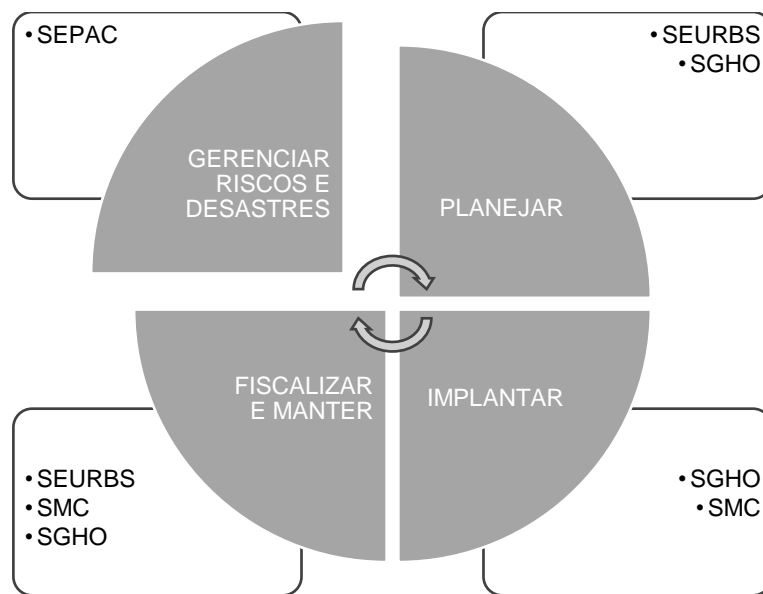


Figura 3: Sistema Institucional de Gestão de Águas Pluviais



2. CONCEITOS GERAIS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

2.1. O IMPACTO DA URBANIZAÇÃO NO CICLO HIDROLÓGICO

Historicamente, as cidades se estabelecem em locais onde há condições mais favoráveis para a permanência de populações, sendo relevantes diversos fatores ambientais, como relevo, hidrografia, clima, como também fatores históricos, socioeconômicos e tecnológicos. Com isso, relevos planos, em especial planícies aluviais, e locais próximos a recursos hídricos como rios e lagos, eram favoráveis ao desenvolvimento urbano, pois forneciam água potável, solo fértil para agricultura, recurso pesqueiro, além de facilidade de transporte pelas vias de navegação hídricas.

Num ambiente natural, pré-urbanização, o ciclo hidrológico ocorre de forma equilibrada e harmônica, no qual elemento da bacia hidrográfica tem sua função estabelecida, como os bosques que atenuam o escoamento da chuva nas encostas e as matas ciliares que protegem as margens dos rios de processos erosivos. O ambiente natural é mais favorável ao processo de infiltração que reduz as vazões de escoamento e garante a manutenção das vazões de base dos cursos d'água. Estabelece-se, assim, uma intrínseca relação entre a qualidade e quantidade de água disponível numa bacia hidrográfica, dada pelo balanço dos escoamentos superficiais, subsuperficiais e subterrâneos (MIGUEZ *et al.*, 2016).

Em um processo de urbanização, em geral, a primeira ação é a remoção de cobertura vegetal, o que já produz uma série de impactos no ciclo hidrológico. Além da perda de umidade do ar pela redução da evapotranspiração, a remoção da vegetação expõe o solo a processos erosivos. O solo exposto sofre maior compactação com as chuvas, reduzindo sua capacidade natural de infiltração, agravada pela falta dos “canais” de infiltração anteriormente existentes devido ao sistema radicular da vegetação.

Na sequência, de forma simplificada, as terraplenagens promovem alterações topográficas que eliminam áreas naturais de retenção de água, a movimentação de terra altera as características do solo, o solo exposto fica mais suscetível ao carreamento e, conseqüentemente, assoreia os canais naturais de drenagem e por fim, a implantação de vias e edificações impermeabilizam o solo. Como conseqüência, há uma grande perda da capacidade de infiltração e retenção e, com isso, um aumento significativo do escoamento superficial, conforme mostra o esquema da [Figura 4](#).

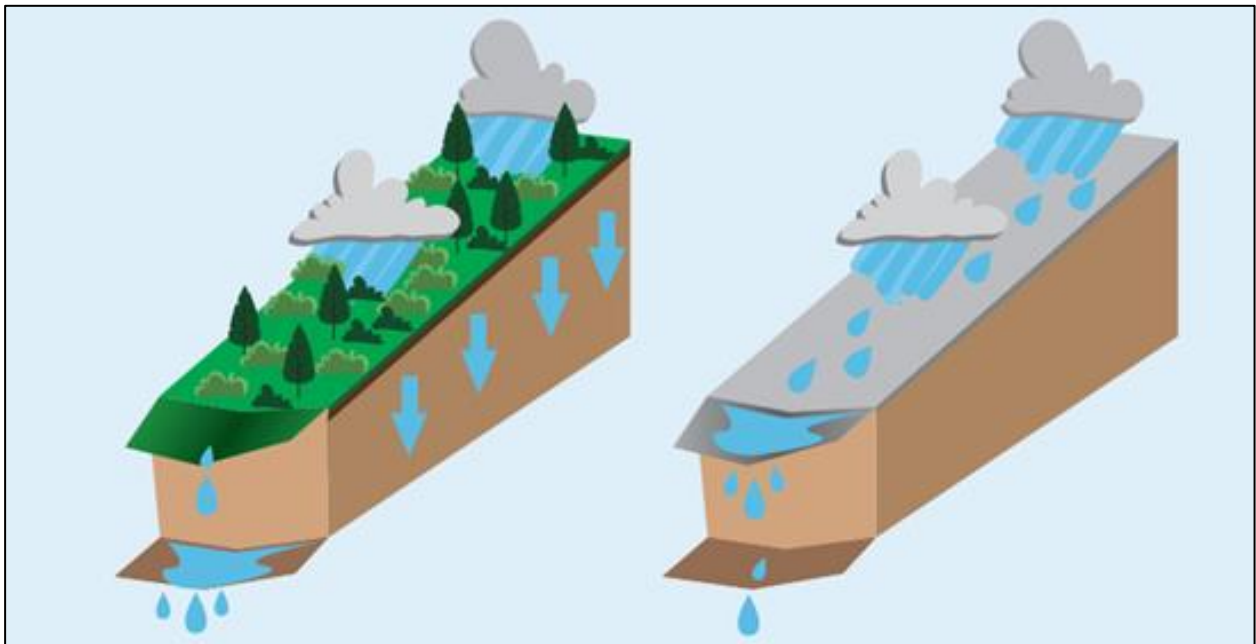


Figura 4: Esquema a maquete educativa do Programa Revitalização de Nascentes que representa os impactos da urbanização no ciclo hidrológico

Fonte: <http://nascentes.sjc.sp.gov.br/servicos/cadernos-de-atividades/>

Assim, como as alterações no ciclo hidrológico urbano são significativas, torna-se necessário a introdução de sistemas artificiais de drenagem capazes de manejar rapidamente o maior volume d'água que escoar. No entanto, ao atuar apenas no escoamento imediato desse pico de vazão, o processo de infiltração fica prejudicado, reduzindo significativamente a vazão de base, o que impacta na quantidade de água que normalmente escoar pelo curso d'água ao longo do ano causando, conseqüentemente, perdas em todo ecossistema fluvial. A vulnerabilidade das áreas urbanas quanto à incidência das águas pluviais ou águas fluviais está relacionada, principalmente, a:

- ausência de galerias pluviais;
- subdimensionamento dos sistemas de drenagem;
- falha ou inexistência de limpeza e manutenção;
- lançamento indevido de resíduos sólidos nos sistemas de drenagem;
- assoreamento de rios, canais e valas;
- ocupação desordenada de margens dos cursos d'água; e
- condição topografia e geológica da superfície.

Se por um lado a urbanização acentua os problemas das cheias dos rios, pelo significativo aumento da vazão de pico que se acumula nos canais dos cursos d'água, por outro, essas cheias são responsáveis pela degradação do ambiente urbano construído, causando danos a diversos sistemas urbanos, como as edificações, os sistemas viários e os equipamentos urbanos, sem contar as possíveis moradias que inapropriadamente ocupam áreas sujeitas a inundação. Toda a rotina de uma cidade é impactada pela cheia exacerbada de um rio que, conseqüentemente, resulta em inundações. São



inúmeras as perdas associadas à paralisação de comércios e serviços, aos serviços de transporte e as condições de trafegabilidade que ficam inoperantes, além de possíveis impactos à saúde daqueles expostos as águas pluviais, sobretudo devido às falhas dos sistemas de coleta de esgoto e resíduos sólidos durante esses eventos. Em suma, a cidade torna-se vulnerável e exposta a riscos e prejuízos causados por sua própria concepção de desenvolvimento urbano, tendo como agravantes os processos acelerados, desordenados e sem investimentos típicos da urbanização de países em desenvolvimento como o Brasil (MIGUEZ *et al.*, 2019). O **Quadro 1** sintetiza e classifica a relação de danos causados por inundações urbanas aos diversos setores da sociedade.

Quadro 1: Danos tangíveis e intangíveis causados pelas inundações urbanas

SETOR (Ex: habitacional, comércio e serviços, industrial, serviços públicos e infraestrutura, patrimônio histórico, etc.)	DANOS TANGÍVEIS	DIRETOS	Danos físicos à construção, à estrutura, ao conteúdo, ao produto, ao patrimônio, etc.
		INDIRETOS	Custo de limpeza, alojamento, medicamentos; Custos de serviços de emergência; Interrupção de serviços; Lucro cessante; Desemprego.
	DANOS INTANGÍVEIS	DIRETOS	Fatalidades.
		INDIRETOS	Estado psicológico de estresse e ansiedade; danos à saúde; Inconvenientes sociais da interrupção de serviços.

Fonte: Adaptado de Machado *et al.*, 2005 apud Miguez *et al.*, 2020.

2.2. EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE DRENAGEM URBANA

Deficiências no saneamento marcaram o desenvolvimento do processo de urbanização. A ineficiência ou a ausência de um sistema de esgotamento sanitário provocaram a deterioração da qualidade de fontes de abastecimento de água, causando sérios problemas de saúde pública nas cidades. Assim, por questões sanitárias, tornou-se prática a implantação de projetos que promoviam o afastamento das águas residuais lançadas nos cursos d'água urbanos.

Associado a essas questões, o avanço da urbanização altera as vazões de drenagem, implicando no aumento do volume a ser escoado em um curto período de tempo. Portanto, durante décadas, o problema de enchentes urbanas foi equacionado sob a perspectiva de lidar com essas grandes vazões e com a poluição hídrica, sem privilegiar intervenções ao longo de todo o ciclo da água. Dessa forma, os projetos convencionais de controle de enchentes objetivam o aumento da capacidade de escoamento dos rios, promovendo inclusive suas canalizações, de forma a drenar rapidamente as águas pluviais (MIGUEZ *et al.*, 2019).

No entanto, a partir da segunda metade do século XX quando se deu início à concepção de desenvolvimento sustentável, uma nova visão que integra o manejo de águas pluviais ao planejamento urbano passou a ser construída. Ao tratar as inundações urbanas de forma mais sistêmica, amplia-se o



escopo dos projetos, buscando tratar o problema mais próximo da fonte e com ações distribuídas sobre a paisagem urbana, atuando não somente na redução do pico de cheia, como ainda procurando favorecer a infiltração e a recarga de águas subterrâneas de forma a reestabelecer, o quanto possível, os fluxos naturais da bacia hidrográfica pré-urbanizada. (MACASRENHAS *et al.*, 2007 apud MIGUEZ *et al.*, 2016).

Nas últimas décadas, além da urbanização inadequada e à ocupação de áreas alagáveis, as alterações do regime de chuvas ocasionadas pelas mudanças climáticas trouxeram uma nova varável para gestão de águas pluviais relacionada à necessidade de mitigar os riscos e as vulnerabilidades climáticas. Assim, a concepção de uma cidade mais resiliente a esses eventos extremos passa a reintegrar água ao ambiente urbano. A [Figura 5](#) mostra a evolução da gestão das águas urbanas por meio de seus indutores até a concepção mais atual da cidade sensível à água.

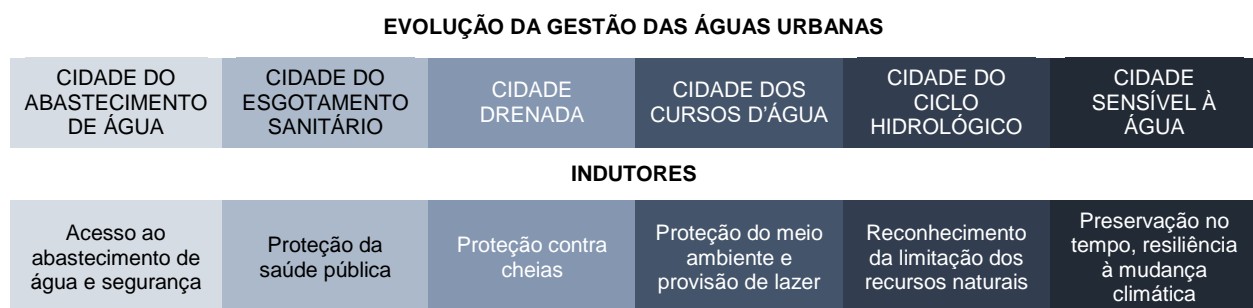


Figura 5: Evolução da Gestão das Águas Urbanas

Fonte: Adaptado de Brown *et al.*, 2008 apud Miguez, 2016.

2.2.1. SISTEMAS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Considerando a evolução da gestão das águas pluviais, o sistema de drenagem urbana é descrito como conjunto de medidas que objetiva reduzir a probabilidade dos riscos de alagamento e de inundação aos quais os ambientes urbanos estão suscetíveis. O sistema de drenagem e manejo de águas pluviais pode ser diferenciando por duas abordagens, os sistemas clássicos e os sistemas alternativos, conforme mostra o [Quadro 2](#), organizado por Barros (2015).



Quadro 2: Esquema geral dos sistemas de drenagem

SISTEMA CLÁSSICO	Microdrenagem	Sarjeta, boca de lobo e condutos		
	Macro-drenagem	Canais abertos ou condutos fechados de porte significativo		
SISTEMA ALTERNATIVO	Técnicas compensatórias não-estruturais	Legislação Racionalização do uso do solo urbano Educação ambiental Alertas e seguros contra inundações		
		Medidas extensivas	Controle da cobertura do solo Controle de erosão Recuperação e preservação da mata ciliar	
	Técnicas compensatórias estruturais	Medidas intensivas	Controle na macrodrenagem	Canalização Diques Reservatórios urbanos
			Controle na microdrenagem	Tanques Lagos Pequenos reservatórios
		Controle na fonte ou controle distribuído	Pavimentos permeáveis Trincheiras filtrantes Microrreservatórios	

De acordo com Canholi (2005 apud MIGUEL *et al.*, 2016), a drenagem urbana é um problema de alocação de espaços, ou seja, ao ocupar um espaço naturalmente alagável, essas águas são transferidas para outras áreas, podendo resultar em inundações em locais anteriormente seguros. Visando atuar sobre esse aspecto, os sistemas alternativos podem ser representados pelas técnicas compensatórias.

Técnicas Compensatórias é um dos termos mais consolidado em drenagem urbana no Brasil para descrever as diferentes medidas que visam compensar os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico, focando na infiltração e no armazenamento (BAPTISTA *et al.*, 2005). Além das técnicas compensatórias, de acordo com Miguez *et al.* (2016), no processo de evolução da drenagem urbana, uma série de práticas e técnicas foram desenvolvidas pelo mundo, dentre as quais podem-se destacar as técnicas [BMP](#), [LID](#), [SUDS](#) e [WSUD](#).

Essas técnicas surgem como alternativas aos sistemas clássicos, uma vez que, de acordo com Tucci (2007), apesar de soluções clássicas resolverem problemas pontuais de inundações, elas também transferem dificuldades à jusante, podendo colaborar para o desenvolvimento de novos pontos de alagamento e inundação e, por consequência, elevar ainda mais os custos de obras de drenagem. Baptista e Nascimento (1996) acrescentam que os sistemas clássicos, na maioria dos casos, apresentam obras com maior grau de dificuldade e custos mais altos se comparados aos métodos de controle de escoamento propostos pelas técnicas compensatórias.

As técnicas compensatórias podem ser distintas com base na forma de intervenção no meio. De um modo geral, as ações que modificam o sistema fluvial ou o ambiente são denominadas medidas estruturais. Já as ações que conservam o meio ambiente urbano, sem modificá-lo, são consideradas medidas não-estruturais (BAPTISTA *et al.*, 2005 e TUCCI, 2007). Assim, recomenda-se que a política de gestão de controle de inundações seja obtida pela combinação de medidas estruturais e não-estruturais. Segundo Tucci (2002b), na maioria dos países desenvolvidos a gestão se faz, principalmente, baseada



em medidas não-estruturais, sendo que as medidas estruturais somente são aplicáveis quando justificadas, economicamente ou socialmente

As medidas não-estruturais promovem a gestão de enchentes e inundações pelo intermédio de normas, regulamentações, programas que visam a educação ambiental, ações emergenciais, sistemas de alerta, previsão e seguros de inundações (WALESH, 1989, CANHOLI, 2005 e TUCCI, 2007). Dessa forma, as ações não-estruturais disciplinam e trazem consentimento à população para a ocupação adequada do território, enquanto o emprego de medidas estruturais pode criar a falsa sensação de segurança, ampliando ainda mais a ocupação de áreas suscetíveis a inundações (TUCCI 2002a).

Em um âmbito geral, a delimitação e a conservação de áreas suscetíveis a inundações se dão por meio de regulamentação. Essa regulamentação parece ser a solução de melhor retorno socioeconômico no ambiente urbano. Contudo, em muitas situações, tornou-se inviável conservar tais áreas, uma vez que as cidades surgiram preferencialmente junto aos cursos d'água (BAPTISTA et al., 2005).

Dessa forma, as medidas estruturais são relevantes para o contexto urbano, sobretudo de forma complementar as medidas não-estruturais, uma vez que a completa proteção aos riscos de inundações através apenas de medidas estruturais se torna fisicamente e economicamente inviável (TUCCI, 2007).

As medidas estruturais associadas às técnicas compensatórias têm foco na redução e retardamento do escoamento. Por isso requerem maiores esforços em seus projetos, pois empregam construções, rotinas de manutenções, licenciamentos e aprovações (WALESH, 1989), além de demandarem compreensão e integração dos sistemas de drenagem urbana (KUNDZEWICZ, 1999). Fendrich e Sakamori (1999) justificam a necessidade de um sistema operacional dos projetos de drenagem, visto que as enchentes e as inundações estão cada vez mais frequentes em áreas urbanizadas, mesmo aquelas que já dispõem de estruturas de drenagem. Um fator que justifica essa frequência de inundações é o aumento da impermeabilização não prevista nos projetos, que eleva o escoamento superficial e deixa a capacidade das estruturas de captação e escoamento insuficientes (TUCCI, 1995).

Nesse contexto, dentre as medidas estruturais, Baptista *et al.* (2005) apresentam as soluções alternativas que mais se destacam no controle do escoamento superficial:

- Reservatórios ou bacias de águas pluviais: Áreas de amortecimento temporário, implantadas pela adequação topográfica da bacia. Usualmente, empregam-se em áreas de estacionamento, terrenos de atividades esportivas e áreas livres em geral;
- Pavimentos porosos, destinados à retenção e infiltração;
- Estruturas de infiltração, como trincheiras, poços e valas; e
- Adequação dos cursos d'água, favorecendo o escoamento lento.

Tucci (2007) subdivide as medidas estruturais em extensivas e intensivas. As medidas extensivas são aquelas que atuam na redução da vazão sobre a bacia como um todo. Geralmente, as ações são tomadas na recuperação e preservação da mata ciliar, no aumento de áreas que favoreçam a infiltração, na estabilização de margens e na prática correta de agricultura.



Por sua vez, as medidas intensivas correspondem àquelas que atuam, principalmente, com foco no retardo do escoamento. De acordo com Tucci e Genz (1995), essas medidas estruturais intensivas podem ser divididas, de acordo com a sua área de atuação, em: medidas na macrodrenagem, medidas na microdrenagem ou medidas de controle na fonte.

As medidas de controle de escoamento na macrodrenagem agem sobre os principais cursos d'água no ambiente urbano. As principais medidas estão voltadas para a modificação dos cursos d'água, como: canalização, grandes reservatórios de amortecimento e diques. Tucci (2007) menciona algumas desvantagens de bacias ou reservatórios urbanos, dentre elas, a dificuldade de encontrar áreas adequadas para a sua implantação e o elevado custo de aquisição da área.

As medidas de controle na microdrenagem envolvem parcelas de áreas menores, com ocupações já definidas ou previstas, como caso de áreas de loteamentos e de sub-bacias hidrográficas. Em geral, o controle de escoamento é feito por meio de tanques, lagos e pequenos reservatórios abertos ou fechados, distribuídos ao longo dos sistemas da microdrenagem, o que favorece sua implantação em áreas consolidadas (BAPTISTA *et al.*, 2005).

O controle ainda pode ser mais difundido ao atuar isoladamente sobre todas as áreas que dão início ao escoamento superficial, ou seja, áreas de lotes, estacionamentos, parques e passeios. Dessa forma, a medida passa a ser classificada como medida estrutural intensiva de controle distribuído ou, como também conhecida, controle na fonte (BARROS, 2015).

O controle na fonte pode ser aplicado de diversas formas: por meio de áreas permeáveis, entre pavimentos e pisos, trincheiras filtrantes e reservatórios. De forma geral, são de pequenas dimensões, o que favorece sua padronização e implantação, simplificando os custos (TUCCI, 2007). O elevado grau de dificuldade de seu funcionamento, essencialmente, dependerá de adoção de técnicas que diminuam e facilitem a manutenção das estruturas de controle, e do conhecimento da sociedade para sua operação adequada, que poderá ser atingido através de programas de educação e incentivos da política pública (AGRA, 2001).

Medidas de controle de inundações, principalmente as que promovem o retardo do escoamento, objetivam atenuar as vazões de pico dos hidrogramas (LOGANATHAN *et al.*, 1985). Esse conceito, ao ser empregado em áreas urbanizadas de difícil controle de impermeabilização e/ou com problemas de inundação e alagamento, em que houve um aumento do escoamento não previsto no projeto das galerias, pode evitar a necessidade de ampliação do sistema de drenagem (MARIN *et al.*, 1999). Tucci (2007) observa que, em países desenvolvidos, grande parte dos problemas relacionados ao controle de inundações foi sanada com a aplicação de técnicas alternativas do tipo controle na fonte, que exige da população a conservação do patrimônio público com o emprego de sistemas de retenção de águas pluviais em seus terrenos.

Conforme descrito por Tucci (2007), para que haja o amortecimento da vazão de pico, o volume necessário pode ser calculado ao fixar uma vazão máxima a ser lançada no sistema de drenagem urbano. Segundo o autor, esse critério incentiva a população a utilizar outras técnicas no auxílio do amortecimento,



como os sistemas permeáveis, que podem reduzir o escoamento e, conseqüentemente, o volume necessário de detenção.

A aplicação de sistemas permeáveis no controle de escoamento dependerá da capacidade de infiltração do solo, a qual está diretamente relacionada às características e estado de umidade do solo. Segundo Urbonas e Stahre (1993), essa técnica possui grandes vantagens, principalmente por aumentar a recarga de lençóis freáticos e reduzir a poluição difusa nas águas pluviais. Contudo, os autores mencionam alguns cuidados na adoção do sistema, como: colmatação, as estruturas e/ou solo com o tempo podem tornar impermeáveis; aumento do nível do lençol freático, interferindo em construções e fundações; e contaminação de aquíferos.

Somado às preocupações citadas por Urbonas e Stahre (1993 apud TUCCI, 2002a), na gestão das inundações, o controle de escoamento através de sistemas permeáveis se torna ainda mais complexo, já que o processo de infiltração é lento se comparado às chuvas críticas responsáveis pelas inundações e alagamentos, caracterizadas por serem de curta duração e elevada intensidade. A infiltração, portanto, pode ser adotada como medida de controle de escoamento, reduzindo o escoamento superficial, mas possui algumas cautelas e especificidades para o seu emprego na gestão de inundações no ambiente urbano. Fendrich e Sakamori (1999) sintetizam, conforme exposto no [Quadro 3](#), os processos e medidas para a redução e retardamento do escoamento superficial, com base nas características de cobertura do solo.

Quadro 3: Processos e medidas para redução do escoamento superficial

CARACTERÍSTICA DA ÁREA	REDUÇÃO DO ESCOAMENTO	RETARDAMENTO DO ESCOAMENTO
Cobertura plana de grandes dimensões	<ol style="list-style-type: none">1. Armazenamento em cisterna2. Jardim suspenso3. Armazenamento em tanque ou chafariz	<ol style="list-style-type: none">1. Armazenamento no telhado2. Aumento da rugosidade do telhado:<ol style="list-style-type: none">a. cobertura onduladab. cobertura com cascalho
Estacionamentos e pátios	<ol style="list-style-type: none">1. Pavimento permeável:<ol style="list-style-type: none">a. Cascalhob. Furos no pavimento impermeável2. Reservatório de concreto ou cisterna sob o estacionamento3. Áreas de armazenamento gramada ao redor dos pátios e estacionamentos4. Valas com cascalho ou brita	<ol style="list-style-type: none">1. Faixas gramadas no estacionamento e no pátio2. Canal gramado drenando o estacionamento ou pátio3. Armazenamento e detenção para áreas impermeáveis:<ol style="list-style-type: none">a. Pavimento onduladob. Depressõesc. Bacias de detenção
Residenciais	<ol style="list-style-type: none">1. Cisternas para casas individuais ou grupo de casas2. Passeios com cascalho ou brita3. Áreas ao redor ajardinadas4. Recarga do lençol subterrâneo:<ol style="list-style-type: none">a. Tubos perfuradosb. Cascalho ou areiac. Valetad. Tubos porosose. Poços secos5. Depressões gramadas	<ol style="list-style-type: none">1. Reservatórios de detenção2. Gramas espessas para alta rugosidade3. Passeios com cascalho ou brita4. Sarjetas ou canais gramados5. Aumentando o percurso da água através de sarjetas, desvios, etc.
Gerais	<ol style="list-style-type: none">1. Vieiras com cascalho ou brita2. Calçadas e passeios permeáveis3. Canteiros cobertos com folhas e jardim gramado	<ol style="list-style-type: none">1. Vieiras com cascalho ou brita2. Passeios com cascalho, brita ou gramados



Dessa forma, quando bem empregado, o sistema compensatório tende a contribuir para a qualidade de vida urbana, na redução de inundações e alagamentos, no caso de emprego de técnicas de retenção; e quanto à qualidade do meio ambiente, na diminuição de poluentes difusos nas águas do escoamento superficial e na recarga das águas subterrâneas, no caso de emprego de técnicas de retenção (TUCCI, 2007).



3. DESENVOLVIMENTO URBANO E AS ÁGUAS PLUVIAIS

3.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA OCUPAÇÃO URBANA

3.1.1. HISTÓRIA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

De acordo com Leitura Técnica (PSJC, 2017) desenvolvida para a revisão do [PDDI](#) é possível segmentar a história de São José dos Campos em cinco etapas:

Aldeamento (do final do século XVI a meado do século XVIII) – o início da ocupação do território por padres jesuítas às margens do Rio Comprido em fazenda de criação de gabo para a catequese de índios. O conflito com colonos paulistas fez com que a aldeia migrasse para a planície, onde hoje é o centro da cidade, garantindo maior segurança contra invasões e enchentes e permitindo boa ventilação e insolação. O ciclo do ouro e a expulsão dos jesuítas culminaram na maior interferência da monarquia portuguesa, dando origem à vila de São José do Paraíba.

Da Vila à cidade (meados de século XVIII ao final do século XIX) – estabelecida em 1767, a vila teve seu desenvolvimento contido devido à distância da estrada real, sendo induzido a partir do século XIX pela produção de algodão e, posteriormente, de café. Nesse período, a vila foi elevada à categoria de cidade e recebeu a denominação de São José dos Campos, quando também passou ser atendida pela estrada de ferro.

Fase Sanatorial (primeiras décadas do século XX) – as condições climáticas favoreceram a implantação de sanatórios para o tratamento de tuberculose, com destaque para o Vicentina Aranha, além de estrutura de atendimento, com pensões e repúblicas. Com a transformação em estância climatérica e hidromineral, em 1935, o Município passou a investir mais em infraestrutura, principalmente na área de saneamento básico, a qual passaria ser estratégica para a atração de investimentos destinados ao desenvolvimento industrial, que começou a se acentuar a partir da década de 1940, com o declínio da fase sanatorial.

Industrialização (século XX) – a industrialização foi impulsionada, sobretudo, pela instalação dos [CTA](#) e [ITA](#) e inauguração da Rodovia Presidente Dutra no início da década de 1950, fazendo com que a cidade experimentasse um relevante crescimento demográfico

Século XXI (atual) – fortalecimento do setor terciário e consolidação da cidade como importante centro regional de comércio e serviço. Destaca-se ainda o protagonismo no desenvolvimento tecnológico, com a implantação do Parque Tecnológico, expandindo os centros de pesquisa e instituições de ensino. A criação da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, em 2011 e, sua respectiva Agência Metropolitana, em 2015, estabelece uma nova esfera para integração das políticas públicas em municípios com realidades demográficas, socioeconômicas e culturais bem distintas.



3.1.2. POPULAÇÃO

A evolução histórica da ocupação humana em São José dos Campos indica que, até a década de 1960, o município avançava, em termos de população, em ritmo bastante lento, compatível com o crescimento vegetativo de um município de pequeno porte. A partir de então, registra-se um acentuado crescimento, já influenciado pela migração, tendo em vista a forte atratividade que a cidade passou a exercer com a industrialização e a instalação de órgãos técnicos e militares.

A [Figura 6](#) mostra a evolução da população de São José, conforme recenseamentos e estimativas populacionais. Observa-se que há um salto populacional registrado nas décadas de 1960 e 1970, quando a população passou de 77.533 habitantes, em 1960, para 148.332 habitantes, em 1970 e posteriormente 285.587 habitantes, em 1980. Essa tendência, no entanto, não se manteve e houve redução no ritmo de crescimento populacional ao longo dos últimos censos demográficos. Com isso, as projeções apontam para uma provável estabilização gradativa da população até 2050.

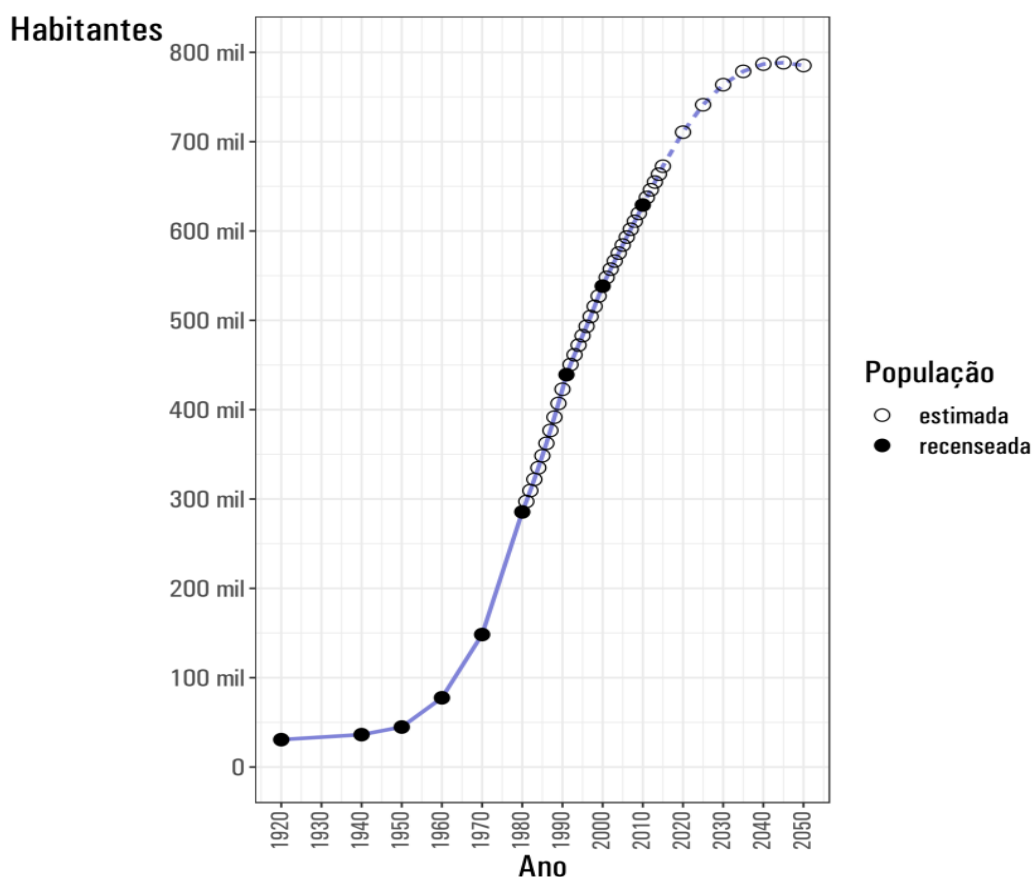


Figura 6: Evolução da população em São José dos Campos.

Fontes: IBGE e Fundação Seade.



A [Figura 7](#) apresenta a distribuição da população pelas regiões geográficas da zona urbana e pela zona rural de acordo com o Censo de 2010. Observa-se que as regiões Leste e Sul concentram grande parte da população urbana.

Zona	Região	População (2010)
Urbana	Leste	160990
	Norte	59800
	Sul	233536
	Sudeste	45800
	Centro	72115
	Oeste	41163
	<i>Subtotal</i>	<i>613404</i>
	São Francisco Xavier	1342
Rural	15175	
Total	629921	

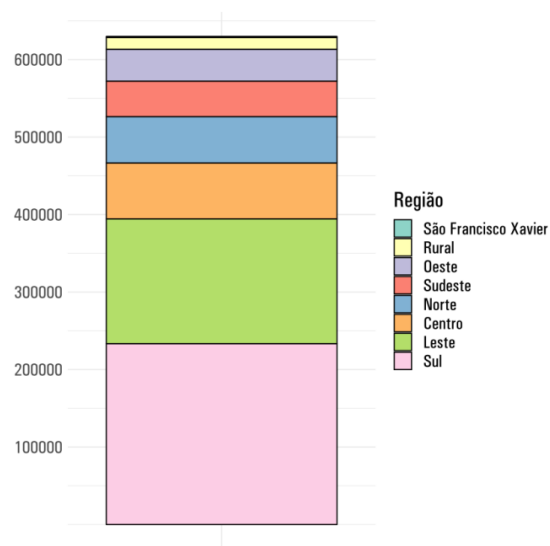


Figura 7: Distribuição da população de acordo com regiões.

Fonte: IBGE/Censo Demográfico 2010.

3.1.3. TERRITÓRIO

O município de São José dos Campos possui 1.099,6 km² de sua extensão territorial, dos quais, atualmente, cerca de 350 km² (32,2%) são enquadrados com Zona Urbana e concentram quase que a totalidade da população. A Zona Rural, por sua vez, ocupa 67,8% e desempenha um importante papel na proteção dos mananciais e das cabeceiras de drenagem. Além da sede, o município é ainda subdividido nos distritos de São Francisco Xavier (predominantemente rural) e de Eugênio de Melo (predominantemente urbano), conforme mostra a [Figura 8](#) que apresenta os perímetros urbano e rural e os limites distritais estabelecidos pelo PDDI 2018, aprovado pela Lei Complementar nº 612/2018.

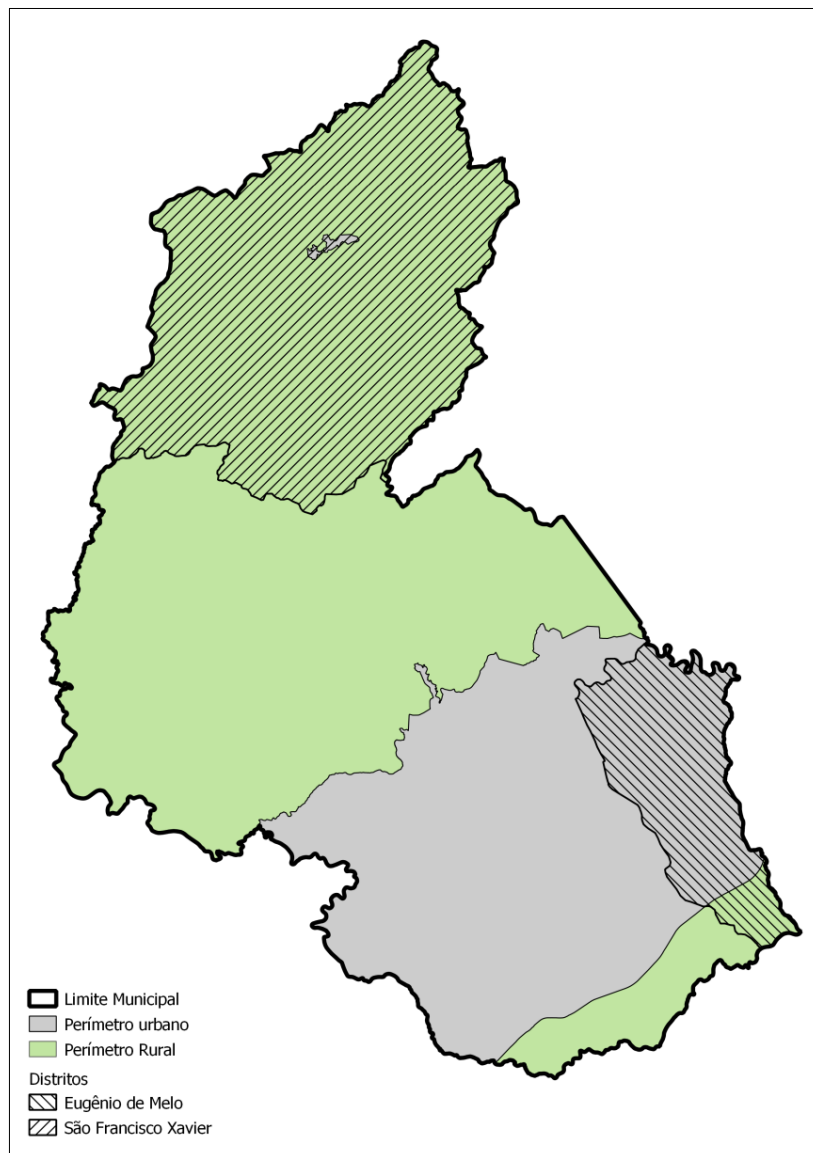


Figura 8: Divisão oficial das zonas urbana/rural e distritos municipais

3.1.4. EVOLUÇÃO DO PLANEJAMENTO URBANO MUNICIPAL

Em face ao crescimento urbano desordenado da época, o 1º PDDI - Plano de Diretor de São José dos Campos, elaborado em 1961 pelo CPEU/USP, priorizou a delimitação das áreas urbanas e de expansão urbana, bem como planejou o “zoneamento de massa” onde área urbana foi segmentada em zonas residenciais, industriais e áreas verdes. Esse plano já reconhecia a importância das características físicas e ambientais do território para seu desenvolvimento, na época muito associado aos impactos das indústrias. As questões de saneamento foram destaque pelos dispositivos de proteção do Rio Paraíba do Sul, reconhecendo-o como manancial de abastecimento, a proteção dos fundos de vale, quando se reservaram faixas para a implantação de avenidas-parques, a fim de garantir a drenagem natural, a passagem de emissários de esgotos e águas pluviais e estruturação do sistema viário.



O 2º PDDI, elaborado em 1968, se estabeleceu em um país em transformação política-institucional com a instauração da ditadura militar. Com programas de habitação de interesse social da época, houve o avanço da cidade para a região ao Sul da Dutra e ainda para a região Leste, nos bairros da Vila Industrial e Jardim Ismênia, onde foram implantados diversos conjuntos habitacionais. Posteriormente, a implantação de equipamentos públicos de educação, saúde e lazer, promoveram melhorias significativas na infraestrutura básica desses loteamentos. Esse Plano Diretor já previa a necessidade de adensamento das áreas dotadas de infraestrutura como forma de reduzir os custos associados, assim não incentivava a expansão horizontal. Havia ainda a proposta de integração física e social por meio da implantação de diversos parques, em suas diversas proporções, desde parques regionais a parques de vizinhança, formando assim um sistema de áreas verdes. Da mesma forma, foi elaborado um projeto de reestruturação viária o qual daria unidade e organicidade ao tecido urbano, conduzindo e induzido a ocupação do solo.

O 3º PDDI foi concebido a luz da Constituição Federal de 1988 e da Lei Orgânica do Município de São José dos Campos de 1990, sendo aprovado pela Lei Complementar 121/1995. Foi orientado pelo projeto de Macrozoneamento da Região do Vale do Paraíba e do Litoral Norte, desenvolvido pelo INPE em 1992, que forneceu um diagnóstico ambiental do meio físico e socioeconômico como forma de dar suporte às diretrizes de ordenamento territorial. Esse Plano Diretor definiu em seu macrozoneamento quatro áreas que deveriam ser especialmente protegidas por meio das APA, com destaque para a APA IV sobre as várzeas do Rio Paraíba do Sul. Os perímetros urbanos e rurais foram revistos. Na face Sul, a expansão urbana foi prevista até as margens da Rodovia Carvalho Pinto. Já na face norte abrangeu parte da Bacia Hidrográfica do Rio Buquira, incorporando 80 loteamentos clandestinos ou irregulares que estavam situados na Zona Rural, em áreas passíveis de ocupação urbana pela condição geomorfológica dos terrenos e glebas vazias, a fim de aproximar a infraestrutura urbana e criar condições para regularização urbanística e fundiária desses loteamentos.

O 4º PDDI foi desenvolvido pela Secretaria de Planejamento Urbano e aprovado pela Lei Complementar 306/2006. Devido às restrições ambientais e dificuldade de acessibilidade da região norte, houve a retração do perímetro urbano nessa porção do território, a partir do qual os núcleos populacionais ali existentes seriam regularizados por meio da criação de bolsões urbanos. Foi instituído o PEU, que teve como objetivo ordenar o desenvolvimento físico-territorial da cidade. No âmbito do PEU, é importante destacar o estabelecimento de um sistema de macrodrenagem com objetivo de garantir a permeabilidade do solo, a proteção dos fundos de vale dos córregos urbanos e um melhor controle do escoamento das águas pluviais. Assim, foram estabelecidos a ZDCA, as ACI, e os Pontos de Retenção, conforme mostra a Figura 9.

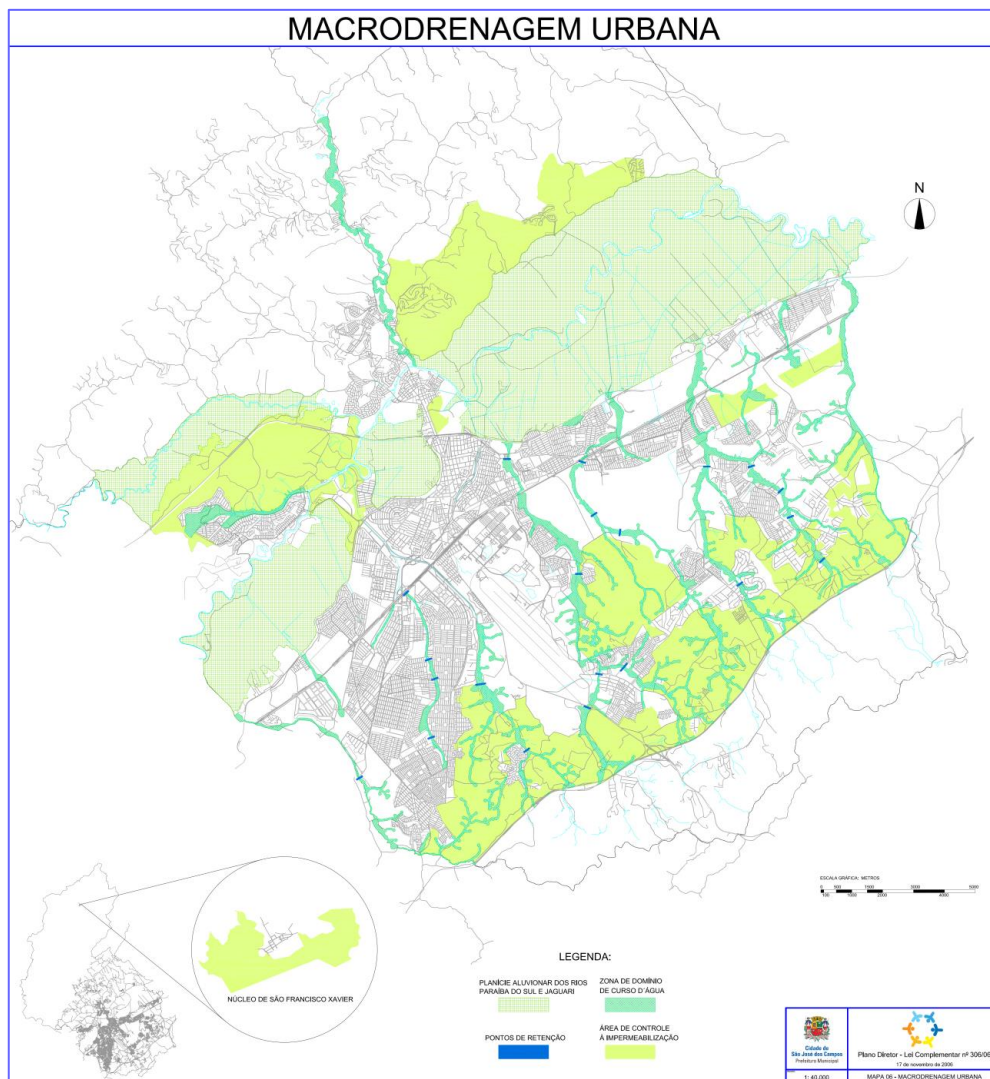


Figura 9: Mapa 06 - Macrodrenagem - PDDI 2006

Fonte: LC 306/2006 – revogada

As **ZDCA** definem-se como áreas lindeiras aos cursos d'água sujeitas à inundação, compostas por **APP**, definidas no Código Florestal vigente e/ou áreas de várzeas; áreas remanescentes de vegetação nativa e áreas de interesse. Já as **ACI** que se constituem de áreas com restrições urbano-ambientais, visam a recarga dos aquíferos e a permeabilidade das cabeceiras, de forma a garantir a qualidade das águas e a prevenção de enchentes e inundações na malha urbana consolidada. Por fim, os pontos de Retenção, local geográfico onde estavam previstos os barramentos das bacias de retenção. Outro fator relevante apresentado **PEU** foi a definição de um conjunto de áreas destinadas à implantação de Parques Urbanos, cuja proposta de muitos deles tem uma relação intrínseca com o sistema de macrodrenagem, conforme mostra a **Figura 10**.

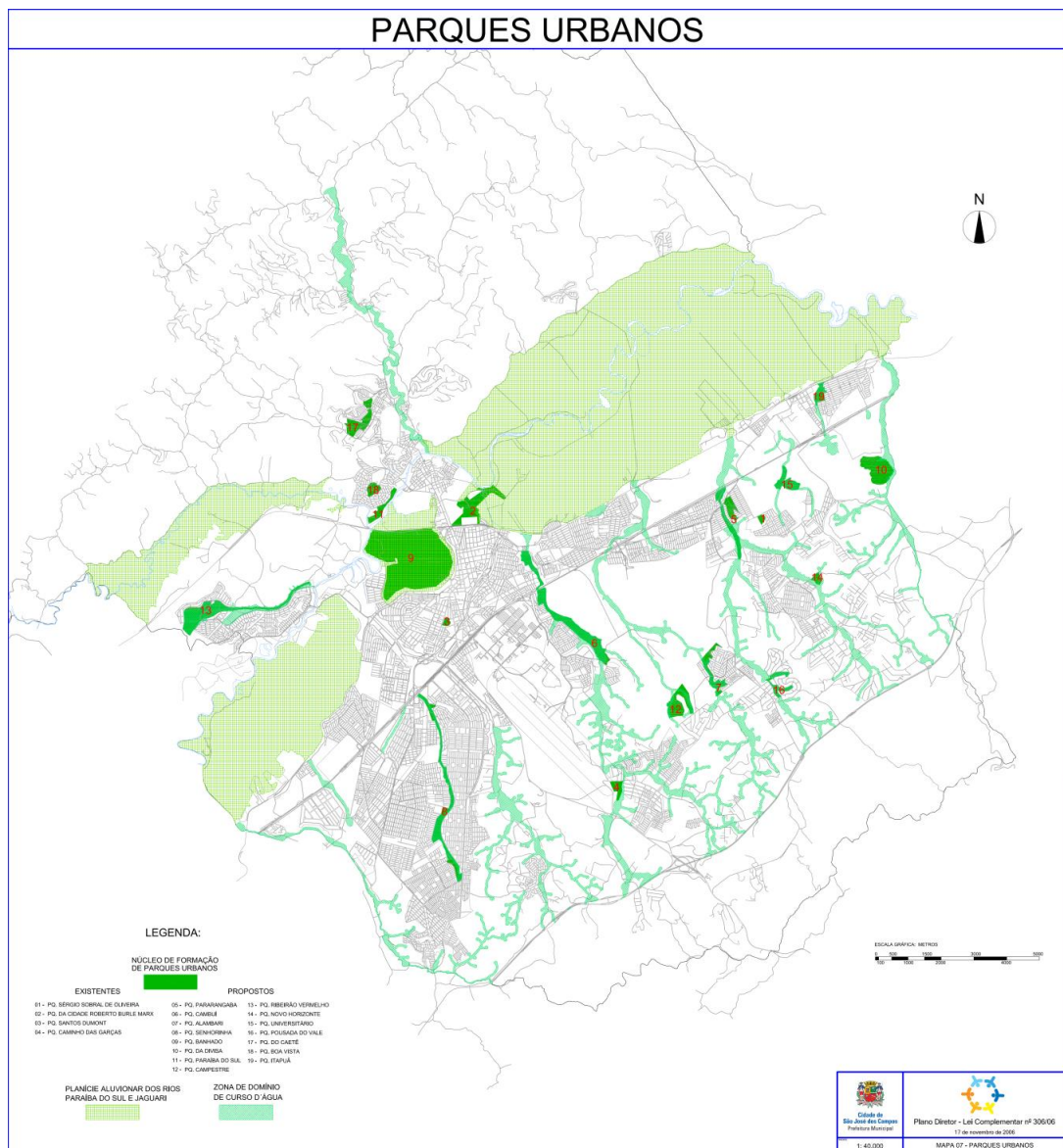


Figura 10: Mapa 07- Parques Urbanos - PDDI 2006

Fonte: LC 306/2006 – revogada

Durante a vigência do 4º PDDI, foram implantados cinco novos parques: Vicentina Aranha (2007), Senhorinha – Fase 1 (2007), Alambari (2008), Alberto Simões (2015) e Ribeirão Vermelho (2017). Ainda que a preservação de todas essas áreas verdes seja importante para a drenagem urbana, os Parque Linear do Senhorinha, o Alambari e o Ribeirão Vermelho estão situados junto a cursos d'água, amplificando sua relevância nessa questão. Não houve, no entanto, a implantação conjunta de infraestrutura de macrodrenagem, os denominados pontos de retenção, e de parques urbanos. Experiências anteriores, como nos loteamentos Interlagos e o Pousada do Vale, demonstram a importância da implantação de pontos de retenção onde os reservatórios permanentes integram o sistema de lazer e as áreas verdes desses bairros.

3.2. LEGISLAÇÃO URBANA VIGENTE

3.2.1. DIAGNÓSTICO DE DESENVOLVIMENTO URBANO ATUAL

No processo construtivo do 5º PDDI, foi realizada uma série de oficinas, fóruns e audiências públicas que resultou em uma vasta leitura técnica e comunitária dos atuais desafios e oportunidades da cidade e de suas necessidades, bem como diálogos para a construção da proposta. Um diagnóstico relevante para a gestão urbana é a evolução da malha urbana no período de vigência do 4º PDDI, conforme mostra a Figura 11.

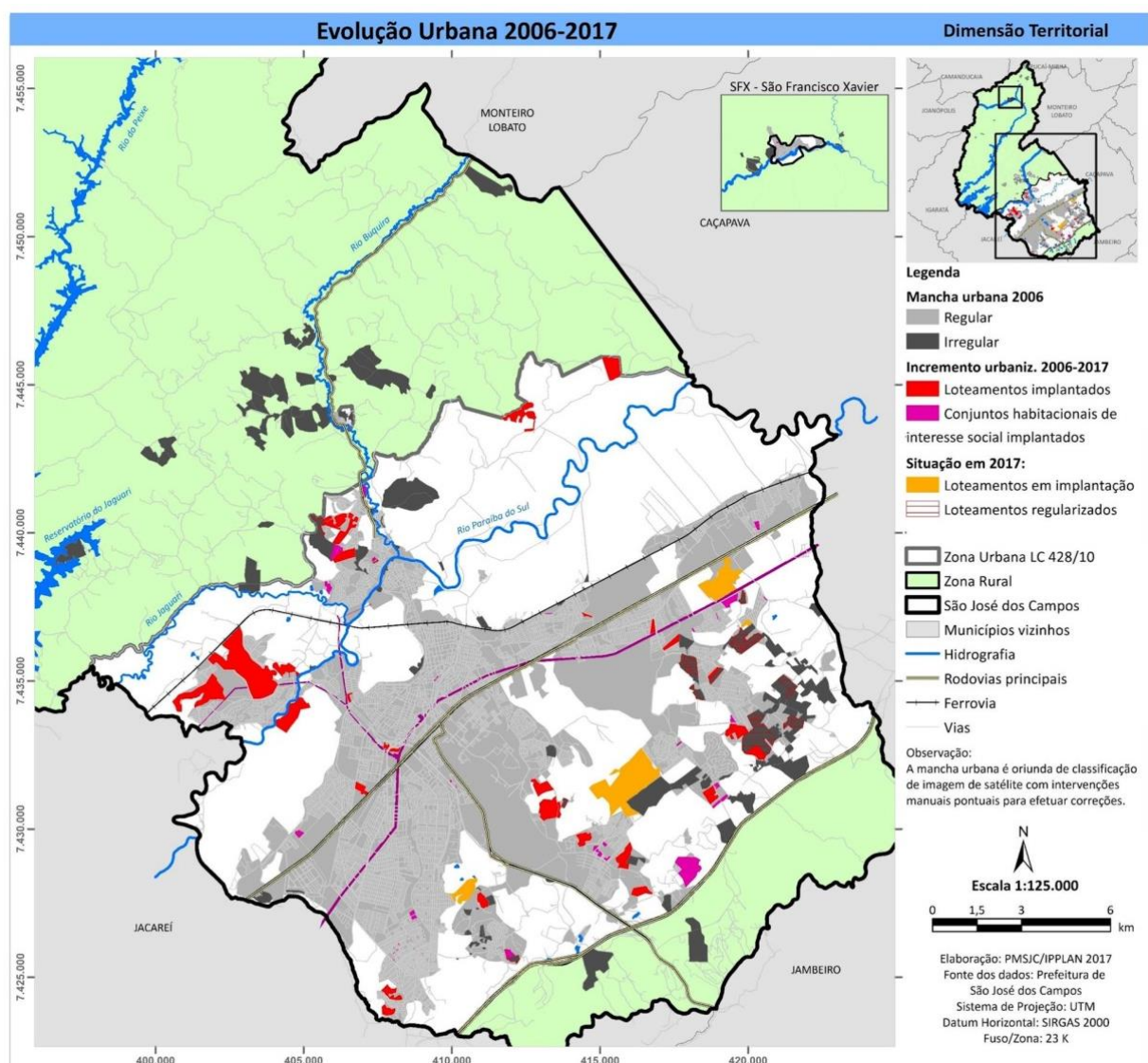


Figura 11: Evolução Urbana 2006-2017

Fonte: Caderno de Mapas de Diagnóstico para revisão do PDDI (2017)



Foram observados vetores de urbanização direcionados, sobretudo, para as regiões Oeste, Sudeste e Leste. Entretanto, a expansão horizontal da cidade se deu de forma bastante heterogênea. Enquanto na região Oeste houve o predomínio de loteamentos fechados destinados à alta renda, na região Leste houve o predomínio de empreendimentos voltados à habitação social e a regularização de loteamentos, já na região Sudeste além da habitação surgiram empreendimentos voltados para a classe média.

Sob a ótica da macrodrenagem urbana do município, o diagnóstico aponta em menor ou maior escala, que a evolução do processo de ocupação do território tende a alterar a comportamento do ciclo hidrológico, seja pelo avanço da urbanização, pela exploração econômica ou pela mudança do uso do solo. Assim, comprometendo a qualidade e o volume de água que se direciona aos corpos d'água e seus respectivos aquíferos. Geograficamente o município aproveitou-se dos terrenos altiplanos entrecortados pelas várzeas e talwegues os diversos córregos urbanos afluentes o Rio Paraíba do Sul para a sua urbanização, sobretudo à sua margem direita, no qual se observa que a expansão urbana avança sobre áreas de nascentes e de recarga de aquíferos. Com isso, algumas sub-bacias foram apontadas como críticas à ocupação ou prioritárias nos investimentos do ponto de vista de drenagem, a exemplo do Córrego Cambuí, do Vidóca, do Rio Pararangaba e do Rio Buquira.

Especificamente, o diagnóstico de microdrenagem considera a infraestrutura existente boa para escoamento pluvial, atendendo a urbanização na maioria dos casos. A maioria dos loteamentos legalizados atende a necessidade de drenagem do volume precipitado. Porém, na malha urbana há pontos críticos a serem solucionados devido ao acúmulo de água em precipitações de maior volume, conforme mostra a [Figura 12](#).

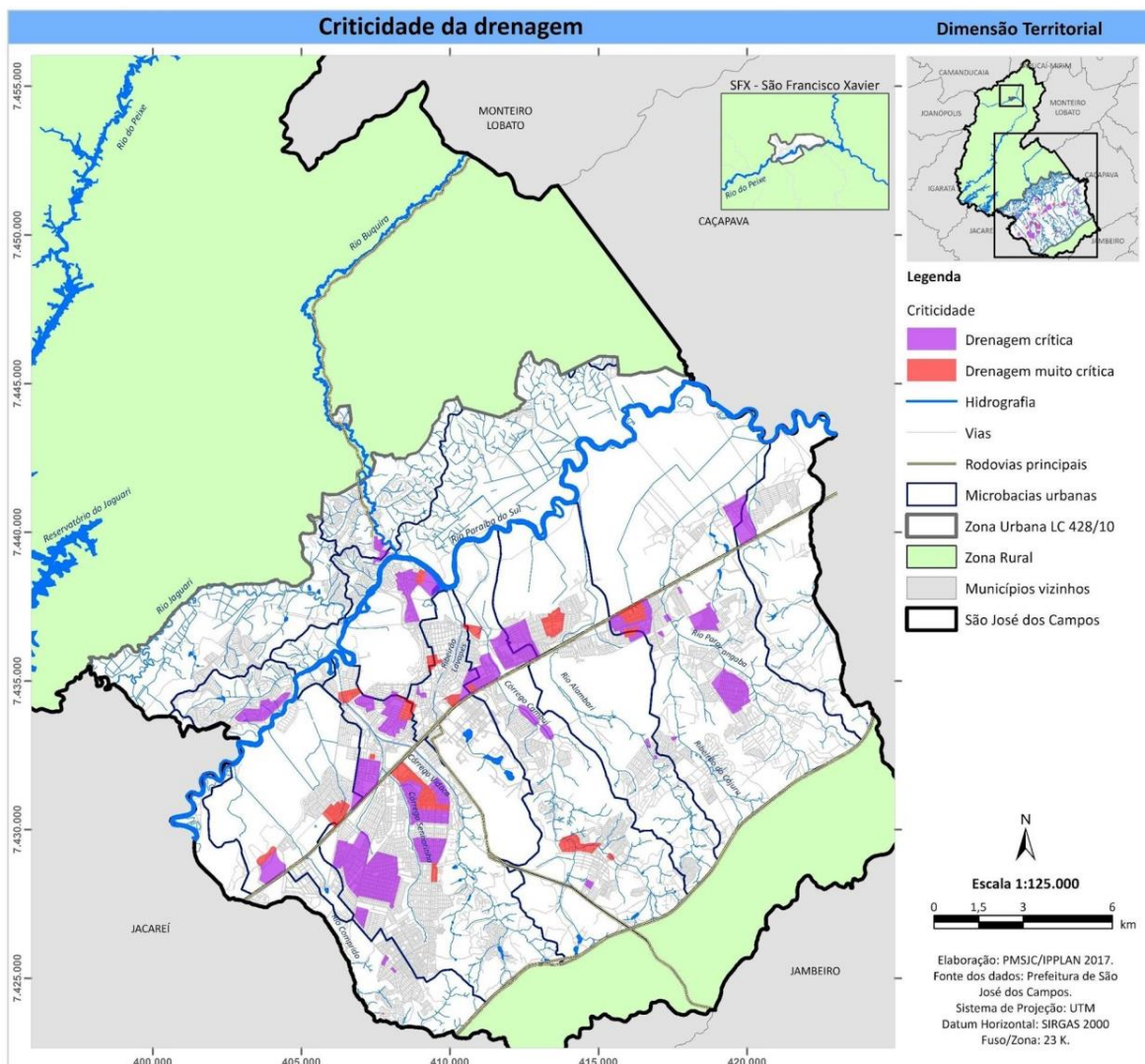


Figura 12: Criticidade da Drenagem

Fonte: Caderno de Mapas de Diagnóstico para revisão do PDDI (2017)

Além disso, os loteamentos clandestinos, ainda que não haja um estudo de criticidade da drenagem, em geral, essas áreas carecem de infraestrutura, o que pode agravar a situação de alagamentos. A [Figura 13](#) apresenta um panorama dos núcleos urbanos informais quanto à infraestrutura existente.

Assim, tanto em loteamentos regularmente concebidos quanto em loteamentos regularizados e a regularizar, recomenda-se o monitoramento do incremento populacional e da ampliação da malha urbana. Ressalta-se que os sistemas de drenagem individualizados, provenientes de cada propriedade, diretamente interligados a via pública elevam o volume das águas pluviais a serem coletadas pelas redes de drenagem de águas pluviais, sobrecarregando-as, gerando problemas de acúmulo ou transbordamento e solicitando galerias de águas pluviais com dimensões cada vez maiores e, por sua vez, mais onerosas.

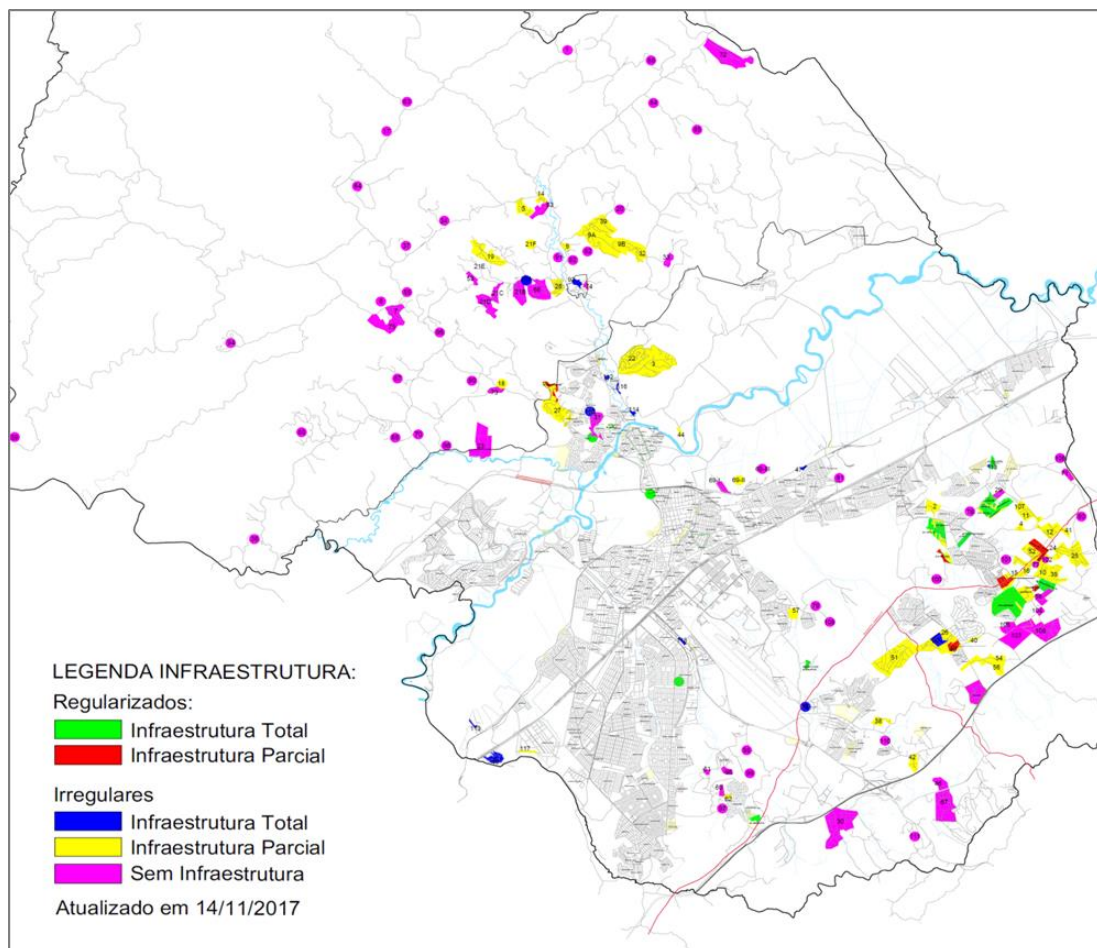


Figura 13: Situação dos Núcleos Urbanos Informais Regularizados e Irregulares
Fonte: Caderno de Mapas de Diagnóstico para revisão do PDDI (2017)

3.2.2. PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO 2018

Instituído pela Lei Complementar 612, de 30 de novembro de 2018, o 5º PDDI de São José dos Campos tem o Macrozoneamento Urbano como sua base para o ordenamento territorial, utilizando-se da infraestrutura e serviços urbanos existentes e das características ambientais e locais como estratégia para promover o desenvolvimento harmônico e sustentável, provendo a democratização do acesso à terra urbana e o bem estar da população.

Ainda sob essa perspectiva, o PDDI estabelece uma série de Elementos Estruturadores do Desenvolvimento Urbano Sustentável que visam tornar a cidade mais humana e mais equilibrada, aproximando o emprego e a moradia e possibilitando a melhoria da qualidade de vida, conforme sintetiza a Figura 14.

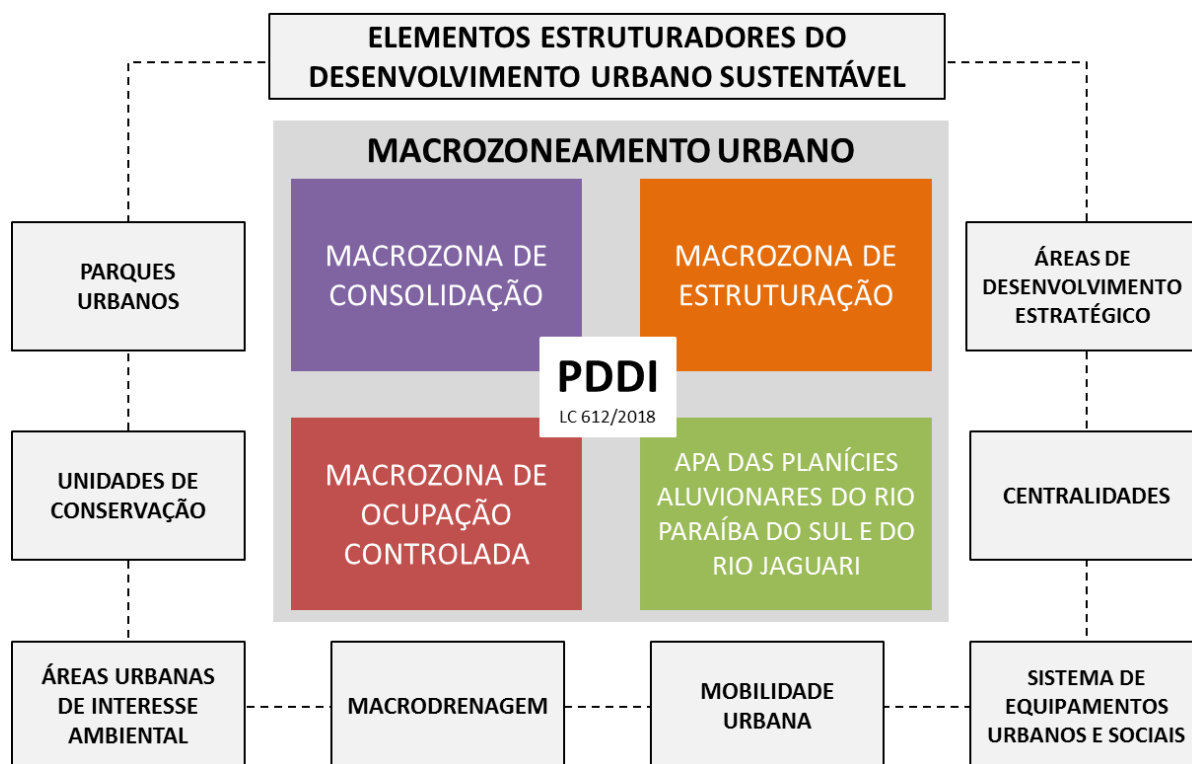


Figura 14: Esquema da Estrutura do PDDI 2018

3.2.2.1. MACROZONEAMENTO URBANO

O cerne do Macrozoneamento Urbano é priorizar a ocupação de áreas providas de infraestrutura como forma de conter o espraiamento urbano e racionalizar os custos de manutenção da cidade. Assim, a **MC** que é caracterizada pela continuidade da malha urbanizada, deve ter sua utilização otimizada de forma a aproveitar infraestrutura já existente e a maior oferta de equipamentos, serviços públicos e empregos, freando os vetores de expansão urbana horizontal. Além da ocupação de alguns vazios urbanos ainda existentes, espera-se que haja uma renovação das edificações, que deverão atender as novas disposições de drenagem, como a implantação de sistemas compensatórios. A [Figura 15](#) apresenta o Macrozoneamento Urbano.

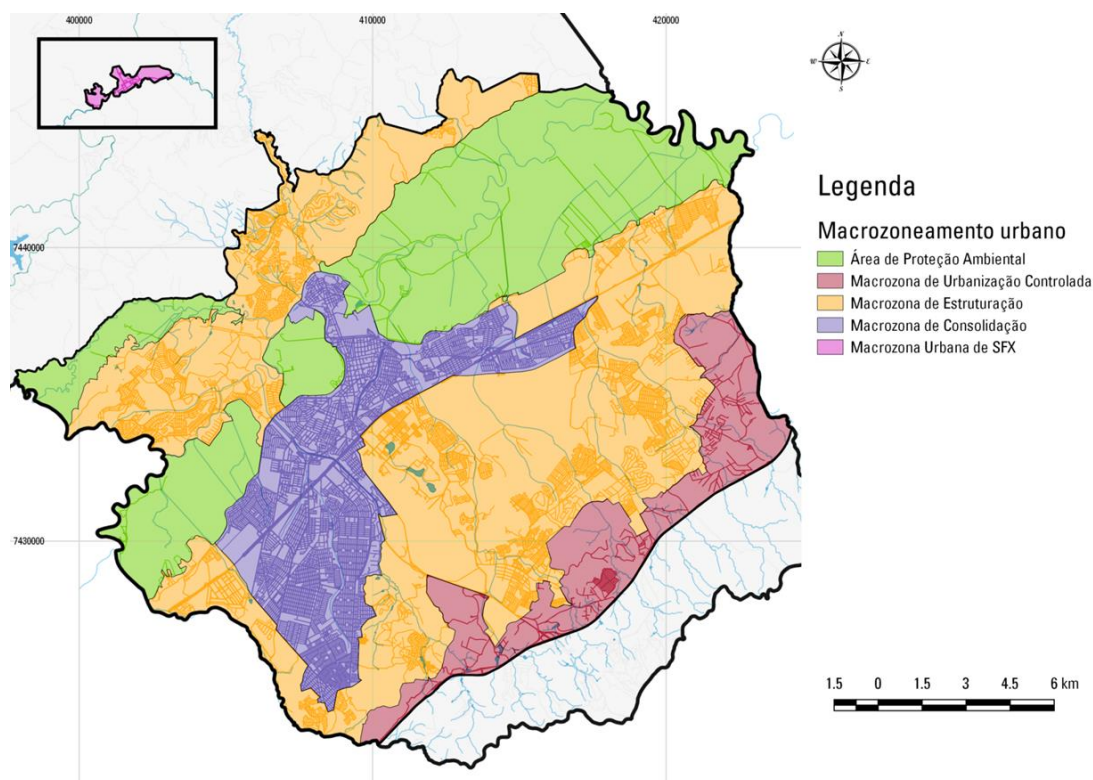


Figura 15: Macrozoneamento Urbano do PDDI 2018

De qualquer forma, espera-se que haja uma expansão da malha urbana, na qual os esforços da legislação, sobretudo através da redução do teto de desmembramento para 50.000m², visam priorizar o parcelamento do solo por meio de novos loteamentos na **ME**. Os loteamentos garantem uma urbanização infraestruturada com destinação de áreas públicas, como áreas verdes e sistemas de lazer, além de todo o sistema de drenagem urbana. Observa-se, portanto, a necessidade de diferenciar e equacionar o impacto no sistema de drenagem urbana de outras tipologias de ocupação que possam surgir nessa Macrozona, como empreendimentos residenciais multifamiliares e condomínios de lotes em glebas e lotes oriundos de desmembramento.

A **MOC** é caracterizada por áreas periféricas sobre as quais a malha urbana não deve avançar, onde a ocupação urbana deverá ser para o fomento de atividades industriais, de logísticas e de serviços, bem como promover a regularização fundiária e urbanística de interesse social, aliados à preservação e requalificação dos córregos urbanos.

A Área de Proteção de Ambiental das Planícies Aluvionares dos Rios Paraíba do Sul e Jaguari visa à proteção das várzeas através da regulamentação dessa unidade de conservação municipal que deverá garantir que o uso sustentável conserve as características geomorfológicas e hidrologias. O Parque Natural do Banhado, unidade de conservação de proteção integral que está inserida nessa **APA** é um patrimônio ambiental e paisagístico do município. A preservação dessa área é ainda tida como estratégica para a mitigação e adaptação a mudanças climáticas.



Ressalta-se que a requalificação dos atributos ambientais, paisagísticos e urbanísticos ao longo dos córregos urbanos é tida como uma das principais estratégias para a valorização da paisagem natural e proteção do patrimônio ambiental e cultural nas macrozonas urbanas, sendo esse um dos objetos do desenvolvimento urbano sustentável estabelecido pelo PDDI. Assim, o inciso VII do art. nº 4º estabelece uma série de diretrizes para o alcance desse objetivo, das quais as associam diretamente com temática da drenagem e manejo de águas pluviais, são:

VII – valorizar a paisagem natural e seus atributos ambientais com estratégia de desenvolvimento sustentável, objetivo que será alcançado por meio das seguintes diretrizes:

a) ressignificar os rios e córregos urbanos, criando espaços de convívio, contemplação e lazer, promovendo a renaturalização, reestabelecendo os serviços ecossistêmicos e integrando a comunidade à paisagem natural;

b) dar continuidade à implantação de parques urbanos, reconhecendo os serviços ecossistêmicos prestados, assim como para melhoria da qualidade de vida com incremento do índice de áreas verdes por habitante, da biodiversidade, integrando-os por meio de uma rede de corredores verdes e fortalecendo seu papel na drenagem urbana sustentável;

c) implementar ações de despoluição dos cursos d'água no Município, buscando maior efetividade nos sistemas de coleta e tratamento de efluentes domésticos em áreas urbanizadas e ampliando ações de saneamento em todo município;

d) fomentar soluções de infraestrutura verde e drenagem urbana sustentável, tendo as bacias e sub-bacias hidrográficas como unidades de planejamento. (LC612/2018)

3.2.2.2. ELEMENTOS ESTRUTURADOS DE DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL

Considerando os aspectos do macrozoneamento em que estão estabelecidos, os EEDUS se estabelecem pelo território, podendo se relacionarem direta ou indiretamente e se estabelecerem sobre um mesmo território. Não há uma hierarquia de prioridade estabelecida, ou seja, todos esses elementos importantes para a qualidade de vida urbana. Assim, considerando a complexidade do processo de urbanização e problemas de alocação de espaço na cidade, torna-se imprescindível a integração e associação desses elementos.

São construídos de áreas estratégicas para o desenvolvimento urbano, como as ADE e as Centralidades, bem como de áreas que promovem o equilíbrio e a qualidade ambiental, como os Parques Urbanos, as UC e as Áreas Urbanas de Interesse Ambiental, além de elementos essenciais para o pleno funcionamento da cidade, como a Mobilidade Urbana, a Macrodrenagem e os Sistemas de Equipamentos Urbanos e Sociais.



Á Política de Macrodrenagem Urbana é endereçada a criação de “mecanismos de gestão de infraestrutura relacionados com o escoamento das águas pluviais e dos rios em áreas urbanas da Cidade; tendo como meta, planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço compatibilizando o desenvolvimento urbano e a infraestrutura de modo a evitar prejuízos econômicos e ambientais”, conforme disposto no art. 48º da LC 612/2018.

O **Quadro 4** destaca principais aspectos de relevância que relacionam a gestão de águas pluviais e os demais Elementos Estruturadores de Desenvolvimento Urbano Sustentável.

Quadro 4: Relação dos Elementos Estruturadores de Desenvolvimento Urbano Sustentável e as Águas Pluviais

EDDUS	DESCRIÇÃO	ASPECTOS RELACIONADOS ÀS ÁGUAS PLUVIAIS
Parques Urbanos	Áreas para a promoção do incremento de Áreas Verdes e Sistema de Lazer Públicos do Município.	Além do papel na drenagem exercido pelos parques urbanos, sendo alguns deles parques lineares, , desenvolvidos junto a corpos d'água, há ainda a previsão do fomento corredores conectividade entre os Parques Urbanos, que garantam a qualidade dos espaços de circulação e permanência, pela presença da natureza incorporada à paisagem urbana e pela valorização dos corpos d'água.
Unidades de Conservação	Áreas cuja proteção do patrimônio ambiental se dá ou dará por meio de unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável, em conformidade com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação.	As unidades de conservação são de relevância para a manutenção do ciclo hidrológico, mas destaca-se o papel das seguintes UC no controle de inundação e cheias urbanas: - APA das Planícies Aluvionares dos Rios Paraíba do Sul e Jaguari que visa uma maior abrangência de proteção das várzeas, além da proteção da APA Estadual do Banhado; - APA da Serra do Jambreiro que visa proteger e recuperar os cursos d'água e suas cabeceiras de forma a contribuir para o controle das enchentes em áreas urbanas, ainda que situada em área rural;
Áreas Urbanas de Interesse Ambiental	Áreas urbanas com atributos naturais que deverão ser protegidos no âmbito da política de uso e ocupação do solo, pois favorecem o conforto ambiental e a manutenção da paisagem natural, considerada patrimônio da Cidade.	Essas áreas são de grande relevância e possuem relação direta com a sustentabilidade da drenagem urbana, são elas: I - Planícies Aluvionares do Rio Paraíba do Sul e do Rio Jaguari (ver Unidade de Conservação); II - Remanescentes de Vegetação Nativa; III - Área de Controle de Impermeabilização – ACI - áreas com restrições urbano-ambientais visando à recarga dos aquíferos e a permeabilidade das cabeceiras, de forma a garantir a qualidade das águas e a prevenção de enchentes e inundações na malha urbana consolidada.
Áreas de Desenvolvimento Estratégico	Núcleos associados à implantação de empreendimentos econômicos de grande porte e áreas com vocação para desenvolvimento sustentável e diversificado, contribuindo distribuição da atividade econômica no município.	Dentre as ADE, algumas tem relação direta com os recursos hídricos como a: - ADE Potencial Represa do Jaguari que visa promover a valorização dos atributos naturais, além de disciplinar o uso do solo considerando as condicionantes geomorfológicas, hidrológicas e ecossistêmicas locais, entre outras; - ADE Potencial Rio Paraíba do Sul que visa reconhecer e valorizar a capacidade produtiva e de prestação de serviços ambientais, bem como a função paisagística e recreativa das várzeas do Rio Paraíba do Sul, além de fortalecer as ações de saneamento, incluindo as associadas à poluição difusa, a fim de melhorar a qualidade da água nos córregos que abastecerão as culturas agrícolas; entre outras; - ADE Potencial Tamoios que deve promover a atividade logística, considerando a preservação os fragmentos de vegetação nativa e as áreas de relevância hídrica da ADE, entre outras.
Centralidades	Áreas mais dinâmicas da cidade e que exercem atratividade sobre a população concentrando,	As centralidades são propostas para serem as áreas mais dinâmicas na cidade, o que pode refletir em uma maior densidade construtiva, para as quais foram direcionados os principais



	principalmente, diversidade e intensidade de atividades (em especial comércio e serviços) e também polarizando grande quantidade de viagens.	incentivos urbanísticos, de um modo geral. A manutenção e requalificação urbanística e ambiental dessas regiões, incluindo as questões de drenagem, podem ser estratégicas para o desenvolvimento de algumas dessas centralidades. Além disso, a qualificação urbana e ambiental das infraestruturas de drenagem, como os reservatórios urbanos podem incrementar valor a essas centralidades, ampliando a oferta de áreas de lazer e verdes, como por exemplo, na Centralidade do Putim.
Sistema de Equipamentos Urbanos e Sociais	São compostos por equipamentos de educação, saúde, esporte e lazer, cultura e assistência social, que visam reduzir as desigualdades socioterritoriais, atender as necessidades básicas, principalmente de grupos sociais mais vulneráveis, entre outros objetivos.	Assim como os parques urbanos áreas para implantação de equipamentos de esporte e lazer e cultural, tem potencial de se associarem a infraestrutura de drenagem urbana, no conceito de paisagens multifuncionais. Há inclusive uma diretriz de priorização de uso de terrenos públicos e equipamentos ociosos ou subutilizados como forma de potencializar o uso do espaço público já constituído; Destaca-se ainda situação dos loteamentos regularizados e a regularizar, onde devido à falta de planejamento, há dificuldades em se obter áreas para a implantação dos equipamentos urbanos e sociais. Assim, essa associação pode ser estratégica para solucionar as questões de alocação de espaço.
Mobilidade Urbana	São infraestruturas de mobilidade urbana, como a Macroestrutura Viária, a Hierarquia Viária, o Sistema Cicloviário, os Corredores Estruturais de Transporte Público	É indiscutível o papel da mobilidade urbana no desenvolvimento urbano e promoção de melhorias sociais. Há que se considerar, no entanto, o impacto da implantação dessa infraestrutura devido principalmente, à impermeabilização. A adoção de novos materiais construtivos, bem como sua associação aos sistemas de drenagem, a exemplo dos pisos permeáveis. A promoção da mobilidade urbana é essencial para redução do transporte motorizado individual, potencialmente reduzindo a necessidade de áreas de estacionamento e seu respectivo impacto de impermeabilização, disponibilizando áreas para outras finalidades, incluindo áreas de lazer e verdes.

3.2.2.3. REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA E URBANÍSTICA

Conforme apresentado no diagnóstico para a revisão do PDDI, os núcleos urbanos informais, principalmente os de interesse social, possuem deficiências em suas infraestruturas, que podem resultar em riscos de inundação. Nesse sentido, o art. 4º da LC 612/2018 estabeleceu o seguinte objetivo de ordenamento territorial:

VI - continuar o processo de regularização fundiária e urbanística dos núcleos informais, objetivo que será alcançado por meio das seguintes diretrizes:

b) prover de infraestrutura os núcleos informais regularizados;

e) prever mecanismos para mitigação de riscos ou realocação da população residente em áreas de risco, em consonância com o Plano Municipal de Redução de Riscos;

f) implantar sistema eficaz de fiscalização, buscando coibir o surgimento de novos assentamentos irregulares;

h) estabelecer critérios para a regularização fundiária em áreas de risco e em áreas de preservação permanente, sobretudo as de interesse social, de forma a reduzir os impactos sociais, econômicos e ambientais e aumentar a resiliência frente a eventos climáticos severos decorrentes das mudanças climáticas; e



i) reconhecer a indissociabilidade entre a política de regularização fundiária e as políticas públicas de habitação de interesse social, uso e ocupação do solo, macrodrenagem, mobilidade urbana e de prevenção e redução de riscos. (LC612/2018)

Observa-se a relação direta e indissociável das questões de macrodrenagem a política de regularização fundiária, juntamente com diversas políticas públicas, como habitação, uso e ocupação do solo e prevenção e redução de riscos.

3.2.3. INTERFACE COM OUTRAS POLÍTICAS PÚBLICAS MUNICIPAIS

Em uma cidade, os sistemas e serviços urbanos não estão isolados, todos se estabelecem sobre o mesmo território e provocam impactos positivos e negativos. Assim, a integração e o desenvolvimento de uma visão sistêmica são imprescindíveis para que as medidas e ações propostas por diversas políticas públicas considerem a complexidade do desenvolvimento urbano sustentável em seu constante processo de revisão e aprimoramento.

3.2.3.1. LEI DE PARCELAMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Conforme mencionado anteriormente, a **LPUOS** é um dos principais instrumentos de implementação das diretrizes de **PDDI**. A **LPUOS** define, por exemplo, as zonas de uso, estabelecendo parâmetros como a área mínima do lote, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento dos lotes. Com isso, baseado nos objetivos das macrozonas, são estabelecidas as áreas que deverão ser adensadas e verticalizadas, bem como áreas que deverão ter ocupação menos intensa.

A LC 623/2019 visa ampliar a infraestrutura da Macrozona de Estruturação através da redução do teto do desmembramento para 50.000m² (na **LPUOS** que a antecedeu, a LC 428/2010, o teto era de 10.000m²). Dessa forma, espera-se um maior número de empreendimento em loteamentos, em detrimento ao simples desmembramento que não gera urbanização da área por meio de espaços públicos e sistema viário. Os loteamentos são a modalidade de parcelamento do solo que apresentam melhores condições para a implantação de medidas de controle de drenagem, além de contarem com áreas verdes públicas, que podem ser destinadas também para essa finalidade. O **Quadro 5** apresenta alguns itens da **LPUOS** relacionado às águas pluviais.

Quadro 5: Relação da LPOUS e as águas pluviais

ITEM	DESCRIÇÃO
Estudos Ambientais do Remanescente de Vegetação Nativa	Possibilita um melhor planejamento das áreas verdes e de corredores ecológicos nos projetos de loteamentos. A preservação de áreas vegetadas e com potencial de recomposição favorecem a infiltração da água e retardam o escoamento da água.
Medidas de conservação do solo	Visam eliminar dos impactos das obras de terraplanagem, principalmente, como a erosão do solo e ao assoreamento dos corpos d'água.



ITEM	DESCRIÇÃO
Áreas Verdes e Sistema de Lazer	Estabelece percentuais mínimos de áreas a serem destinadas nos loteamentos para essa finalidade de acordo com o zoneamento. As áreas de preservação permanente (APP) não são computadas nesse percentual mínimo. O projeto paisagístico contempla a preservação e recomposição da vegetação das áreas verdes.
Área de Controle de Impermeabilização	Estabelece o percentual mínimo de 20% de áreas permeáveis para loteamentos inseridos na ACI, que podem incluir áreas verdes, sistema de lazer ou áreas de preservação permanente.
Área de Recarga de Aquífero	Estabelece parâmetros específicos para as áreas verdes e o acréscimo de área permeável para empreendimentos inseridas dentro desse polígono, de forma a favorecer a infiltração de água no solo.
Área Sustentável	Estabelece uma série de tecnologias que podem ou devem ser adotadas pelos empreendimentos para torná-los mais sustentável, tais como reuso de águas pluviais, teto verde, entre outras
Calçada Ajardinada	Estabelece parâmetros para as calçadas de novos loteamentos e empreendimentos, que deve dispor de uma faixa de serviço ajardinada com largura mínima de 80cm e comprimento de acordo com a tipologia do empreendimento e a testada do lote.
Condomínio Sustentável	Modalidade de condomínio de lotes residencial específico da Zona de Proteção Ambiental 2 desenvolvido com premissas de assentamento humano sustentáveis, no qual está prevista uma área de reserva e manejo florestal, em, pelo menos, 50% do empreendimento.

Além desses itens, a **LPUOS** traz um capítulo específico de macrodrenagem e drenagem urbana, conforme apresentado a seguir:

CAPÍTULO II

DA MACRODRENAGEM E DA DRENAGEM URBANA

Seção I

Da Macrodrenagem e da Drenagem Urbana

Art. 254. O órgão municipal competente estabelecerá as diretrizes de macrodrenagem e drenagem urbana, visando estabelecer o melhor encaminhamento das águas pluviais, as medidas para compensar a redução da capacidade de infiltração das águas de chuvas no solo e o aumento do escoamento pluvial em decorrência de obras de terraplenagem, edificações e urbanização.

Parágrafo único. As medidas compensatórias referidas no “caput” deste artigo referem-se a obras de retenção, detenção e retardo do escoamento das águas pluviais, assim como a infiltração destas no lençol subterrâneo, antes do lançamento nos sistemas públicos de drenagem.

Art. 255. Todos os lotes ou glebas deverão respeitar taxa de permeabilidade do solo em relação à área da gleba ou lote, de, no mínimo:

I - para áreas acima de 175m² (cento e setenta e cinco metros quadrados) até 5.000m² (cinco mil metros quadrados), atender 5% (cinco por cento);

II - para áreas acima de 5.000m² (cinco mil metros quadrados) até 10.000m² (dez mil metros quadrados), atender 15% (quinze por cento);

III - para áreas superiores a 10.000m² (dez mil metros quadrados), atender 20% (vinte por cento).



§ 1º As exigências acima poderão ser compensadas por meio de implantação de dispositivos de infiltração no solo, aprovados através de projeto de drenagem, desde que estes garantam minimamente a capacidade de infiltração equivalente à área a ser compensada.

§ 2º Quando os lotes não oriundos de loteamento ou glebas estiverem inseridos na área de recarga de aquíferos identificada no Anexo V - Áreas de Recarga de Aquífero, parte integrante desta Lei Complementar, e nas Zonas de Planejamento Específico Um – ZPE1 inseridas na Região Sul, será exigido um adicional de 5% (cinco por cento) de taxa de permeabilidade, sendo vedadas, nestas áreas, as disposições do § 1º deste artigo.

Art. 256. As edificações em lotes ou glebas com área igual ou superior a 2.000m² (dois mil metros quadrados), independentemente do zoneamento em que se situem, serão objeto de análise e diretrizes específicas de drenagem a cargo do órgão municipal competente, estando sujeitos à execução de medidas compensatórias.

§ 1º As medidas compensatórias referidas no “caput” deste artigo referem-se a obras de retenção, detenção e retardo do escoamento superficial das águas pluviais, assim como a infiltração destas no lençol subterrâneo, antes do lançamento na via pública ou nos sistemas públicos de drenagem.

§ 2º Para fins de aprovação de projeto de construção, o interessado deverá abrir processo de drenagem a fim de desenvolver o projeto das obras relacionadas no “caput” deste artigo, acompanhado da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica - ART do responsável técnico pelo projeto e execução da obra.

§ 3º O dimensionamento dos reservatórios de detenção, de retenção ou sistema de infiltração atenderão as diretrizes técnicas a serem fornecidas pelo órgão municipal competente.

§ 4º A concessão do “Habite-se” está vinculada à execução dos reservatórios de detenção, de retenção ou sistema de infiltração, conforme projeto aprovado pelo órgão municipal competente.

§ 5º A não operação dos reservatórios de detenção, de retenção ou do sistema de infiltração implicará na infração, multa e sanções administrativas previstas no art. 266 desta Lei Complementar.

Art. 257. As águas pluviais dos lotes poderão ser aproveitadas, desde que não comprometa a função proposta para os sistemas instituídos.

Parágrafo único. As águas pluviais deverão ser interligadas aos sistemas públicos de drenagem sem que comprometam a capacidade de vazão dos mesmos.

Art. 258. Nas edificações em geral, as águas pluviais provenientes dos telhados, pátios ou áreas pavimentadas, deverão escoar dentro dos limites do imóvel, não podendo desaguar diretamente sobre os lotes dos vizinhos e sobre os passeios públicos, devendo ser manejadas nos termos dos arts. 256 e 257 desta Lei Complementar, garantindo que o volume excedente seja canalizado até a sarjeta sob o passeio público, através de sistema



composto por elementos tais como calhas, condutores, rufos, ralos, grelhas ou qualquer outro meio necessário para o correto escoamento destas águas, conforme determinado pela autoridade competente.

§ 1º É proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais na rede coletora de esgotos.

§ 2º Não é permitida a utilização do sistema de lançamento de águas servidas provenientes de tanques, lavagens de edificações, pátios e outros.

§ 3º Excluem-se as edificações cuja disposição dos telhados orientem as águas pluviais para o seu próprio terreno e não causem infiltrações nos imóveis vizinhos.

Art. 259. Esta Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo obedecerá aos limites das áreas suscetíveis à inundação, a serem instituídas pelo Plano de Macrodrenagem por meio de legislação específica.

Parágrafo único. Até a efetiva edição do Plano de Macrodrenagem fica mantido o caráter de transitoriedade da Zona de Domínio de Curso D'Água, nos termos do art. 147, da Lei Complementar n. 612, de 2018.

Seção II

Dos Reservatórios de Detenção ou Retenção

Art. 260. O projeto de reservatório de detenção ou retenção deverá atender aos seguintes requisitos:

I - os impactos ao meio ambiente, ocasionados pela implantação do reservatório devem ser estudados;

II - dispor de estruturas de dissipação de energia da vazão de descarga, assegurando a capacidade e condições normais de trabalho do sistema a jusante;

III - adotar cuidados especiais para evitar a formação de vórtices e para proteger as entradas dos reservatórios a fim de evitar sua obstrução com objetos flutuantes, que possam vir a colocar vidas em perigo;

IV - por segurança, o reservatório deverá possuir estrutura de extravasão dimensionado;

V - na ocorrência de barragens, os vertedouros deverão ser dimensionados para atender, além do amortecimento exigido para a vazão de deságua, as vazões de extravasão;

VI - os reservatórios deverão ser de material adequado, que assegure a estabilidade dos mesmos;

VII - nos reservatórios de detenção ou retenção cobertos, a área superior poderá ser aproveitada para área de lazer, recreação e estacionamento;

VIII - quando os reservatórios de detenção ou retenção possuírem sistema de infiltração, os parâmetros poderão ser obtidos em diretrizes de drenagem específicas;

IX - ser apresentadas orientações para a manutenção dos reservatórios, em especial, das estruturas de controle de vazão, além das orientações e planos para remoção dos resíduos sólidos depositados no fundo do reservatório;



X - ser justificado o tempo de duração da chuva escolhida e o período de retorno utilizado;

XI - o tempo de duração da chuva utilizado no dimensionamento do reservatório deverá ser aquele que apresentar o maior volume de detenção ou retenção;

XII - poderão ser estudadas ou sugeridas soluções alternativas que tenham viabilidade de construção e segurança de funcionamento;

XIII - para o dimensionamento do reservatório deverão ser observados o hidrograma de entrada e saída do reservatório, a curva cota-volume do reservatório e as estruturas de vazão de controle e de segurança;

XIV - respeitar o recuo de 1,5m (um metro e cinquenta centímetros) para laterais e fundos e poderão ser dispensados dos recuos frontal e frontal secundário quando não houver afloramento;

XV - o projeto do reservatório deverá ser acompanhado da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica - ART, do responsável técnico pelo projeto e pela execução da respectiva obra. (LC 623/2019)

3.2.3.2. GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E PEV

Em relação à gestão de **RCC** e resíduos volumosos, o município instituiu através da Lei Ordinária nº 7.146/2006 seu plano integrado de gerenciamento e o sistema de gestão de **RCC** e resíduos volumosos, conforme preconiza a Resolução **CONAMA** nº 307/2002.

A Lei Ordinária nº 7.146/2006 prevê a constituição de uma rede de pontos de entrega para pequenos volumes de **RCC** e resíduos volumosos, a ser implantada em bacias de captação de resíduos. Define o **PEV** como sendo o equipamento público destinado ao recebimento de pequenos volumes de **RCC** e resíduos volumosos, gerados e entregues pelos munícipes, podendo ainda ser coletados e entregues por pequenos transportadores diretamente contratados pelos geradores, equipamentos esses que, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, devem ser usados para a triagem de resíduos recebidos, posterior coleta diferenciada e remoção para adequada disposição. A mesma lei define que os pequenos volumes de **RCC** e resíduos volumosos são aqueles contidos em volumes inferiores a 1 m³. Para o atendimento aos pequenos geradores atualmente o município conta com 15 **PEV** espalhados em todas as regiões da cidade, sendo um deles localizado no distrito de São Francisco Xavier. O **Quadro 6** apresenta as quantidades de resíduos coletados nos **PEV** no período de julho/2019 a julho/2020.

Quadro 6: Quantitativo de resíduos coletados na rede de PEV

MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE
Poda	m ³	46.528
Madeira	m ³	40.047



RCD Limpo	m³	34.429
Gesso	m³	1.728
Amianto	m³	549,52
Lâmpadas	un.	48.884
Pneu	un.	11.789
Reciclado	ton	182,9
Vidro	ton	275,4
Eletrônico	un.	28.022
Sofá	un.	12.678
Colchão	un.	8.464
Pilhas	un.	33.359
Óleo de cozinha	l	2.425

Fonte: SMC, 2020

Desde 2018, tem sido implantado o modelo Eco-PEV, que utiliza técnicas de construções sustentáveis, como paredes de solo-cimento, sistemas de captação de água de chuva, telhado em material reciclado e tratamento sustentável de águas residuais. Já são três unidades concebidas dessa forma, sendo que no Eco-PEV Urbanova (Figura 16), último a ser inaugurado, houve a implantação de técnicas compensatórias de drenagem urbana, como calçamento de concreto permeável e jardim de chuva.



Figura 16: ECO-PEV Urbanova

Para atender os grandes geradores (aqueles que geram volumes superiores a 1 m³) o município tem atualmente cadastrados 49 empresas de coleta e transporte e 21 empresas de transbordo/triagem ou destinação. Para o cadastramento dos grandes geradores e dessas empresas prestadoras de serviço atualmente é utilizado um software online denominado Coletas Online, que permite, por exemplo, que,

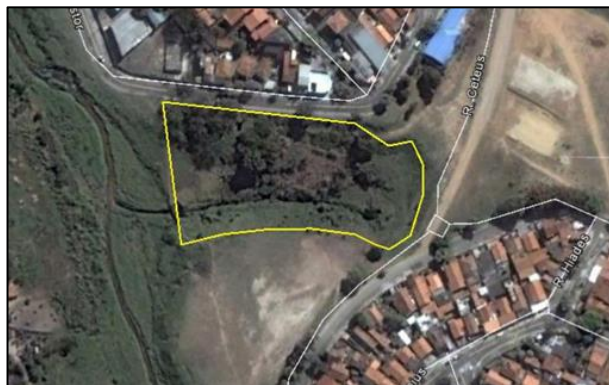


para todas as movimentações de **RCC** realizadas no município, sejam criados seus respectivos controles de transporte, contendo informações tais como classe e volume do resíduo transportado e destinado.

No entanto, embora estes serviços públicos (rede de **PEV**) e serviços privados sejam ofertados, há uma quantidade de **RCC** e resíduos volumosos que continuam sendo descartados de forma inadequada e irregular em terrenos vazios, logradouros públicos ou áreas ambientalmente protegidas. O **PMGIRS** (2015) identificou à época de sua elaboração 140 pontos de despejo irregular de resíduos, espalhados pela malha urbana do município.

3.2.3.3. PROGRAMA DE REVITALIZAÇÃO DE NASCENTES URBANAS

O **PRN** é um programa municipal que atua para a revitalização de nascentes degradadas localizadas em áreas públicas municipais, tendo atualmente 35 nascentes. Entre 2017 e 2019, foram feitas ações de plantio e conservação em 11 dessas nascentes, resultando numa área de intervenção de cerca de 8 hectares, onde foram plantadas mais de 5.000 mudas. Foram investidos quase 165 mil reais com recursos do **FUMCAM**. Recentemente, foi aprovada a Lei nº 10.108/2020 que autoriza a instituição do Programa. Assim, o trabalho de proteção e conservação de nascentes deve ampliar sua capacidade de estabelecer parcerias com a iniciativa privada e com organizações da sociedade civil, além de poder ter dotações orçamentárias específicas. A **Figura 17** apresenta uma das nascentes revitalizadas no âmbito do **PRN**.



(a)



(b)

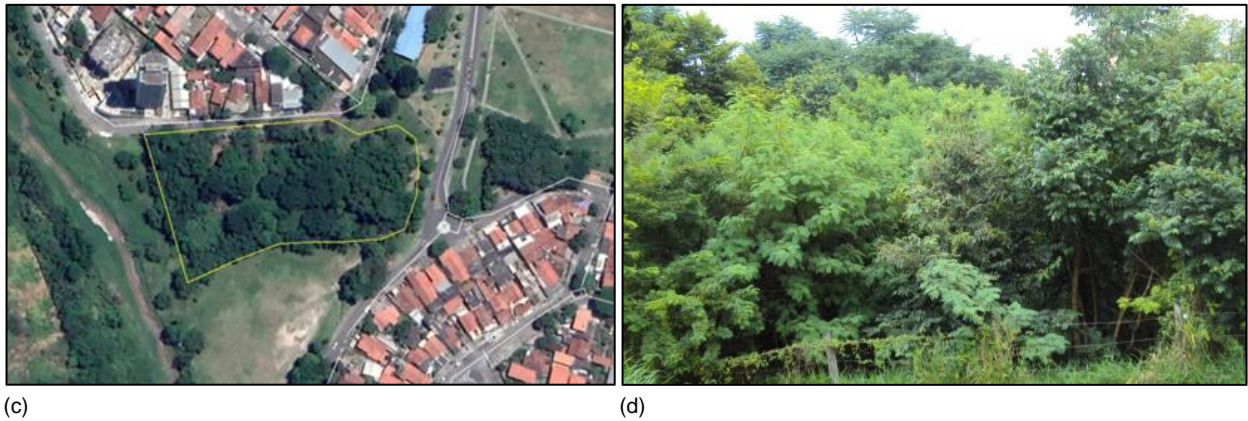


Figura 17: Nascente PRN 10 - Rua Lira - Jardim Satélite: (a) Imagem Google Earth – set/2008; (b) Foto in loco – 2006; (c) Imagem Google Earth – abr/2019; (d) Foto in loco – 2017

Fonte: SEURBS, 2019

Além das ações de revitalização que atuam diretamente para minimizar os impactos da urbanização sobre os cursos d’água, o **PRN** possui um extenso programa de Educação Ambiental desenvolvido junto às escolas públicas para ser desenvolvido com as escolas próximas às nascentes. Foram criados materiais didáticos e informativos e as escolas parceiras participaram de atividades de campo para o monitoramento da qualidade da água, realizando coleta e análise de água e executando o plantio de mudas. Além disso, o programa tem o conceito de Educomunicação e realiza Mostras de Vídeos Ambientais produzidas pelos estudantes.

3.2.3.4. PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCOS

O **PMRR** foi elaborado com base na Lei Federal 12.608/2012, que estabelece aos municípios a responsabilidade no estudo de áreas de risco, de forma a mapear os pontos mais críticos e apontar quais problemas podem acontecer em cada local, como enchentes, deslizamentos e quedas de barrancos. O **PMRR** foi desenvolvido com base na metodologia de mapeamento de áreas de risco de escorregamentos desenvolvida pelo **IPT** e pelo Ministério das Cidades (atual Ministério de Desenvolvimento Regional).

De acordo com o **PMRR**, uma área de risco é uma “Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos a integridade física, perdas materiais e patrimoniais”. O risco, por sua vez, é a “relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade”. No caso de inundação, a determinação do risco se estabelece por correlações dos cenários de processos hidrológicos, a vulnerabilidade das habitações com base nos seus aspectos construtivos da moradia, a classificação de periculosidade que considera a distância do eixo da drenagem do processo analisado.



Foram classificadas 53 áreas de risco, 129 setores sujeitos a risco, com 3.037 moradias com risco de escorregamento e 632 com risco de inundação, cuja contagem foi realizada em campo e por interpretação de imagem de satélite. O [Quadro 7](#) sintetiza o mapeamento de risco realizado pelo [PMRR](#).

Quadro 7: Síntese do grau de risco dos setores classificados e o respectivo número de moradias existentes.

RISCO		NÍVEL DE RISCO				
		R1 – BAIXO	R2 – MÉDIO	R3 – ALTO	R4 – MUITO ALTO	TOTAL
ESCORREGAMENTO	Setores	0	33	37	39	109
	Moradias	0	1.325	1.082	630	3.037
INUNDAÇÃO	Setores	11	7	2	0	22
	Moradias	442	102	88	0	632

Fonte: PMRR

É importante ressaltar que o [PMRR](#) direciona os esforços de medidas estruturais e não-estruturais em áreas de inundação para um Plano de Drenagem que deveria “diagnosticar os problemas existentes ou previstos e determinar, do ponto de vista técnico-econômico e ambiental, as soluções mais interessantes de maneira sustentável e integrada aos demais aspectos pertinentes como legislação vigente, infraestrutura urbana e áreas verdes, além de pré-dimensioná-las e hierarquiza-las. Como tais soluções não envolvem apenas obras, mas também recomendações quanto ao gerenciamento da drenagem, o disciplinamento de uso e ocupação do solo, a educação ambiental e outras medidas ditas não estruturais, é necessário que tal planejamento seja o mais abrangente possível, envolvendo em sua realização os representantes dos diversos agentes e órgãos responsáveis pela gestão da infraestrutura, saneamento básico, meio ambiente e da sociedade civil como um todo”.

Adicionalmente, ressalta-se que o [PMRR](#) atua com as propostas de medidas não estruturais para gestão de risco de desastres, conforme sintetiza o [Quadro 8](#). Observa-se, assim, que há transversalidade das políticas públicas, bem como há a necessidade de articulação intersetorial, de forma que haja uma complementação e não uma sobreposição no planejamento. Dessa forma, entende-se que diversas medidas não-estruturais, que poderiam ser desenvolvidas pelo [PDDMAP](#), já estão endereçadas no [PMRR](#).

Quadro 8: Medidas não-estruturais para Gestão de Risco de Desastres do PMRR

EIXO	AÇÕES PROPOSTAS
CONHECIMENTO DO RISCO - Identificação e caracterização do risco - Análise do risco - Monitoramento do risco - Comunicação do risco	Instalação de um banco de dados georreferenciados
	Elaboração de cartas geotécnicas
	Monitoramento permanente dos riscos
	Sistema de monitoramento pluviométrico e alerta prévio
	Implantação de rede municipal de comunicação



EIXO	AÇÕES PROPOSTAS
	Campanhas socioeducativas nas escolas
MANEJO DO RISCO - Intervenção corretiva ou mitigação dos riscos - Intervenção prospectiva ou antecipação aos riscos - Proteção financeira ou transferência dos riscos	Incorporação dos riscos pela Política Habitacional do Município
	Incorporação dos riscos pela Política Municipal de Regularização Fundiária
	Alterações na legislação municipal
	Plano de fiscalização e controle da expansão e ocupação urbana
MANEJO DO DESASTRE - Preparação e execução da resposta; - Preparação e execução da recuperação.	Elaboração do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil
	Atendimento a emergências
	Serviço de atendimento telefônico
	Realização de vistorias
	Estoque estratégico mínimo
	Sistema de abrigo temporário
ARRANJO INSTITUCIONAL-LEGAL - Articulação intersetorial (público, privado e sociedade civil) - Suporte legal	Integrar a gestão de riscos às outras políticas setoriais
	Criação de uma instância administrativa intersectorial e readequação da Defesa Civil Municipal
	Elaboração de legislação municipal sobre a gestão de riscos
	Adequação do Plano Diretor Municipal
	Celebrar convênios e parcerias com Universidades, Institutos de Pesquisa, Organizações Não Governamentais e o Setor Privado
	Medidas de organização envolvendo as comunidades expostas
	Proposta de formação de rede integrada de NUPDECs

3.2.3.5. DEFESA CIVIL – OPERAÇÃO VERÃO

Na Gestão de Risco de Desastres, a Defesa Civil Municipal atua em 5 fases:

1ª Fase – Prevenção: Ações destinadas a reduzir a ocorrência e a intensidade de desastres por meio da identificação, mapeamento e monitoramento de riscos, ameaças e vulnerabilidades, bem como a capacitação da sociedade.

2ª Fase – Mitigação: Medidas estruturais e não estruturais para limitar os danos e prejuízos, visto que não é possível prevenir todos os impactos adversos das ameaças.

3ª Fase – Preparação: Medidas tomadas antecipadamente para assegurar uma resposta eficaz aos desastres, como planos de contingência, simulações, monitoramento, emissão de alertas e a evacuação da população.

4ª Fase – Resposta: Ações de socorro, assistência à população afetada e reabilitação do cenário de desastre com o objetivo salvar vidas e reduzir os danos e prejuízos.



5ª Fase – Recuperação: Medidas tomadas logo após o desastre para reestabelecer a normalidade da comunidade afetada, como a recuperação de serviços essenciais, a realocação de pessoas e ações de reconstrução.

Além de seus servidores, a Defesa Civil conta com NUPDEC que são grupos formados por moradores voluntários de bairros considerados áreas de risco no município para prevenir e reduzir a ocorrência de desastres em áreas consideradas de risco

A Operação Verão é uma das operações especiais da Defesa Civil que é realizada durante a estação chuvosa entre dezembro e março, de forma a evitar e minimizar os danos e prejuízos das enchentes e inundações, raios e deslizamentos e escorregamentos, com base no Plano Preventivo de Defesa Civil.

Essa operação é desenvolvida em conjunto com órgãos estaduais e com concessionárias de serviços e envolve o monitoramento dos índices pluviométricos e da previsão meteorológica, vistorias de campo, orientações e atendimentos emergenciais. É feito o monitoramento remoto das condições meteorológicas e a apuração das ocorrências que chegam à Central 190 e por meio de informações do [CEMADEN](#), fornecidas pela Defesa Civil Estadual, que abrangem o período de 72 horas. Com esses alertas, o órgão pode manejar equipes para vistoriar as áreas de risco.

3.2.3.6. POLÍTICAS PÚBLICAS NA ÁREA RURAL

O perímetro urbano de São Francisco Xavier foi definido pela Lei Municipal 612/2018, que instituiu o Plano Diretor do Município de São José dos Campos. Considerando que o perímetro de São Francisco Xavier está contido no contexto rural da Bacia do Rio do Peixe e circundado pela Macrozona Rural de Proteção dos Recursos Hídricos, as políticas de drenagem deverão ser tratadas considerando a bacia hidrográfica do Rio do Peixe como unidade de planejamento. Sendo que esta trata-se de uma bacia que possui diretrizes específicas a fim de garantir a conservação de recursos hídricos.

A área rural de São José dos Campos compreende 67,8% de seu território, a Lei Complementar nº 612/2017 estabeleceu o perímetro urbano e rural do município, e subdividindo-os em macrozonas. O macrozoneamento rural consiste em Macrozona de Desenvolvimento Sustentável, Macrozona de Potencial Turístico, Macrozona de Proteção de Recursos Hídricos, [APA](#) de São Francisco Xavier e [APA](#) da Serra de Jambuí, conforme mostra a [Figura 18](#).

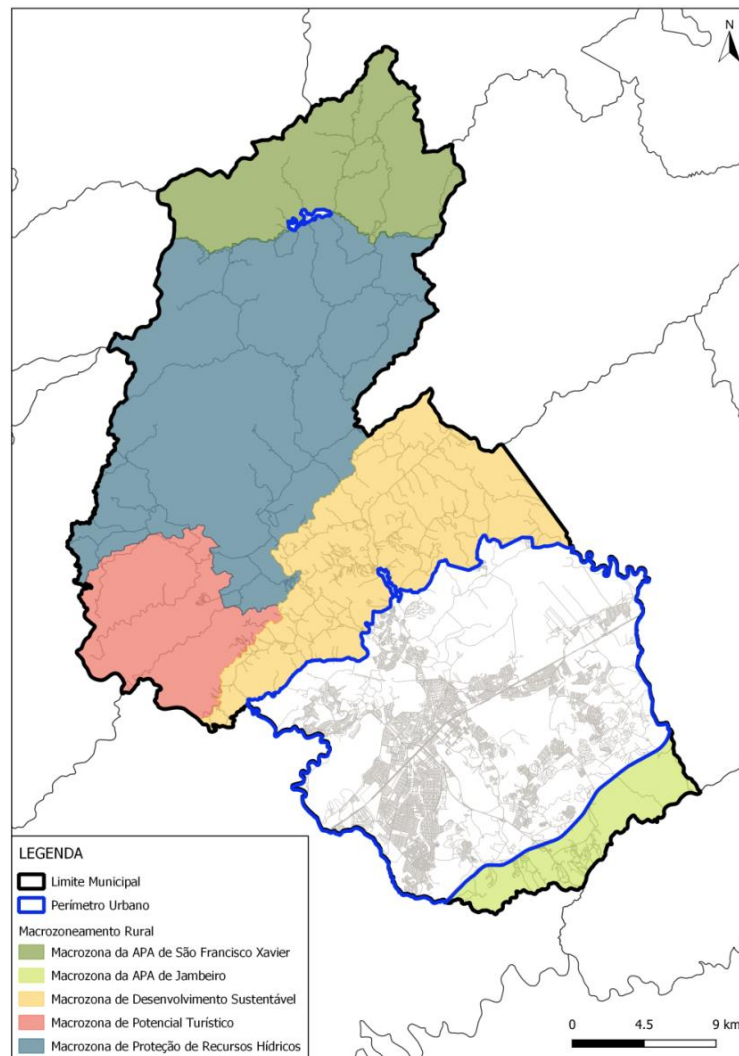


Figura 18: Macrozoneamento Urbano do PDDI 2018

Fonte: LC 612/2018

Além do Macrozoneamento Rural, definido pelo Plano Diretor, a zona rural possui uma boa parcela constituída por **APA** nas três esferas de governo. Nesse sentido, torna-se necessário integrar o uso do solo rural com políticas sustentáveis que visem o equilíbrio entre o ambiental e o uso social do espaço rural. Considerando o Plano Diretor e as Áreas de Proteção Ambiental, o Plano de Macrodrenagem integra as diretrizes estabelecidas nas políticas municipais adotadas.

O uso de bacias hidrográficas como unidade de planejamento é fundamental para conhecer o comportamento da drenagem e possíveis implicações no território. A aplicação de práticas sustentáveis no meio rural garante a qualidade do abastecimento da população, inclusive para atendimento à área urbana. Sob este contexto, o **PSA** desenvolvido pela Prefeitura de São José dos Campos, implantado pela Lei Municipal nº8703/2012, definiu microbacias rurais prioritárias, aplicando estratégias de educação



ambiental, voltadas à conservação da biodiversidade integrada ao fortalecimento das cadeias produtivas sustentáveis.

I - Serviços Ambientais: iniciativas antrópicas que favoreçam a conservação, manutenção, ampliação ou a restauração dos serviços ecossistêmicos, isto é, dos benefícios propiciados pelos ecossistemas naturais que são imprescindíveis para a manutenção das condições necessárias à vida (...) (Lei Municipal nº 8703/2012)

Dentre os instrumentos de desenvolvimento sustentável aplicados para áreas rurais, a Lei Federal nº 12.651/12, que instituiu o Código Florestal, define que as áreas rurais devem ser cadastradas no **CAR**, informando limites da propriedade, Reserva Legal, delimitação das malhas hídricas incidente na propriedade, bem como sua respectiva **APP**, além de outras informações para compor o inventário das propriedades rurais brasileiras.

Cada estado da federação está responsável pela aprovação do Plano de Recuperação Ambiental das áreas do **CAR** e cabe aos órgãos ambientais estaduais a validação das áreas inscritas. Para o estado de São Paulo, foi instituído o **SiCAR** Paulista, onde os proprietários e responsáveis técnicos realizam o cadastro das áreas, cabendo a **CETESB** a validação dos **CAR** inscritos no sistema.

O município de São José dos Campos possui cadastradas, em perímetro rural, 1815 propriedades rurais, totalizando 526 hectares de áreas cadastradas, 98 hectares de Reserva Legal e 124 hectares de **APP**, correspondendo a 47,8%, 11,3% e 8,9% do território municipal, respectivamente, conforme ilustrado pela **Figura 19**.

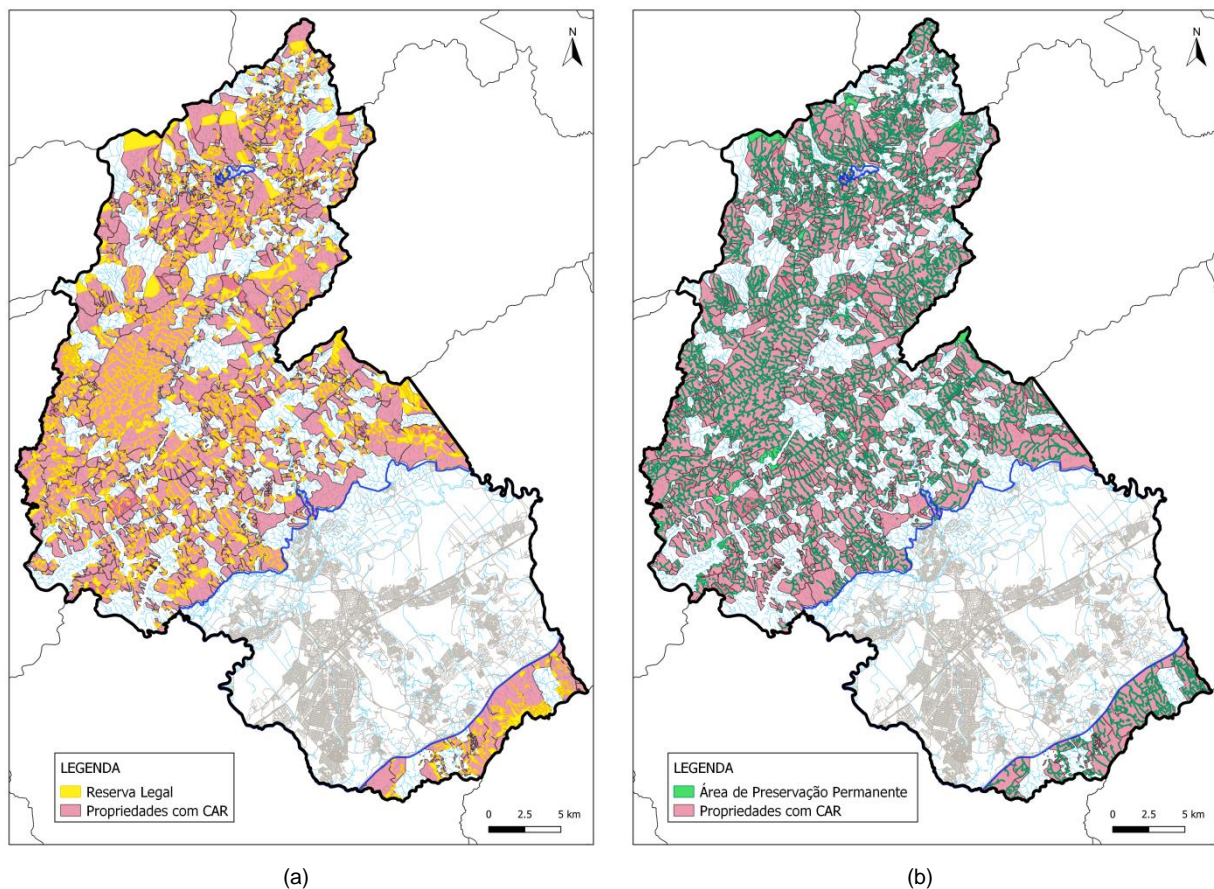


Figura 19: Propriedades com CAR (a) Reserva Legal em amarelo (b) APP em verde

3.2.3.7. PROGRAMA OBSERVA

O monitoramento do território é um procedimento eficaz tanto para fiscalizar ações irregulares, quanto para subsidiar análises da evolução do uso e ocupação do solo. O uso de imagens de satélite é uma ferramenta que permite o monitoramento, principalmente em áreas de grandes extensões e de difícil acesso, assim como ocorre na zona rural do município de São José dos Campos.

Para dinamizar a rotina de fiscalização do município e garantir o monitoramento de toda a extensão rural, o município implantou o 'Programa Observa – Monitoramento por Imagens de Satélite'. A metodologia do Projeto Observa consiste na utilização do produto tipo daily disponibilizado pela empresa Digital Globe, via portal de imagens EarthWatch. A obtenção das imagens ocorre quando os satélites de órbita diária realizam a coleta de uma imagem com percentual de nuvem inferior a 30% e ângulo de aquisição de até 35° fora do nadir (off nadir) para cada cena e disponibilizada em até 72 horas no portal. Após a disponibilização das imagens no portal, a Visiona Tecnologia Espacial S.A., empresa contratada, aplica o Change Detection, que consiste na identificação da diferença espectral das imagens, quando comparadas duas imagens de datas diferentes.



Até julho de 2020, foram recebidos da Visiona mais de 10.000 alertas de mudanças no território, tais alertas são classificados como: novas edificações, movimentação de terra, supressão de vegetação e outros. Esta última engloba alterações espectrais referentes a novos reservatórios de água, depósito clandestino de entulho, eventos de risco, como escorregamento, deslizamentos e inundações. Com os alertas gerados, torna-se possível localizar alterações em áreas remotas e de difícil acesso, que antes do projeto só seriam conhecidas caso os departamentos de fiscalização recebessem denúncias.

Também são aplicados filtros de localização para priorização de atendimento aos alertas recebidos, como inserção em Núcleos Urbanos Informais, Áreas de risco e Unidades de Conservação Ambiental e [APP](#). Os departamentos internos envolvidos no projeto são: Assessoria de Geoprocessamento, [DICA](#), [DFO](#), Monitoramento de Áreas Irregulares ([DRF](#)), [GARD](#) e Defesa Civil.

Devido ao grande número de alertas gerados, foram constatados alguns desafios no decorrer do projeto, tornando-se necessária a melhoria dos computadores utilizados no projeto, o incremento de carros oficiais para vistoria dos alertas, realização de parcerias com outras esferas governamentais como [ICMBio](#), [CETESB](#), Polícia Ambiental e Polícia Civil para garantir o acesso dos fiscais em propriedades particulares que tiveram alertas detectados. Foram realizadas três operações em diferentes regiões do município com as instituições parceiras do projeto, a primeira foi realizada no entorno do Reservatório Jaguari, a segunda foi realizada na região da Macrozona de Proteção de Recursos Hídricos, macrozona definida pelo Plano Diretor, e a terceira na região da [APA](#) Estadual de São Francisco Xavier, onde as áreas rurais com alertas eram de difícil acesso e/ou com alto número de propriedades particulares, necessitando do apoio da Polícia.



4. DIAGNÓSTICO DA MACRODRENAGEM

4.1. BACIAS HIDROGRÁFICAS

A área urbana do município de São José dos Campos está localizada na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e possui 13 sub-bacias inseridas ou parcialmente inseridas nela, conforme identificado na Figura 20.

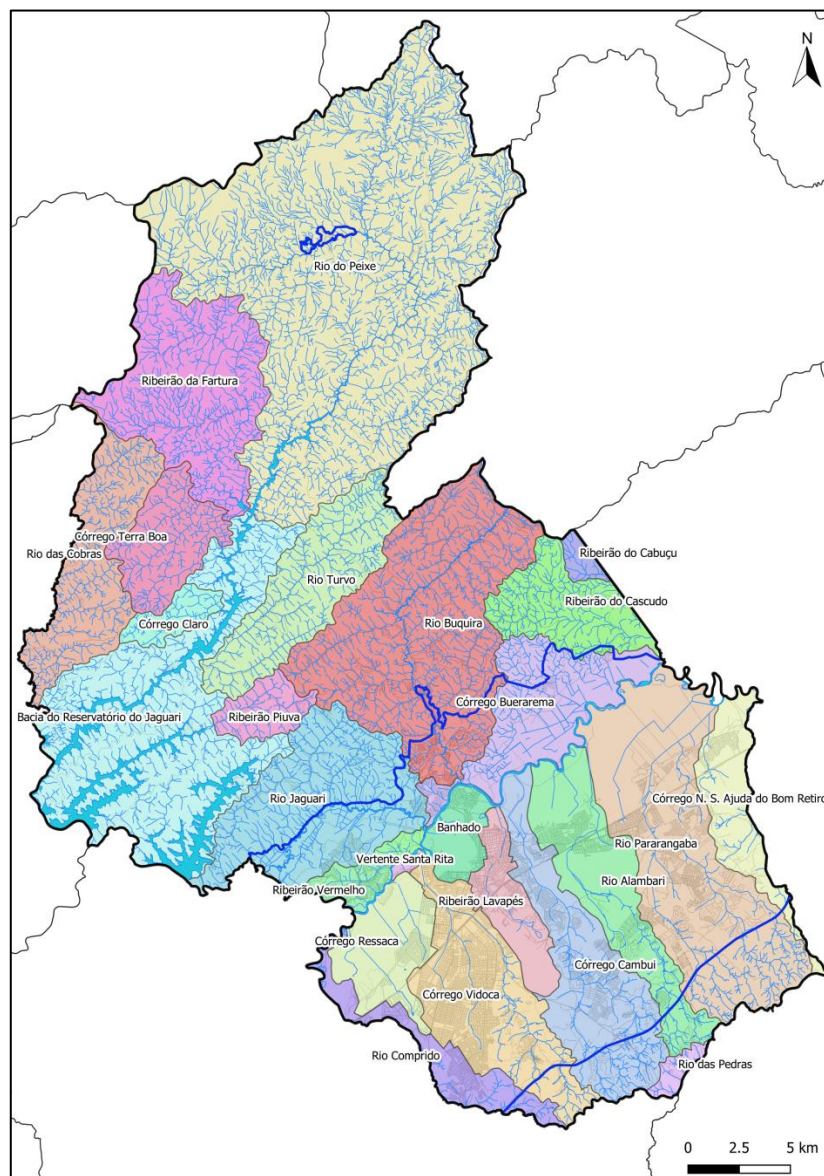


Figura 20: Delimitação das bacias hidrográficas dos principais cursos d'água



4.2. AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM

A avaliação do sistema de macrodrenagem visa diagnosticar as principais causas das inundações de fundo de vale e dar subsídio para as ações estruturais e não estruturais de controle de cheias de forma a reduzir progressivamente as deficiências do sistema de cursos d'água e canais. Foram realizadas vistorias in loco nas 12 bacias hidrográficas incidentes na área urbana.

A [Figura 21](#) e o [Quadro 9](#) apresentam a localização dos pontos identificados e estudados.

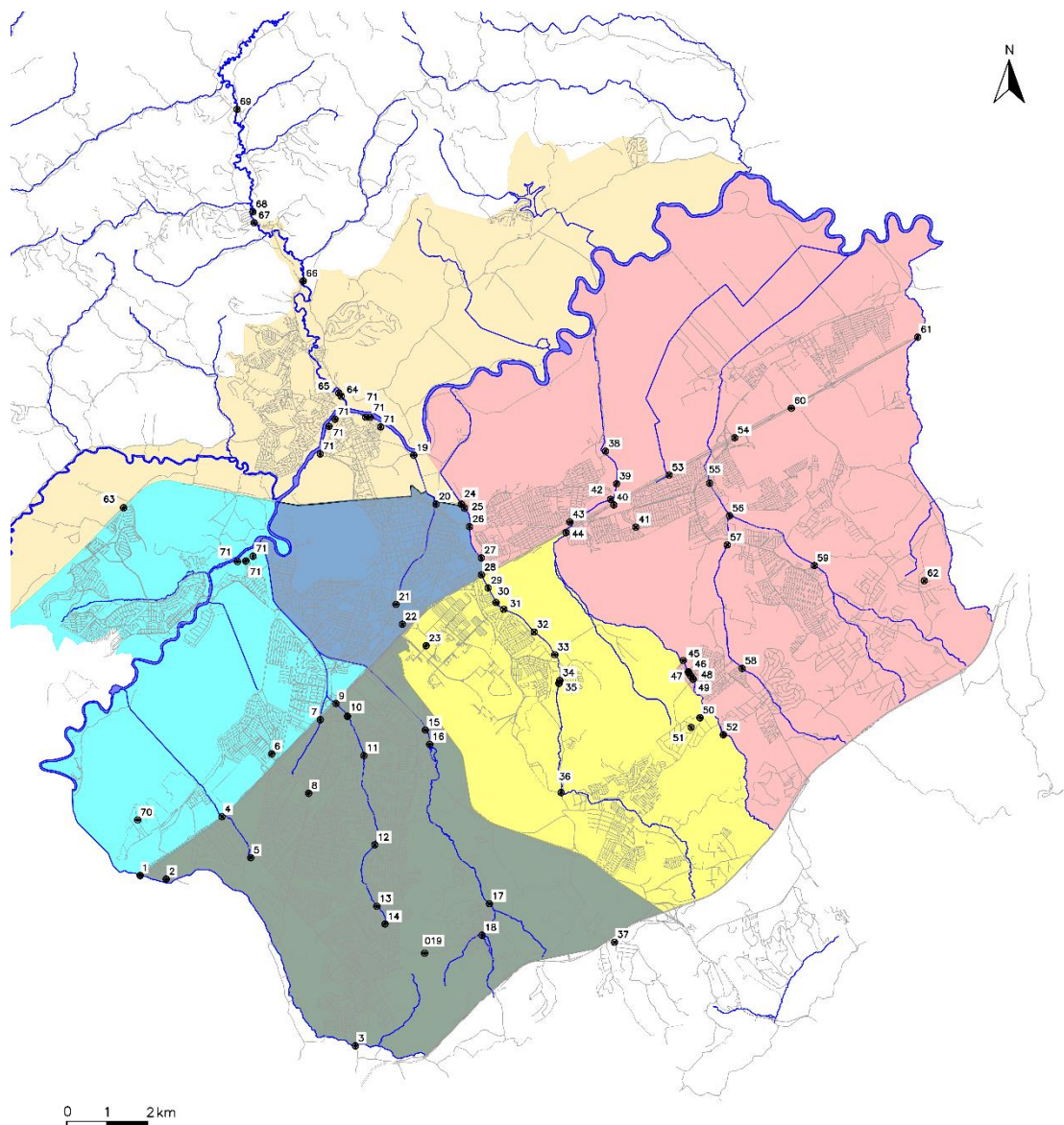


Figura 21: Mapa de localização dos pontos identificados com problema



Quadro 9: Descritivo da localização dos pontos identificados

BACIA HIDROGRÁFICA	ID	CURSO D'ÁGUA	LOCAL	COMPLEMENTO
Rio Comprido	1	Rio Comprido	Travessia	Rodovia Presid. Dutra (BR-116)
	2	Rio Comprido	Proximidades	Bairro do Rio Comprido
	3	Rio Comprido	Travessia	Estrada Nathan Sampaio de Almeida
Córrego Ressaca	4	Rib. da Ressaca	Travessia	Rodovia Presid. Dutra (BR-116)
	5	Rib. da Ressaca	Área particular	Gerdau Aços Longos S.A.
	6	Córr. Limoeiro	Proximidades	Jd. das Indústrias e Jd. Alvorada
Córrego Vidóca	7	Córr. Serimbura	Travessia	Rodovia Presid. Dutra (BR-116)
	8	Córr. Serimbura	Proximidades	Rua Goiânia e Praça Natal
	9	Córr. Senhorinha	Travessia	Rodovia Presid. Dutra (BR-116)
	10	Córr. Senhorinha	Proximidades	Rua Castor
	11	Córr. Senhorinha	Travessia	Jusante da Avenida Guadalupe
	12	Córr. Senhorinha	Trecho de curso d'água	Entre Rua Maurício C. e Rua Taru
	13	Córr. Senhorinha	Travessia	Entre a Rua Alípio de A. e Av. Salinas
	14	Córr. Senhorinha	Proximidades	Nascente do curso d'água
	15	Rib. do Vidóca	Trecho de curso d'água	Entre o lago do CTA e a foz do Ribeirão
	16	Rib. do Vidóca	Travessia	Rua Aporé
	17	Rib. do Vidóca	Proximidades	Rua Roberto Rossi
	18	Córr. da Água Quente	Proximidades	Rua Ubirajara Raimundo de Souza
Ribeirão Lavapés	19	Córr. Lavapés	Travessia	Estrada de terra
	20	Córr. Lavapés	Proximidades	Vila Tupy e Vila Guarani
	21	Córr. Lavapés	Trecho de curso d'água	Av. Sem. Teotônio Vilela (Fundo do Vale)
	22	Córr. Lavapés	Proximidades	Rua Jordânia e Rua Turquia
	23	Córr. Lavapés	Área particular	CTA
Ribeirão dos Putins	24	Rib. dos Putins	Proximidades	Bairro do Sapé
	25	Rib. dos Putins	Travessia	Linha férrea
	26	Rib. dos Putins	Travessia	Estac. do Supermercado Atacadão
	27	Rib. dos Putins	Proximidades	Vila Corinthians
	28	Rib. dos Putins	Muro de arrimo	Rua Maranhão
	29	Rib. dos Putins	Dique	Resid. Cambuí
	30	Rib. dos Putins	Proximidades	Resid. Cambuí e Vl. São Benedito
	31	Rib. dos Putins	Proximidades	Jardim Souto
	32	Rib. dos Putins	Proximidades	Parque Santa Rita
	33	Rib. dos Putins	Proximidades	Chácara São José
	34	Rib. dos Putins	Proximidades	Sítio Bom Jesus
	35	Rib. dos Putins	Trecho de curso d'água	Sítio Bom Jesus
	36	Rib. dos Putins	Travessia	Jusante da Est. Mun. Glaudivitor P.
	37	Afluente	Proximidades	Ch. das Nações ou Bairro do Capuava
Rio Alambari	38	Rio Alambari	Travessia	Linha férrea
	39	Rio Alambari	Proximidades	Avenida dos Cegonheiros
	40	Afluente	Travessia	Rodovia Presid. Dutra (BR-116)
	41	Afluente	Proximidades	Rua Bermudas e Rua Buenos Aires
	42	Rio Alambari	Travessia	Avenida dos Cegonheiros
	43	Rio Alambari	Travessia	Avenida Presid. Juscelino Kubitscheck
	44	Rio Alambari	Travessia	Rodovia Presid. Dutra (BR-116)
	45	Rio Alambari	Travessia	Transpetro
	46	Rio Alambari	Travessia	Passagem de pedestres



BACIA HIDROGRÁFICA	ID	CURSO D'ÁGUA	LOCAL	COMPLEMENTO
	47	Rio Alambari	Travessia	Passagem de pedestres
	48	Rio Alambari	Proximidades	Campos de São José
	49	Rio Alambari	Travessia	Passagem de pedestres
	50	Afluente	Travessia	Rua Onze no Bairro Santa Cecília II
	51	Afluente	Proximidades	Santa Cecília II
	52	Rio Alambari	Barramento	Lago da Granja Itambí
Córrego Pararangaba	53	Córr. dos Veados	Travessia	Rodovia Presid. Dutra (BR-116)
	54	Afluente	Travessia	Rodovia Presid. Dutra (BR-116)
	55	Rio Pararangaba	Proximidades	Jd. Nova Detroit e Jd. Pararangaba
	56	Rib. do Cajuru	Proximidades	Águas da Prata
	57	Rib. do Cajuru	Proximidades	Chácaras Araújo
	58	Rib. do Cajuru	Proximidades	Jardim Mariana I
	59	Rio Pararangaba	Proximidades	Parque Novo Horizonte
60	Afluente	Travessia	Rodovia Presid. Dutra (BR-116)	
Córrego N. Sra. Ajuda do Bom Retiro	61	Córr. de Divisa	Travessia	Rodovia Presid. Dutra (BR-116)
	62	Afluente	Proximidades	Majestic
Rio Jaguari	63	Afluente	Proximidades	Cond. Colinas do Parathehy
Rio Buquira	64	Rio Buquira	Proximidades	Foz do Rio Buquira
	65	Rio Buquira	Travessia	Rua Alviro Lebrão
	66	Rio Buquira	Travessia	Via de acesso da Faz. Pingo d'Ouro
	67	Rio Buquira	Proximidades	Mirante do Buquira
	68	Rio Buquira	Travessia	Estrada dos Freitas
	69	Rio Buquira	Travessia	Estrada do Bengalar
Rio Comprido	70	Afluente	Proximidades	Jardim Limoeiro
Vertente Santa Rita e Banhado	71	Rio Paraíba do Sul	Proximidades	(1) Clube da Campo Santa Rita, (2) Jardim do Golfe III, (3) Clube da Sabesp, (4) Vila Rhodia, (5) Vila Esmeralda, (6) Vila Machado, (7) Jardim Ouro Preto, (8) Espaço Beira Rio, (9) Vila Cristina

O Quadro 10 apresenta a criticidade, a descrição do problema e a possível causa diagnosticada.

Quadro 10: Criticidade dos problemas e possíveis causas diagnosticadas

ID	CRITICIDADE	PROBLEMA	CAUSA
1	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
2	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Ocupação de baixada
3	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Ocupação de várzea; ocupação de baixada; seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
4	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
5	Inundação	Danos às áreas de entorno	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre; elevada impermeabilização da bacia
6	Alagamento	Danos às áreas de entorno	Elevada impermeabilização da bacia; microdrenagem deficitária; canalização fechada
7	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
8	Alagamento	Danos às áreas de entorno	Elevada impermeabilização da bacia; microdrenagem deficitária; canalização fechada
9	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
10	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada; baixa declividade do curso d'água; elevada impermeabilização da bacia



ID	CRITICIDADE	PROBLEMA	CAUSA
11	Erosão	Desestabilização de muros de divisa dos lotes com o córrego	Erosão de taludes
12	Erosão	Danos às áreas de entorno e diminuição da capacidade de escoamento	Elevada declividade do curso d'água; exposição de solo arenoso; elevação impermeabilização da bacia
13	Voçoroca	Potencial para desenvolvimento de erosão	Taludamento inapropriado; exposição de solo arenoso
14	Erosão	Danos às áreas de entorno e diminuição da capacidade de escoamento	Elevada declividade do curso d'água; exposição de solo arenoso; elevação impermeabilização da bacia
15	Inundação	Danos às áreas de entorno	Baixa declividade do curso d'água; assoreamento; remanso do Rio Paraíba do Sul; elevação impermeabilização da bacia
16	Erosão	Danos às áreas de entorno e diminuição da capacidade de escoamento	Rompimento das cortinas laterais
17	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada
18	Alagamento	Danos às áreas de entorno	Elevada impermeabilização da bacia; canalização fechada
19	Recalque	Fundação da plataforma da ponte com sinais de ruptura	Não identificada
20	Inundação	Danos às áreas de entorno	Elevada impermeabilização da bacia; microdrenagem deficitária; canalização fechada
21	Inundação	Danos às áreas de entorno	Assoreamento; elevação impermeabilização da bacia
22	Alagamento	Danos às áreas de entorno	Elevada impermeabilização da bacia; microdrenagem deficitária; canalização fechada
23	Alagamento	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada; canalização fechada
24	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de várzea; ocupação de baixada
25	Erosão	Face a jusante da ala de desemboque exposta e, parcialmente, em balanço	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
26	Erosão	Desestabilização da estrutura	Não identificada
27	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada; elevação impermeabilização da bacia
28	Recalque	Deslocamento do muro	Elevada energia de impacto do escoamento da água; travessia executada fora do alinhamento natural do curso d'água e em cota altimétrica mais elevada; elevação declividade do curso d'água
29	Comprometimento do sistema	Retorno de água do curso d'água para o interior do dique e talude suscetível à erosão	Tubulação existente, nos fundos da residência de nº 73 da Rua Teodomiro José da Costa, que promove a entrada de água do curso d'água; talude do dique sem proteção apropriada
30	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada; elevação impermeabilização da bacia
31	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada; elevação impermeabilização da bacia
32	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada; elevação impermeabilização da bacia
33	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada; elevação impermeabilização da bacia
34	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada; elevação impermeabilização da bacia
35	Assoreamento	Diminuição da capacidade de escoamento	Erosão de taludes
36	Erosão	Danos às áreas de entorno e diminuição da capacidade de escoamento	Curva acentuada
37	Inundação	Danos às áreas de entorno	Microdrenagem deficitária; canalização fechada
38	Inundação	Danos às áreas de entorno	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
39	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de várzea; ocupação de baixada
40	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
41	Inundação	Danos às áreas de entorno	Microdrenagem deficitária
42	Inundação	Danos às áreas de entorno	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
43	Inundação	Danos às áreas de entorno	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
44	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
45	Obstrução	Inundação a montante	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre



ID	CRITICIDADE	PROBLEMA	CAUSA
46	Obstrução	Inundação a montante	Estreitamento da seção de escoamento
47	Obstrução	Inundação a montante	Estreitamento da seção de escoamento
48	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada; baixa declividade do curso d'água
49	Obstrução	Inundação a montante	Estreitamento da seção de escoamento
50	Danos à estrutura	Formação de locais propícios para o desenvolvimento de endemias	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
51	Alagamento	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada; baixa declividade do curso d'água; microdrenagem deficitária
52	Danos à estrutura e erosão	Danos às áreas de entorno e diminuição da capacidade de escoamento	Não identificada
53	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
54	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas.	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
55	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada
56	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada
57	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada
58	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada
59	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada
60	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
61	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Seção de escoamento insuficiente para o escoamento livre
62	Inundação	Danos às áreas de entorno	Microdrenagem deficitária
63	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada
64	Inundação	Danos às áreas de entorno	Remanso do Rio Paraíba do Sul
65	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Ocupação de várzea; ocupação de baixada
66	Inundação	Elevação de 4,5 metros acima da cota mínima, apontado em 2009 pelo posto fluviométrico 2E-034 do DAEE/ANA	Não identificada
67	Inundação	Danos às áreas de entorno	Afloramento de rocha; ocupação de baixada
68	Erosão	Danos às áreas de entorno e diminuição da capacidade de escoamento	Não identificada
69	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de baixada
70	Inundação	Danos às áreas ribeirinhas e de várzeas	Ocupação de várzea; ocupação de baixada
71	Inundação	Danos às áreas de entorno	Ocupação de várzea; ocupação de baixada

4.3. MODELAGEM HIDRAULICO-HIDROLÓGICO

A simulação hidráulico-hidrológico foi desenvolvida pela VM engenharia, através de um sistema próprio denominado “DrenÁgua2009” que permite verificar tanto o desempenho dos dispositivos existentes, bem como simular e otimizar novos dispositivos de controle previamente alocados na rede de drenagem, possibilitando ainda a verificação do escoamento em canais por meio da implementação de algumas funções de modelos hidrodinâmicos.

4.3.1. CENÁRIO ATUAL

A modelagem é uma das ferramentas que permite identificar os impactos atuais e futuros da urbanização nas bacias hidrográficas urbanas. O [Quadro 11](#) apresenta os resultados obtidos para os



cenários pré-urbanização e ocupação. Destaca-se que a descrição da metodologia e a base de dados adotadas estão disponíveis no [Anexo 2](#).

Quadro 11: Impacto atual da urbanização obtido a partir de simulação hidráulico-hidrológica

BACIA	SEÇÃO	LOGRADOURO	PRÉ-URBANIZAÇÃO		ATUAL		(%)
			PREC. (MM)	Q. (M³/S)	PREC. (MM)	Q. (M³/S)	
SENHORINHA	Q10.01		107,50	1,56	106,30	11,65	746%
	Q10.02	R. Pedro José dos Santos	108,70	1,76	105,70	13,13	744%
	Q10.03	R. Maurício Cardoso	108,00	4,91	106,00	43,00	877%
	Q10.04	R. Shigemasa Ota	108,10	6,00	105,10	50,87	848%
	Q10.05	R. Pará de Minas	108,20	7,13	106,30	61,50	863%
	Q10.06	Av. Perseu	108,40	8,36	106,30	74,04	886%
	Q10.07	Av. Perseu	108,60	8,79	106,30	78,56	894%
	Q10.08	Rod. Presid. Dutra	109,80	10,47	104,70	82,70	790%
	Q10.09		115,50	12,68	104,60	92,00	726%
	Q10.10		115,30	13,80	105,30	103,33	749%
	Q11.01	Av. Dep. Bened. Matarazzo	120,90	2,88	115,00	19,59	680%
	Q11.02		122,50	3,01	114,70	21,58	718%
Q11.03		122,30	3,11	114,50	21,98	706%	
BUQUIRA	Q15.01		130,90	35,11	130,90	70,49	201%
	Q15.02		130,90	35,49	130,90	77,55	219%
	Q15.03	Estr. da Água Soca	130,90	35,77	130,80	83,33	233%
	Q15.04		130,90	35,84	130,80	83,99	234%
	Q15.05	Estr. do Bengalar	130,90	36,29	111,10	96,38	266%
	Q15.06	Estr. dos Freitas	111,90	50,46	104,50	180,59	358%
	Q15.07	Rod. Monteiro Lobato	111,00	57,52	102,90	202,52	352%
	Q15.08		109,50	62,06	102,70	211,72	341%
	Q15.09		111,40	70,23	102,60	254,91	363%
	Q15.10		111,50	71,11	102,30	261,91	368%
	Q15.11		111,50	71,16	101,90	272,58	383%
	Q15.12		111,50	71,17	101,90	272,95	384%
	Q15.13		111,50	71,24	101,60	286,28	402%
	Q15.14		111,50	71,25	101,60	287,21	403%
	Q15.15	R. José Silvério de Souza	111,50	71,25	101,60	287,93	404%
	Q15.16		111,50	71,27	101,50	294,23	413%
	Q15.17	R. Alziro Lebrão	111,50	71,28	101,50	295,48	415%
	Q15.18		111,50	71,29	101,40	297,10	417%
	Q16.01		95,50	7,95	102,80	22,14	278%
	Q17.01	Av. Rio Buquira	128,90	0,04	103,30	3,03	7461%
Q17.02		128,10	0,25	103,80	16,73	6567%	
Q18.01		130,20	0,04	104,20	3,12	8607%	
Q18.02		129,30	0,05	83,30	4,39	8589%	
Q19.01		129,00	0,14	88,50	5,52	4083%	
Q19.02		128,80	0,16	90,20	6,19	3871%	
LAVAPÉS	Q20.01		93,50	2,36	99,70	19,78	838%
	Q20.02		91,50	27,13	101,90	109,86	405%
	Q20.03	Rod. Presid. Dutra	94,20	34,21	101,00	189,02	553%
	Q20.04		95,10	35,35	101,00	205,22	581%



BACIA	SEÇÃO	LOGRADOURO	PRÉ-URBANIZAÇÃO		ATUAL		(%)
			PREC. (MM)	Q. (M³/S)	PREC. (MM)	Q. (M³/S)	
	Q20.05		94,80	43,90	99,70	233,38	532%
	Q20.06		94,10	57,86	99,10	250,28	433%
CAMBUÍ	Q21.01	Rod. dos Tamoios	99,20	49,77	96,60	82,51	166%
	Q21.02	Estr. Aeroporto Tamoios	97,30	66,92	93,30	111,64	167%
	Q21.03	Estr. Mun. Glaudiston P.	95,20	137,64	89,40	245,57	178%
	Q21.04	Estr. Mun. Glaudiston P	95,20	144,44	89,10	255,43	177%
	Q21.05		94,00	167,88	86,80	299,27	178%
	Q21.06	Av. Lívio Veneziani	93,80	170,90	86,70	303,85	178%
	Q21.07		93,30	187,83	105,80	340,61	181%
	Q21.08		93,20	194,06	104,50	363,24	187%
	Q21.09	Rod. Presid. Dutra	93,30	195,76	106,10	383,83	196%
	Q21.10	Av. Presid. J. Kubitschek	93,20	205,54	104,00	411,10	200%
	Q21.11		93,00	211,51	106,00	433,87	205%
	Q22.01		106,20	8,08	101,90	17,88	221%
	Q23.01		95,20	41,24	94,00	77,13	187%
	Q23.02	R. 60D	93,00	66,63	100,20	130,71	196%
	Q24.01		105,20	10,90	100,00	24,24	222%
PARARANGABA	Q31.01		118,40	19,84	113,20	75,70	382%
	Q31.02	Estr. Mun. Sto. A. do Alto	118,30	19,88	113,10	79,15	398%
	Q31.03		118,50	21,82	112,10	87,27	400%
	Q31.04		118,40	24,14	111,80	96,36	399%
	Q31.05		99,40	99,74	100,40	301,57	302%
	Q31.06	R. Rio Tibagi	99,60	102,18	100,50	325,35	318%
	Q31.07	Rod. Presid. Dutra	99,40	106,15	100,20	346,75	327%
	Q31.08		92,50	116,83	101,00	365,81	313%
	Q31.09		92,10	121,73	101,00	383,09	315%
	Q32.01	Rod. Gov. Carvalho Pinto	89,20	17,14	100,90	31,82	186%
	Q32.02		88,20	24,27	100,10	41,19	170%
	Q32.03		90,20	56,86	100,90	112,19	197%
	Q32.04		88,40	89,85	98,30	264,55	294%
	Q32.05	Av. Presid. Tancred. Neves	89,30	91,83	98,40	265,64	289%
	Q32.06		89,70	92,55	98,90	272,04	294%
	Q33.01	Rod. Gov. Carvalho Pinto	98,00	8,90	102,30	23,60	265%
	Q33.02	R. do Serrote	95,40	19,17	101,30	46,85	244%
	Q33.03		93,90	21,37	101,00	49,96	234%
Q34.01		92,70	8,38	105,00	19,69	235%	
Q34.02		91,80	9,38	102,40	21,08	225%	

Os resultados obtidos pela modelagem apontam para o incremento da vazão. As bacias do Córrego Senhorinha e Lavapés são as que apresentam as maiores variações, sendo estas as que, atualmente, concentram grande parte da malha urbana de São José dos Campos. Há, no entanto, que se ressaltar que alguns acréscimos percentuais elevados, não necessariamente, significam grandes vazões, como se observa nas sessões Q17.02, Q18.01, Q18.02, Q19.01 e Q19.02, nas quais as vazões pré-urbanização eram consideradas extremamente baixas, da ordem de 0,01 a 0,25 m³/s, assim como também são baixas as vazões no cenário atual, da ordem de 1 a 20 m³/s.



Outro ponto de destaque é a situação do Córrego do Cambuí que possui acréscimos de vazões relativamente baixos em comparação as outras bacias, o que pode ser indício de que sua várzea possui uma boa capacidade de amortecimento das vazões afluentes e de que ainda não há um efeito significativo do aumento das vazões máximas pela ocupação urbana existente, ainda que algumas dessas ocupações ocorram em locais indesejáveis, como identificado no diagnóstico de visitas *in loco*.

4.3.2. CENÁRIO FUTURO

Os estudos hidrológicos também permitiram a determinação de vazões futuras dos cursos d'água, conforme metodologia descrita no [Anexo 2](#). Através dessas vazões e do modelo numérico de terreno e das elevações de nível decorrentes do remanso das águas junto às travessias, foram simuladas as Áreas Suscetíveis a Inundação para um Tempo de Retorno de 100 anos (TR 100).

Com base no diagnóstico da situação atual do sistema de macrodrenagem e das Áreas Suscetíveis a Inundação, foram estudadas diversas possibilidades de intervenções para mitigar o risco de inundação. Assim, foi possível simular o resultado dessas intervenções, que quando da execução das obras poderão modificar as Áreas Suscetíveis a Inundação, determinando o amortecimento de cheias na seção ou a montante dos barramentos. Para a determinação dos locais de barramentos, considerou-se o mapeamento de áreas livres disponíveis para comportar o volume necessário dos reservatórios urbanos.

No entanto, recomenda-se cautela na visualização dessa simulação, pois se refere a um conjunto de intervenções que por vezes tem efeitos sinérgicos e combinados em cada bacia hidrográfica. A [Figura 22](#) mostra o Cenário Tendencial do impacto futuro da urbanização sobre o sistema de drenagem existente, caracterizado pelas Áreas Suscetíveis a Inundação sem Intervenção. Além disso, a [Figura 22](#) apresenta os efeitos das intervenções a serem implementadas no sistema de macrodrenagem através das Áreas Suscetível Inundação com Intervenções, sendo o Cenário Proposto Futuro como resultado final das alternativas estudadas por simulações hidráulico-hidrológica.

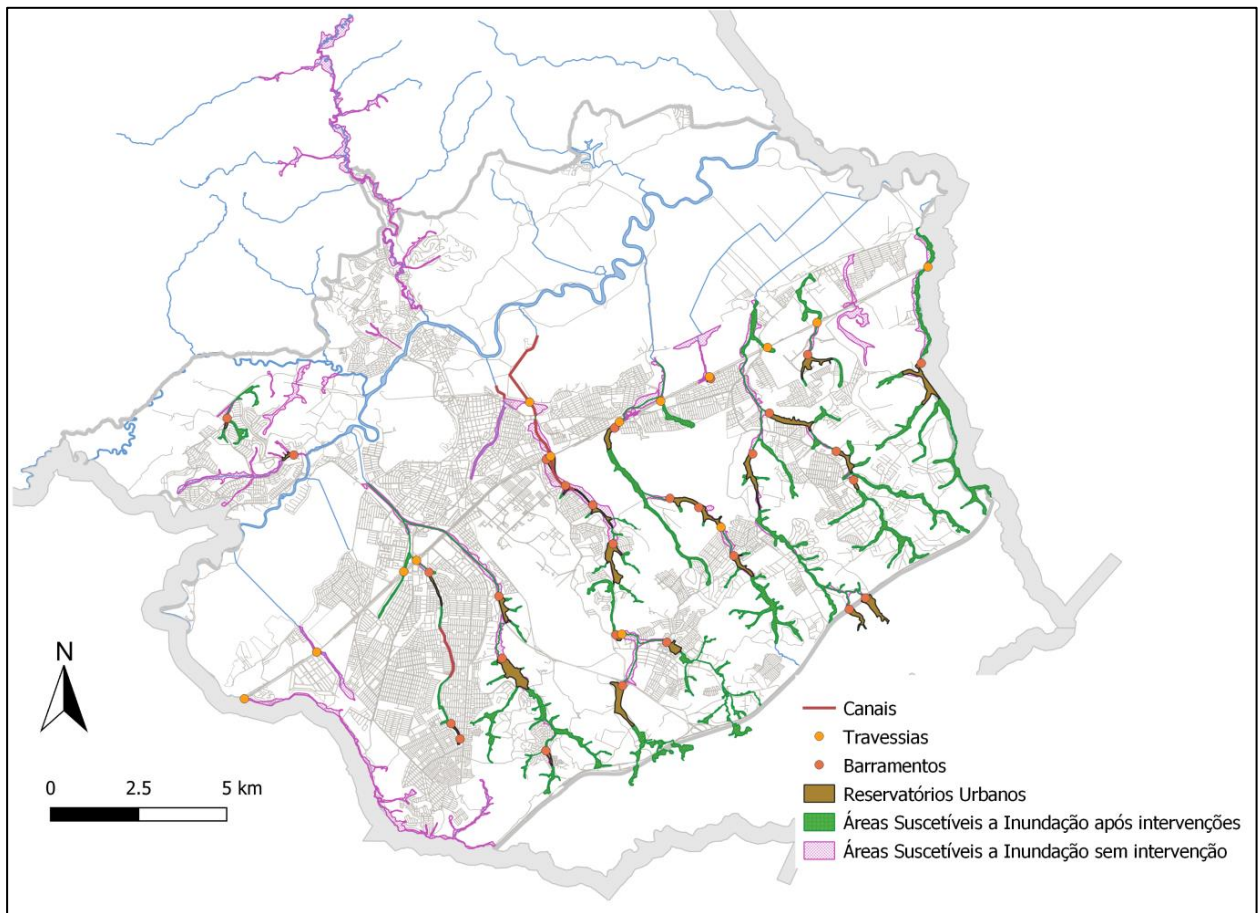


Figura 22: Síntese dos Cenários Futuros Tendencial e Proposto das Áreas Suscetíveis a Inundação, sem medidas as obras de intervenção e com as obras de intervenção, respectivamente



5. PLANO DE AÇÃO

5.1. MEDIDAS ESTRUTURAIS

5.1.1. INTERVENÇÕES NA MACRODRENAGEM

Com base no diagnóstico do sistema de drenagem e das simulações hidráulico-hidrológica, foi elaborado um plano de ação, que propõe ações para diversos setores, como mostra o [Quadro 12](#).

Quadro 12: Plano de Ação da Macrodrenagem

SETOR	AÇÕES PROPOSTAS	ID
ANTT	Elaboração de projeto e execução de obra para a readequação do dispositivo	1; 4; 7; 9; 40; 44; 53; 54; 60; 61
SGHO/DOP	Recomposição e proteção da estrutura, em observância ao direcionamento da água	13; 16; 17; 19; 35; 36
	Elaboração de laudo, por uma empresa especializada, para apontar soluções de curto prazo	28
	Implantação de dispositivo de dissipação de energia	14; 25
	Elaboração de laudo, por uma empresa especializada, para apontar soluções de curto prazo	11; 19; 26
	Readequação das divisas em fundo de vale	3
	Elaboração de projeto e execução de obra para a readequação do dispositivo	3; 5; 6; 8; 18; 20; 22; 23; 25; 37; 41; 43; 45; 46; 47; 49; 50; 52
	Instalação de válvula de retenção; Elaboração de laudo para avaliação da estabilidade geotécnica do dique e, caso necessário, elaboração de projeto e obra para adequação	29
	Providenciar outorga	25; 45; 46; 47; 49; 50; 67
	Elaboração de estudo específico e pontual para a avaliação da criticidade apontada	64; 65; 66; 67; 70; 71
	Implantação dos sistemas propostos inseridos na macrodrenagem	10; 12; 14; 15; 24; 27; 28; 30; 31; 32; 33; 34; 38; 39; 42; 43; 44; 48; 55; 56; 57; 58; 59; 63
SGHO/DRF	Elaboração de projeto e execução de obra para a readequação do dispositivo	51; 62
	Elaboração de estudo específico e pontual para a avaliação da criticidade apontada	2
SEPAC	Notificação da população, monitoramento e implantação de sistema de alerta de inundações	21; 27; 64; 65; 68; 69; 70; 71

5.1.1.1. OBRAS DE INTERVENÇÃO

As obras de intervenções na macrodrenagem são estratégicas para que o comportamento do sistema hídrico se desenvolva de forma ordenada. Elas se caracterizam por requerer maiores esforços,



tanto financeiros, como de licenciamento e, em algumas situações, necessitam de desapropriação de áreas. Essas medidas consistem em:

- Travessias de curso d'água. Objetivo de tratar as inundações de áreas ribeirinhas ocupáveis, devido ao remanso e o represamento da água em áreas a montante;
- Canalizações abertas de curso d'água. Objetivo de conter as erosões e estabilizar os solos ribeirinhos, devido ao aumento da velocidade dos cursos d'água; e
- Barramentos e Reservatórios urbanos. Objetivo de controlar as inundações de áreas ribeirinhas ocupáveis, devido ao aumento de áreas impermeáveis e à redução do tempo de escoamento.

As obras de intervenção são baseadas na simulação hidráulico-hidrológico. A simulação considera cenários hipotéticos de ocupação da bacia hidrográfica (áreas de expansão urbana), vetores de crescimento e as condições de uso e ocupação do solo urbano. Portanto, a simulação assume que para a situação de ocupação atual da bacia não há necessidade imediata de parte das obras de intervenção.

5.1.1.1.1. TRAVESSIAS E CANALIZAÇÕES ABERTAS

A [Figura 23](#), o [Quadro 13](#) e o [Quadro 14](#) identificam a localização das intervenções propostas.

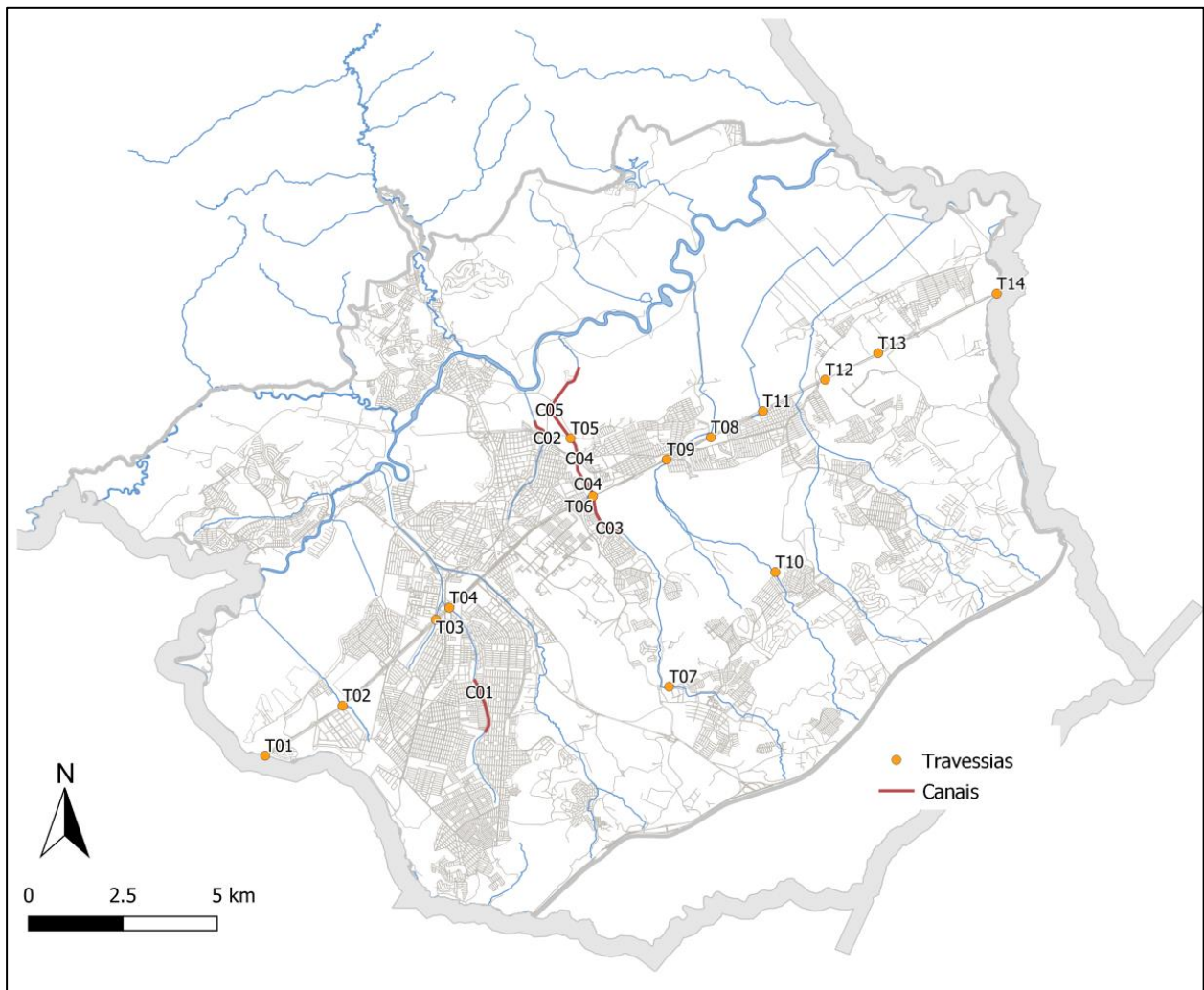


Figura 23: Obras de intervenção propostas no sistema de macrodrenagem – Travessias e Canalizações Abertas

Quadro 13: Obras de intervenção propostas no sistema de macrodrenagem – Travessias

ID	LOCAL	HIDROGRAFIA		Q (M³/S)	COORDENADA	
		CURSO D'ÁGUA	BACIA		LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)
T01	Rod. Presid. Dutra (BR-116)	Rio Comprido	Comprido	148	-23°15'25"	-45°56'48"
T02	Rod. Presid. Dutra (BR-116)	Ribeirão da Ressaca	Ressaca	72	-23°14'41"	-45°55'38"
T03	Rod. Presid. Dutra (BR-116)	Córrego Serimbura	Serimbura	84	-23°13'22"	-45°54'08"
T04	Rod. Presid. Dutra (BR-116)	Córrego Senhorinha	Vidóca	112	-23°13'09"	-45°53'60"
T05	Linha férrea	Ribeirão dos Putins	Putins	252	-23°10'36"	-45°52'02"
T06	Rod. Presid. Dutra (BR-116)	Ribeirão dos Putins	Putins	289	-23°11'27"	-45°51'46"
T07	Transpetro	Ribeirão dos Putins	Putins	257	-23°14'23"	-45°50'34"
T08	Rod. Presid. Dutra (BR-116)	Rio Alambari	Alambari	71	-23°10'31"	-45°49'60"
T09	Rod. Presid. Dutra (BR-116)	Rio Alambari	Alambari	184	-23°10'50"	-45°50'41"
T10	Transpetro	Rio Alambari	Alambari	124	-23°12'39"	-45°48'54"
T11	Rod. Presid. Dutra (BR-116)	Córrego dos Veados	Veados	28	-23°10'08"	-45°49'12"
T12	Rod. Presid. Dutra (BR-116)	Afluente	Pararangaba	16	-23°09'40"	-45°48'14"
T13	Rod. Presid. Dutra (BR-116)	Rio Pararangaba	Pararangaba	36	-23°09'14"	-45°47'27"
T14	Rod. Presid. Dutra (BR-116)	Córrego de Divisa	Divisa	106	-23°08'20"	-45°45'33"



Quadro 14: Obras de intervenção propostas no sistema de macrodrenagem – Canalizações Abertas

ID	LOCAL	HIDROGRAFIA		EXT. (M)	COORDENADA MONT.		COORDENADA JUS.	
		CURSO D'ÁGUA	BACIA		LATITUDE (S)	LONGITUDE (O)	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)
C01	Bq. dos Eucaliptos	Cór. Senhorinha	Vidóca	1.560	-23°15'02"	-45°53'25"	-23°14'17"	-45°53'36"
C02	Vila Tupi	Cór. Lavapés	Lavapés	420	-23°10'21"	-45°52'30"	-23°10'21"	-45°52'30"
C03	Resid. Cambuí	Rib. dos Putins	Putins	1.240	-23°11'46"	-45°51'25"	-23°11'46"	-45°51'25"
C04	Vi. Corinthians	Rib. dos Putins	Putins	390	-23°11'24"	-45°51'43"	-23°10'37"	-45°52'02"
C05	Vi. Sapê	Rib. dos Putins	Putins	2.420	-23°10'27"	-45°52'06"	-23°09'29"	-45°51'57"

5.1.1.1.2. RESERVATÓRIOS URBANOS

A [Figura 24](#) e o [Quadro 15](#) identificam a localização das intervenções propostas.

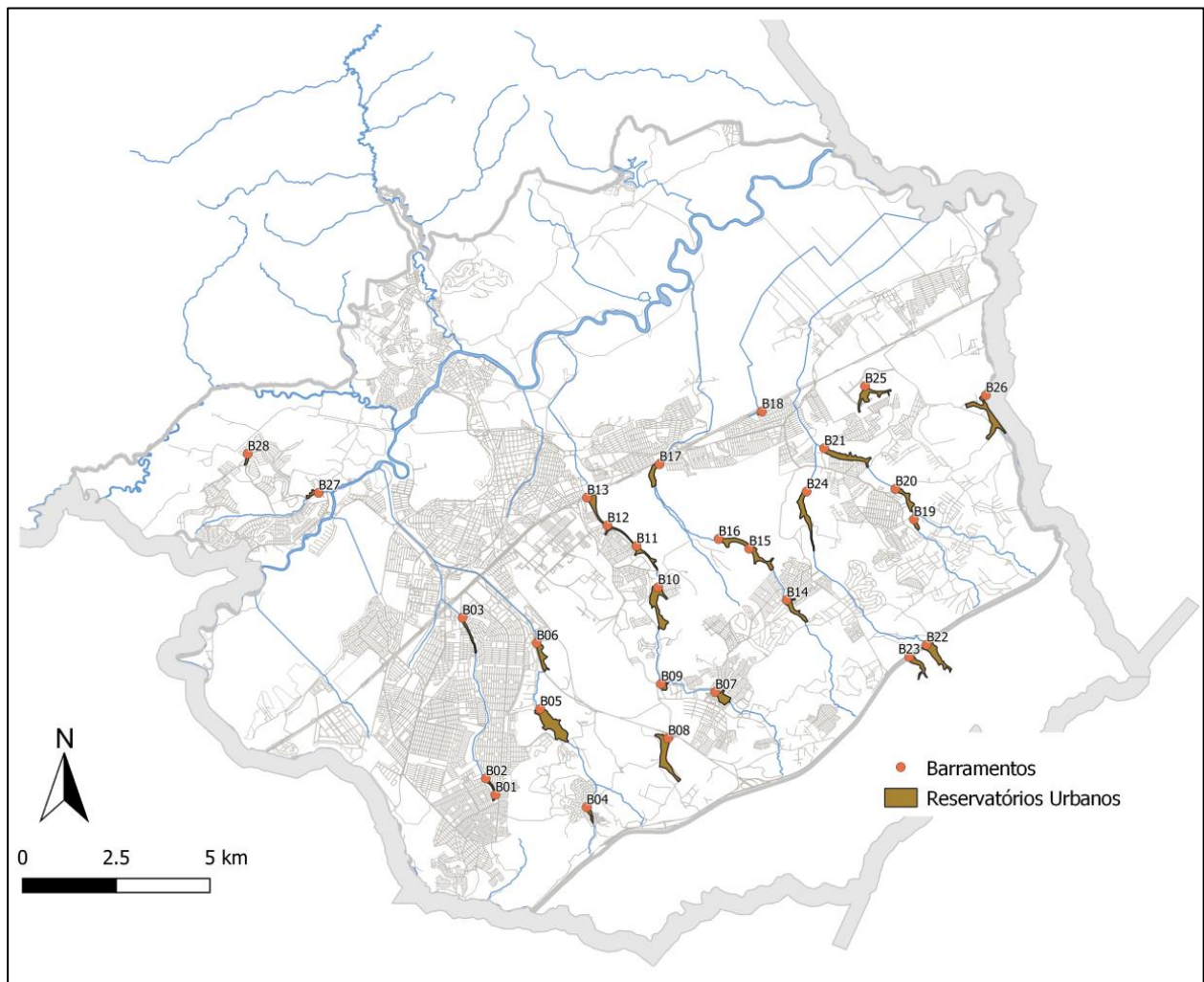


Figura 24: Obras de intervenção propostas no sistema de macrodrenagem – Barramentos e Reservatórios Urbanos

Quadro 15: Obras de intervenção propostas no sistema de macrodrenagem – Barramentos e Reservatórios Urbanos



ID	LOCAL	HIDROGRAFIA		ÁREA (M ²)	VOL. (M ³)	COORDENADA	
		CURSO D'ÁGUA	BACIA			LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)
B01	Campo dos Alemães	Córrego Senhorinha	Vidóca	10.733	71.947	-23°16'09"	-45°53'16"
B02	Campo dos Alemães	Córrego Senhorinha	Vidóca	26.831	120.659	-23°15'54"	-45°53'25"
B03	Jardim Satélite	Córrego Senhorinha	Vidóca	41.382	121.830	-23°13'23"	-45°53'47"
B04	Lago Airton Senna	Córrego da Água Clara	Vidóca	36.813	160.962	-23°16'21"	-45°51'51"
B05	Quinta das Flores	Ribeirão do Vidóca	Vidóca	332.159	664.318	-23°14'49"	-45°52'34"
B06	Vila São Bento	Ribeirão do Vidóca	Vidóca	100.988	225.230	-23°13'47"	-45°52'37"
B07	Jardim São Leopoldo	Ribeirão dos Putins	Putins	93.929	285.121	-23°14'33"	-45°49'50"
B08	Rodovia dos Tamoios	Afluente	Putins	239.168	322.219	-23°15'16"	-45°50'34"
B09	Jardim do Lago	Ribeirão dos Putins	Putins	26.757	72.749	-23°14'25"	-45°50'40"
B10	Sítio Bom Jesus	Ribeirão dos Putins	Putins	354.332	7.653	-23°12'54"	-45°50'43"
B11	Jardim Uirá	Ribeirão dos Putins	Putins	64.128	70.971	-23°12'16"	-45°51'04"
B12	Jardim do Souto	Ribeirão dos Putins	Putins	54.798	48.395	-23°11'56"	-45°51'31"
B13	Residencial Cambuí	Ribeirão dos Putins	Putins	98.359	268.910	-23°11'30"	-45°51'50"
B14	Campos de São José	Rio Alambari	Alambari	94.216	295.897	-23°13'06"	-45°48'43"
B15	Setville	Rio Alambari	Alambari	83.845	145.435	-23°12'18"	-45°49'18"
B16	Revap	Rio Alambari	Alambari	87.835	412.845	-23°12'09"	-45°49'47"
B17	Jardim Diamante	Rio Alambari	Alambari	88.327	553.308	-23°10'59"	-45°50'42"
B18	Jardim São Vicente	Córrego dos Veados	Veados	8.885	20.888	-23°10'09"	-45°49'06"
B19	Parque Nova Esperança	Córrego Bairrinho	Pararangaba	26.048	100.000	-23°11'51"	-45°46'43"
B20	Parque Novo Horizonte	Rio Pararangaba	Pararangaba	77.805	125.000	-23°11'22"	-45°47'00"
B21	Jardim Paraíso do Sol	Rio Pararangaba	Pararangaba	169.858	199.324	-23°10'44"	-45°48'07"
B22	Estrada do Serrote	Ribeirão do Cajuru	Pararangaba	163.923	377.865	-23°13'48"	-45°46'31"
B23	Recanto do Vale	Afluente	Pararangaba	93.040	315.658	-23°13'60"	-45°46'47"
B24	Cajuru	Ribeirão do Cajuru	Pararangaba	148.369	287.198	-23°11'25"	-45°48'24"
B25	Parque Tecnológico	Afluente	Pararangaba	158.808	632.469	-23°09'46"	-45°47'29"
B26	Chácara Jataí	Córrego de Divisa	Divisa	275.384	724.465	-23°09'54"	-45°45'35"
B27	Residencial Mont Serrat	Ribeirão Vermelho	Vermelho	30.903	53.239	-23°11'26"	-45°56'02"
B28	Colinas do Paratehy	Afluente	Jaguari	44.972	388.515	-23°10'49"	-45°57'09"

5.1.1.2. PLANO DE DESASSOREAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUA

A dragagem e o desassoreamento são procedimentos de escavação para remoção de areia, lodo, resíduos e outros sedimentos acumulados no fundo dos rios e córregos, causados por ações humanas ou pelo desbarrancamento de terra decorrentes de fenômenos naturais.

Para evitar ou minimizar possíveis inundações em épocas de chuvas intensas, devido a redução da capacidade de vazão dos rios e córregos proporcionados pelo assoreamento, a Prefeitura de São José dos Campos, anualmente, através de contratos com empresas terceirizadas, realiza o trabalho de dragagem, limpeza e desassoreamento.

Para a execução das obras deverão ser observadas as diretrizes de: [PREVENÇÃO AO ASSOREAMENTO](#); [EXECUÇÃO DE OBRAS](#); e [PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS](#).



5.1.2. INTERVENÇÕES NA MICRODRENAGEM

5.1.2.1. SISTEMA DE MICRODRENAGEM

Os sistemas de microdrenagem em loteamentos e em empreendimentos deverão ser dimensionados de acordo com as [DIRETRIZES GERAIS](#).

Deverão ser observadas ainda as diretrizes de: [PREVENÇÃO AO ASSOREAMENTO](#); [EXECUÇÃO DE OBRAS](#); e [PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS](#).

Essa exigência está vinculada a Etapa 1 – Drenagem Urbana do [PDDMAP](#) e poderá sofrer alterações com o desenvolvimento da Etapa 2 – Manejo Sustentável de Águas Pluviais, com a introdução de outras tecnologias de manejo sustentável.

5.1.2.2. DETENÇÃO EM LOTEAMENTOS

Os loteamentos e empreendimentos em glebas e lotes oriundos de desmembrados com área superior a 10.000 m² deverão ter sistema de retenção para amortecimento da vazão de pico, conforme critérios e parâmetros definidos pelas diretrizes de [DRENAGEM EM LOTEAMENTOS](#).

Deverão ser observadas ainda as diretrizes de: [PREVENÇÃO AO ASSOREAMENTO](#); [EXECUÇÃO DE OBRAS](#); e [PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS](#).

Essa exigência está vinculada a Etapa 1 – Drenagem Urbana do [PDDMAP](#) e poderá sofrer alterações com o desenvolvimento da Etapa 2 – Manejo Sustentável de Águas Pluviais, com a introdução de outras tecnologias de controle de inundação.

5.1.2.3. CALÇADAS VERDES

A [LPUOS](#) estabeleceu em seu art. nº 233 o padrão de vias de circulação de novos loteamentos e vias de circulação interna dos condomínios de lotes residenciais e industriais, que inclui uma área ajardinada de dimensões mínimas estabelecidas pelo Anexo XVIII – Parâmetros para o Ajardinamento e o Espaço Árvore em Calçadas da LC 623/2019, conforme mostra a [Figura 25](#). Com isso, espera-se garantir maior permeabilidade do solo e condições para desenvolvimento saudável da arborização urbana. A revisão da Lei da Calçada Segura poderá ampliar essa condição para as áreas existentes. Recomenda-se ações de controle e monitoramento desse novo padrão de calçada, bem como aprofundar o conhecimento sobre o impacto na gestão de águas pluviais no âmbito da Etapa 2 – Manejo Sustentável de Águas Pluviais.

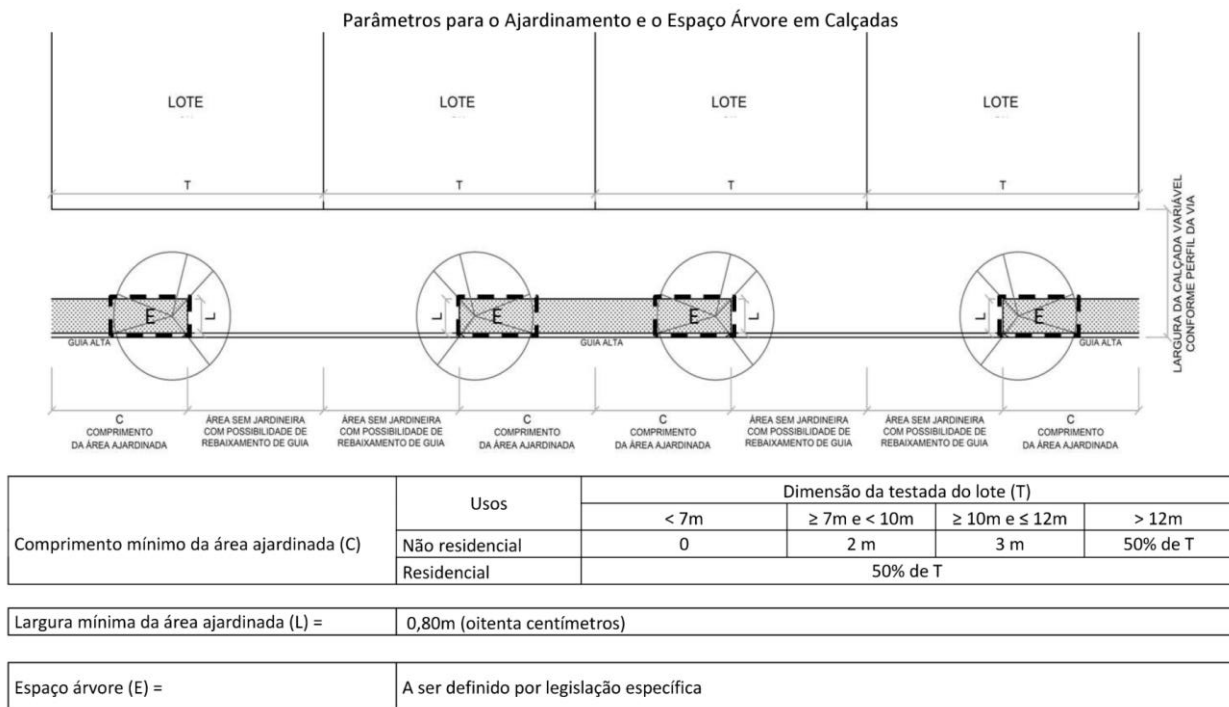


Figura 25: Anexo XVIII – Parâmetros para o Ajardinamento e o Espaço Árvore em Calçadas.

Fonte: LC 623/2019

5.1.3. INTERVENÇÕES NO LOTE

5.1.3.1. DETENÇÃO EM LOTES

Os lotes oriundos de loteamentos e empreendimentos em glebas ou lotes oriundos de desmembramento com área inferior a 10.000 m² terão sistema de retenção para amortecimento da vazão de pico, conforme critérios e parâmetros definidos pelas diretrizes de [DRENAGEM EM LOTES](#).

Essa exigência está vinculada a Etapa 1 – Drenagem Urbana do [PDDMAP](#) e poderá sofrer alterações com o desenvolvimento da Etapa 2 – Manejo Sustentável de Águas Pluviais, com a introdução de outras tecnologias de controle de inundação e manejo sustentável.

5.2. MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS

5.2.1. ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO

Em observância ao art. nº 147 do [PDDI](#) (LC 612/2018) e com o objetivo de regulamentar o ordenamento territorial, ficam estabelecidas as Áreas Suscetíveis a Inundação resultantes dos estudos hidráulico-hidrológicos desenvolvidos no âmbito deste plano, como instrumento orientativo para a restrição



de ocupação e edificação dessas áreas, que deverão ser mantidas de forma a garantir sua funcionalidade para o controle de cheias, minimizando a ocorrência de inundações.

A [Figura 26](#) apresenta as Áreas Suscetíveis a Inundação que deverão substituir o Anexo XVI – Mapa – ZDCA da LC 612/2018.

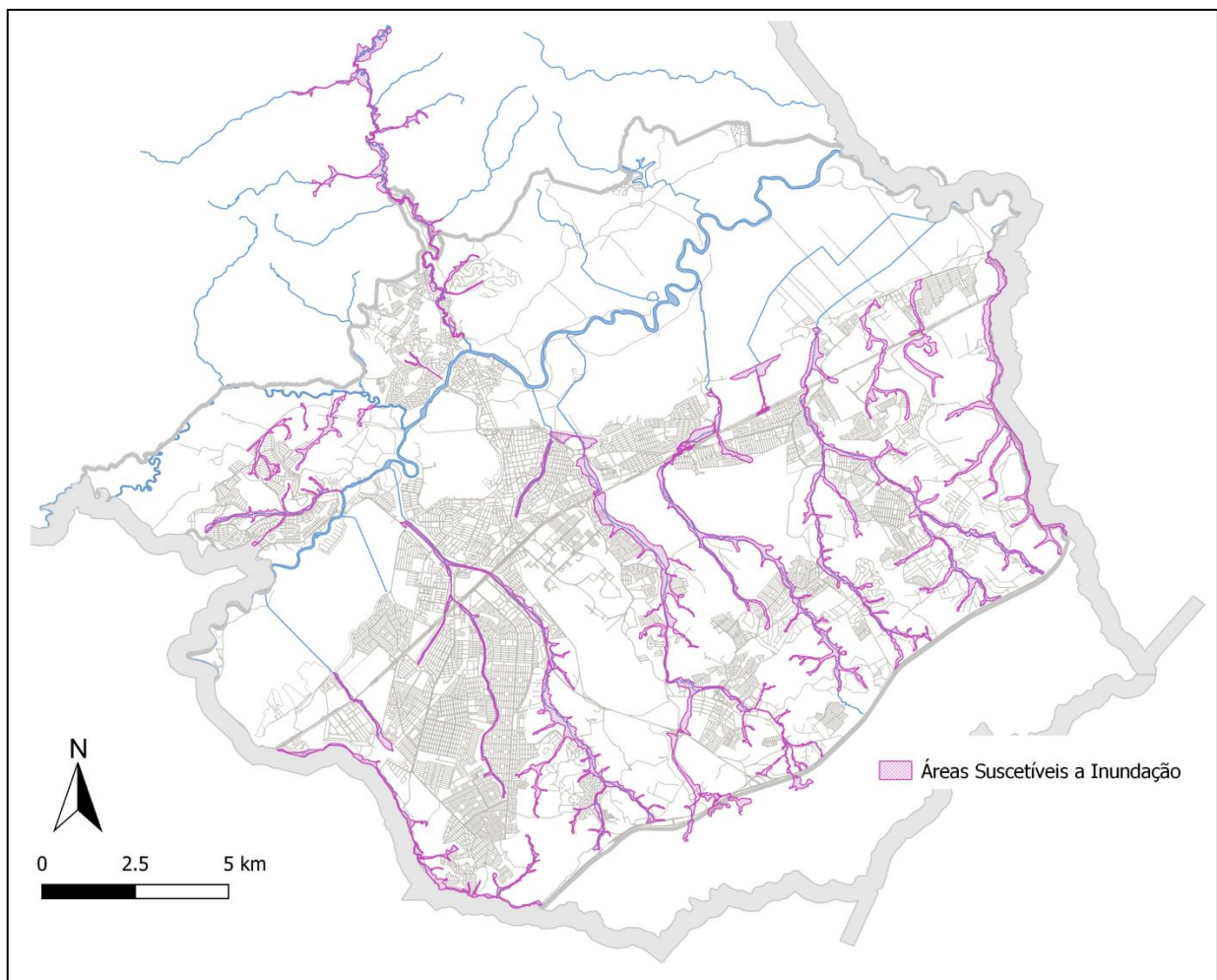


Figura 26: Mapa das Áreas Suscetíveis a Inundação

Nesse sentido, o presente plano estabelece as restrições de ocupação das Áreas Suscetíveis a Inundação, bem como orienta os estudos específicos que deverão ser realizados para as análises mais detalhadas, conforme as diretrizes de [ESTUDOS EM ÁREA SUSCETÍVEL A INUNDAÇÃO](#).

Na porção de lotes e de glebas inserida nas Áreas Suscetíveis a Inundação, são vedadas edificações e construções que comprometam sua funcionalidade para o controle de cheia, incluindo sua capacidade de retenção, amortecimento e escoamento das águas. Uma vez garantida essa funcionalidade, será admitido o uso dessas áreas para fins de lazer, recreação e implantação de áreas



verdes, desde que as instalações sejam compatíveis à funcionalidade proposta. Deve-se ter ciência da sazonalidade de inundação dessas áreas, principalmente, por parte dos proprietários e usuários.

Os sistemas de retenção de lotes, glebas e loteamentos poderão ser alocados nas Áreas Suscetíveis a Inundação desde que não comprometam a sua funcionalidade. As APP inseridas nas Áreas Suscetíveis a Inundação tem seus regramentos específicos determinados pelo Código Florestal e legislações correlatas.

Observa-se que o PDDMAP não contempla Áreas Suscetíveis a Inundação resultantes de eventos de cheias do Rio Paraíba do Sul. De fato, o foco do PDDMAP é a aplicação de medidas estruturais e não-estruturais de pequenas e médias bacias hidrográficas, pois os processos hidrológicos do Rio Paraíba do Sul possuem maior complexidade por se estabelecerem em bacia de grande escala, além de ter o controle de vazão regulado pelas barragens a montante de São José dos Campos. Assim, entende-se que suas cheias são categorizadas como enchentes fluviais que possuem aspectos particulares e distintos daqueles gerados por falhas típicas da drenagem urbana. Dessa forma, recomenda-se que estudos hidrológicos bem como um plano de ação devam ser elaborados na escala hidrográfica apropriada e no âmbito do Plano Diretor da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

5.2.1.1. PROTEÇÃO AMBIENTAL E REQUALIFICAÇÃO URBANÍSTICA

No âmbito municipal, por sua vez, ressalta-se as políticas de preservação e conservação das planícies aluviais dos rios Paraíba do Sul e Jaguari que foram estabelecidas como Unidades de Conservação, onde a legislação vigente veda a urbanização. Sendo assim, o cumprimento das diretrizes estabelecidas pelo PDDI é uma importante estratégia para a gestão de águas pluviais. Da mesma forma, a estratégia de ampliação da rede de parques urbanos deve ser fortalecida e levar em consideração as Áreas Suscetíveis a Inundação, que será subsídio para a elaboração da Etapa 2 – Manejo de Sustentáveis de Águas Pluviais. Nessa segunda etapa, recomenda-se que sejam desenvolvidos novos critérios urbanísticos e ambientais dessas áreas e dos reservatórios urbanos de forma a integrá-las a paisagem urbana e promovendo múltiplas funcionalidades, conforme mostra a [Figura 27](#).

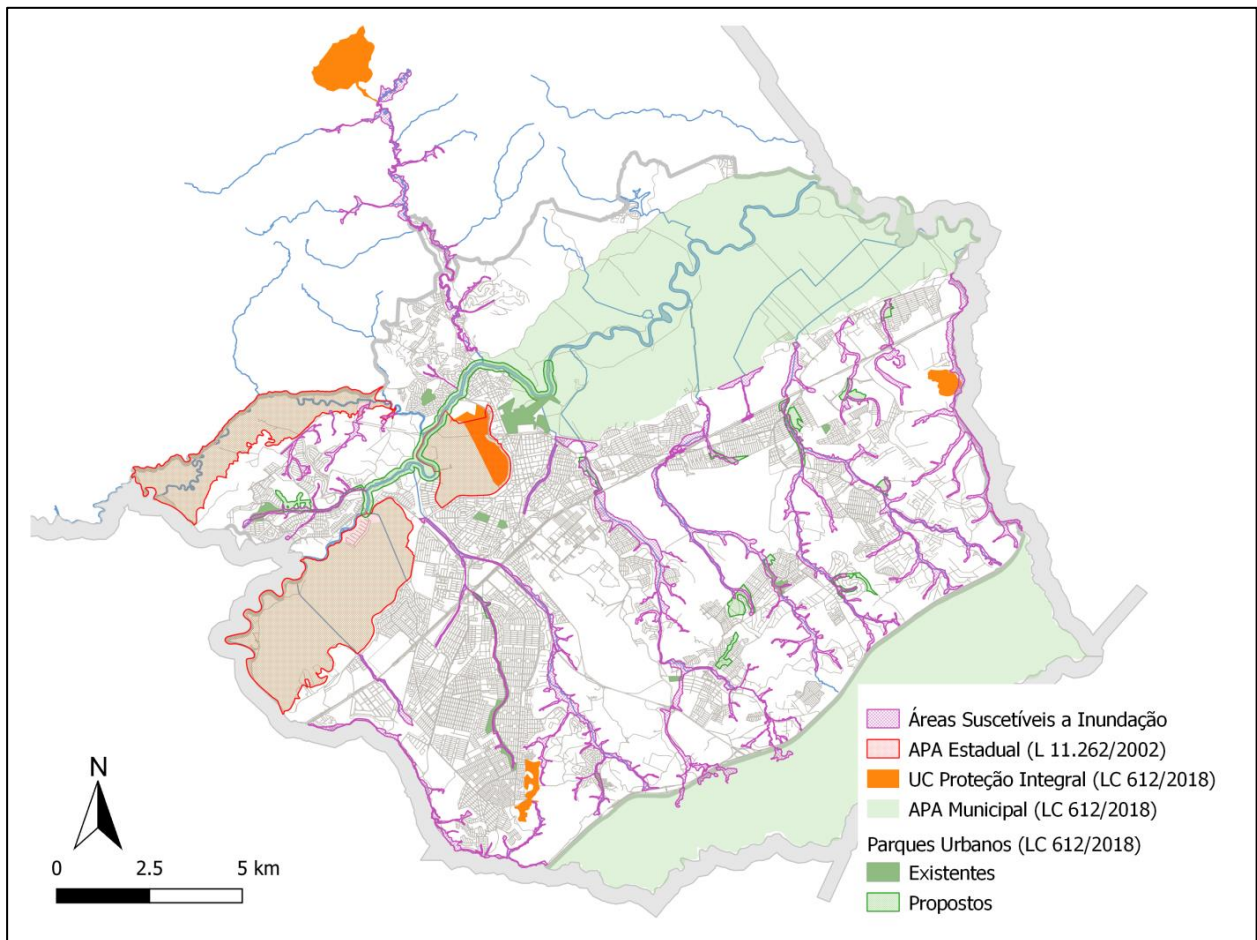


Figura 27: Integração das Áreas Suscetíveis a Inundação as Unidades de Conservação e aos Parques Urbanos

Além disso, conforme exposto anteriormente, o **PDDI** estabeleceu as Áreas Urbanas de Interesse Ambiental e a **LPUOS** a Área de Recarga de Aquífero. Recomenda-se que a Etapa 2 – Manejo de Sustentáveis de Águas Pluviais avalie os parâmetros e critérios estabelecidos, de forma aprimorar as ações já estabelecidas e propor novas diretrizes que favoreçam a conservação da água, conforme mostra a **Figura 28**.

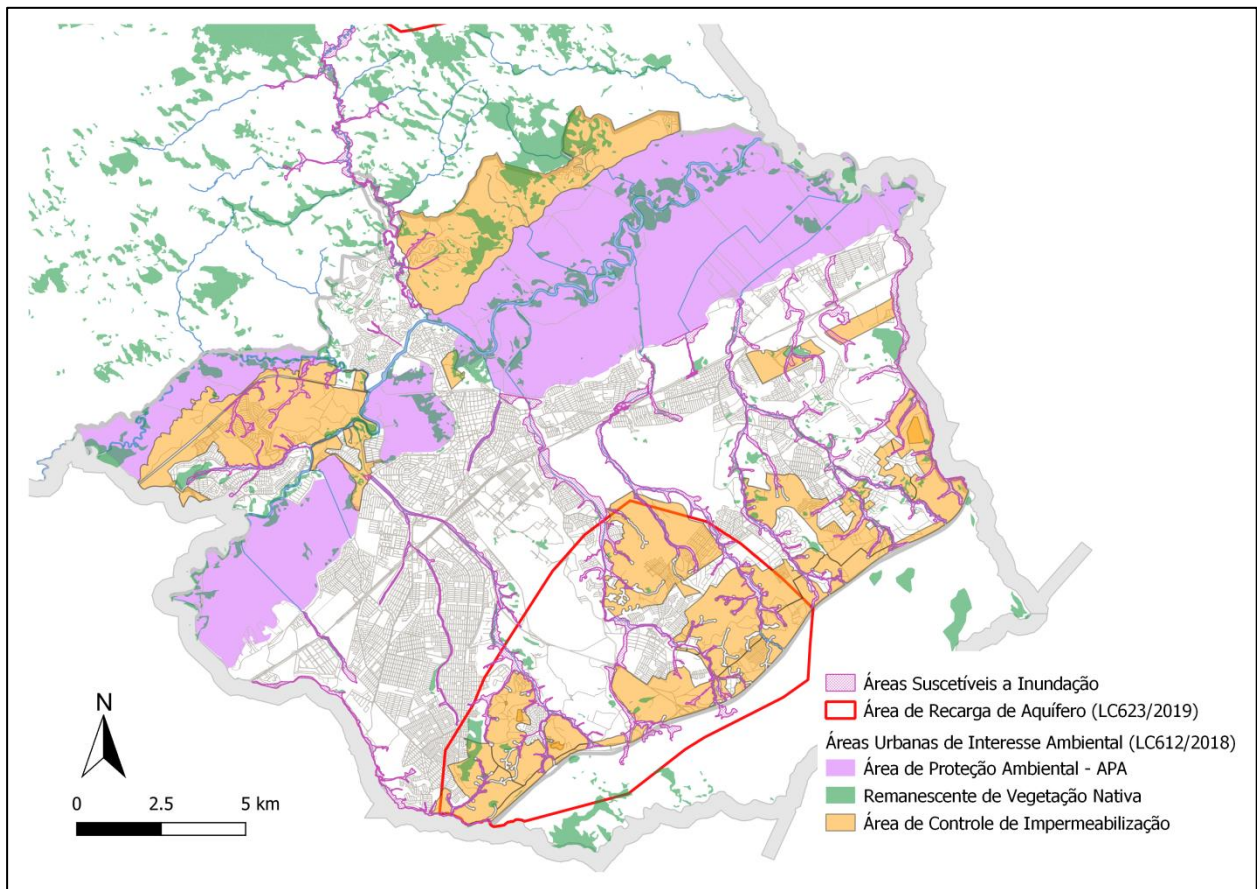


Figura 28: Integração das Áreas Suscetíveis a Inundação as Áreas Urbanas de Interesse Ambiental e a Área de Recarga de Aquífero

5.2.1.2. REDUÇÃO DE RISCO E REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA

O **PMRR** é um importante instrumento para mapeamento e gestão do risco de escorregamento, deslizamentos e inundações. O conceito de risco adotado pelo **PMRR** considera a existência de moradias diretamente afetadas pelos processos hidrológicos para a existência ou não de risco. Assim, situações em quem não há pessoas habitando as regiões afetadas pelos processos de inundação, não são enquadradas nos setores de risco.

No entanto, o **PMRR** recomenda que se evite a ocupação de áreas suscetíveis a processos de inundação sem a realização de estudos hidrológicos, hidrogeológicos e geotécnicos preliminares que forneçam diretrizes para orientar ocupações futuras.

Nesse sentido, o presente plano estabelece as restrições de ocupação das Áreas Suscetíveis a Inundação, bem como orienta os estudos específicos que deverão ser realizados para as análises mais detalhadas, conforme as diretrizes de **ESTUDOS EM ÁREA SUSCETÍVEL A INUNDAÇÃO**.

A **Figura 29** apresenta a sobreposição das Áreas Suscetíveis a Inundação sem e com as obras de intervenção e os setores de riscos mapeados pelo **PMRR**. Ambos os planos possuem medidas estruturais

e não-estruturais para de forma a reduzir as Áreas Suscetíveis a Inundação e, possivelmente, eliminar os riscos ali existentes, que devem ser implementadas de forma integrada. O PMRR ainda estabelece uma série de ações para a Gestão de Risco de Desastres que complementam as medidas estruturais e não-estruturais estabelecidas pelo presente plano.

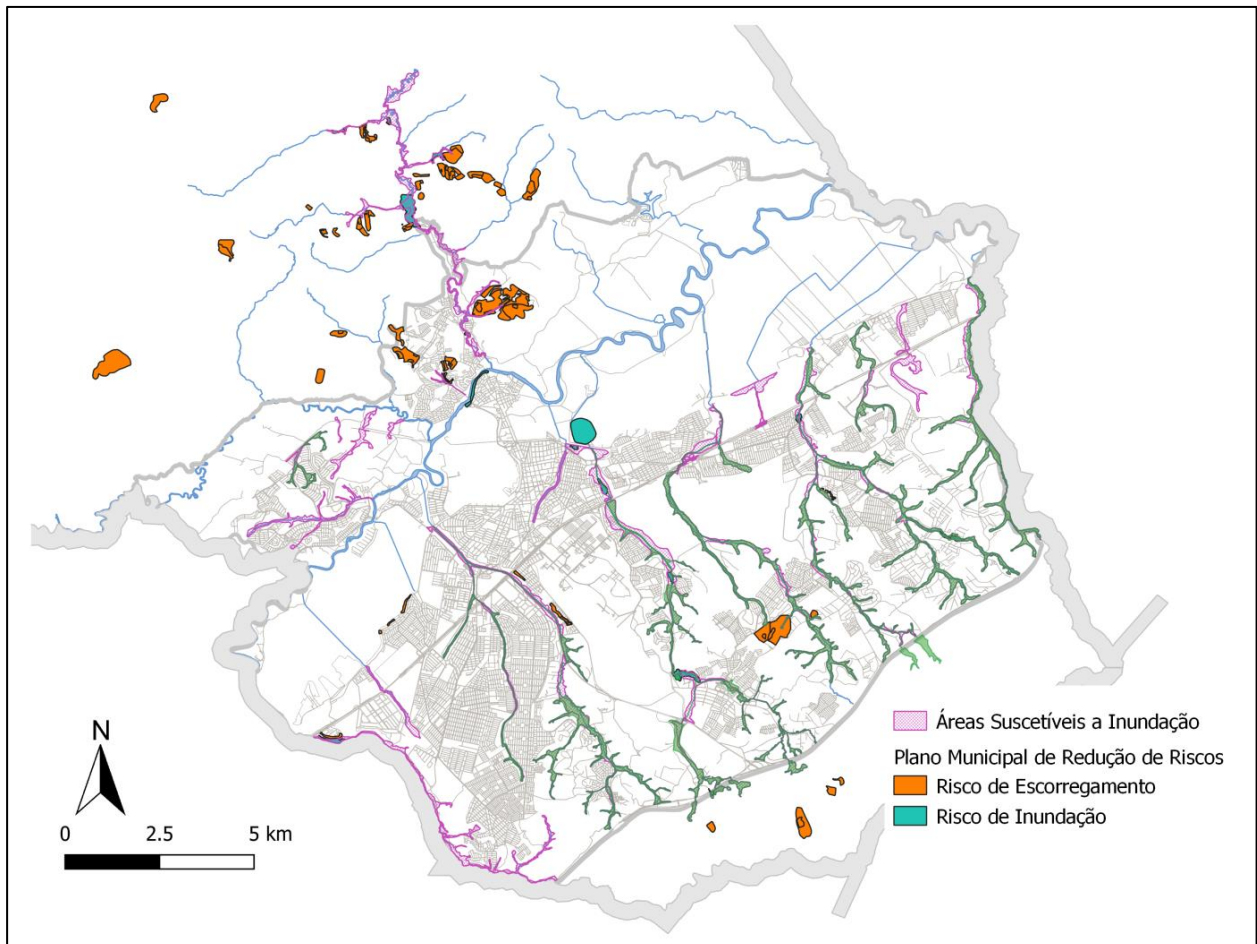


Figura 29: Integração das Áreas Suscetíveis a Inundação às Áreas de Risco do PMRR

Da mesma forma, o presente plano estabelece critérios que deverão ser observados para a regularização fundiária dos núcleos urbanos informais. A Figura 30 apresenta os núcleos urbanos informais identificados pelo PDDI (LC 612/2018) e as Áreas Suscetíveis a Inundação sem e com intervenções. A regularização fundiária é um dos direcionadores para a execução das obras de intervenção previstas neste plano.

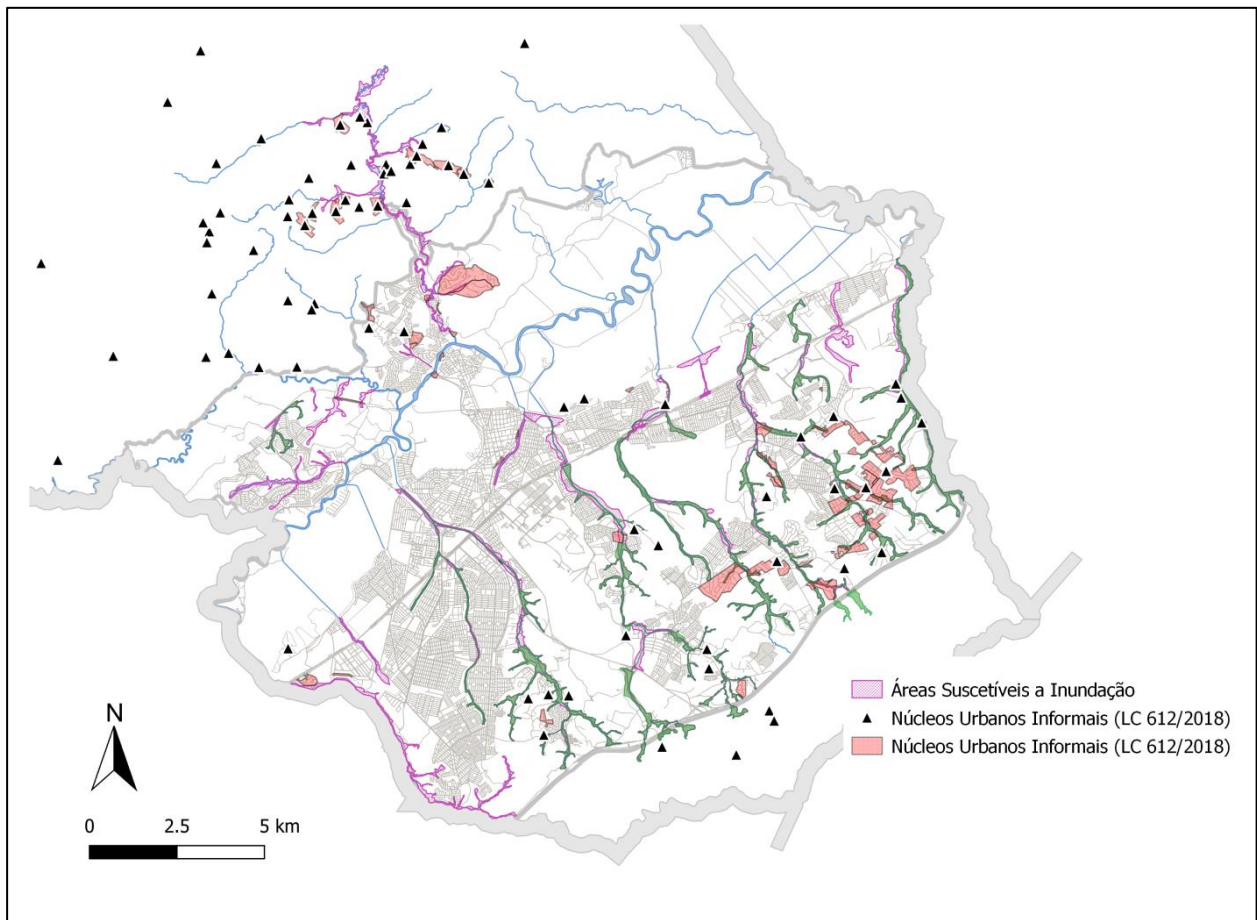


Figura 30: Integração das Áreas Suscetíveis a Inundação aos Núcleos urbanos informais

Nos casos de sobreposição das Áreas Suscetíveis a Inundação em áreas ocupadas a serem regularizadas, deverão ser estudadas as Áreas Suscetíveis a Inundação a partir do levantamento planialtimétrico em campo, conforme orientação das diretrizes de [ESTUDOS EM ÁREA SUSCETÍVEL A INUNDAÇÃO](#), uma vez que as Áreas Suscetíveis a Inundação identificadas por esse Plano são orientativas.

Para determinação da criticidade e do nível de alerta e das ações destinadas à prevenção ou à redução dos efeitos da inundação, recomenda-se a utilização dos critérios de Níveis de Alerta estabelecidos pela [ANA \(2012\)](#), descrito no [SISPREC](#).

O critério de níveis de alerta é definido pela velocidade de escoamento da água, cuja qual é a responsável por elevar os riscos de ocupação de áreas inundáveis. Em uma seção transversal qualquer do curso d'água, as Áreas Suscetíveis a Inundação apresentam diferentes profundidades de nível d'água com relação ao relevo natural do terreno. Devido ao atrito entre a interface da água e solo, a medida que a superfície das Áreas Suscetíveis a Inundação aproxima-se da superfície do terreno, há a redução da velocidade do escoamento da água.



Conforme critério estabelecido pelo [SISPREC](#), cujo qual associa as velocidades às profundidades do nível d'água, para as áreas já ocupáveis, considerou-se a seguinte classificação do nível de alerta:

- **Nível 3 – Corresponde ao nível de remoção das ocupações**, em que a profundidade da lâmina d'água é superior a 1,5 m e sua velocidade superior a 1,5 m/s;
- **Nível 2 – Corresponde ao nível de emprego de técnicas estruturais**, nos casos viáveis, para a contenção da inundação, em que a profundidade da lâmina d'água se apresenta entre 0,5 e 1,5 m e sua velocidade entre 0,5 m/s e 1,5 m/s; e
- **Nível 1 – Corresponde ao nível de aviso e alerta**, em que a profundidade da lâmina d'água é inferior a 0,5 m e sua velocidade inferior a 0,5 m/s.

A possibilidade de permanência de moradias, comércios e afins em núcleos Urbanos Informais (Reurb-S e Reurb-E) em locais com incidência de risco de inundação, somente será permitida quando a profundidade da lâmina d'água for inferior a 0,5m e a velocidade de escoamento for inferior a 0,5m/s.

Nestes casos, para que seja procedida a aprovação do projeto de regularização fundiária atendendo o estabelecido no art. nº 36 do decreto nº 9.310 de 15 de março de 2018, deve ser avaliada, por meio de laudo técnico, a condição estrutural das edificações sujeitas a inundação. Para cada singularidade de área a ser regularizada também deve ser firmado um plano de ação específico entre a Defesa Civil e o [DRF](#) com diretrizes de ações preventivas como a de monitoramentos e diretrizes de ações paliativas como a de atendimento às emergências.

Tendo em vista que as Áreas Suscetíveis a Inundação, apresentadas por este plano, são de caráter indicativo no ambiente da macrodrenagem com foco nos principais cursos d'água dentro do perímetro urbano, para os locais e áreas ribeirinhas em que não foram delimitadas as Áreas Suscetíveis a Inundação por este plano, se faz necessário a elaboração de estudos específicos em escala adequada.

5.2.2. LEGISLAÇÃO DE INCENTIVO ÀS TÉCNICAS COMPENSÁTORIAS

Além do sistema de retenção, o Fator de Sustentabilidade associado à Outorga Onerosa do Direito de Construir, instituída pelo [PDDI](#) (LC 612/2018), e a Área Sustentável, instituída pela [LPUOS](#) (LC 623/2019), incentivam a implantação de técnicas compensatória de drenagem e manejo de águas pluviais. Assim, ainda que nesse primeiro momento o sistema de retenção permaneça como a principal medida estrutural a ser exigida no lote, espera-se o surgimento e a diversificação de tecnologias a serem adotadas na cidade. A [Figura 31](#) apresenta as técnicas compensatórias incentivadas.

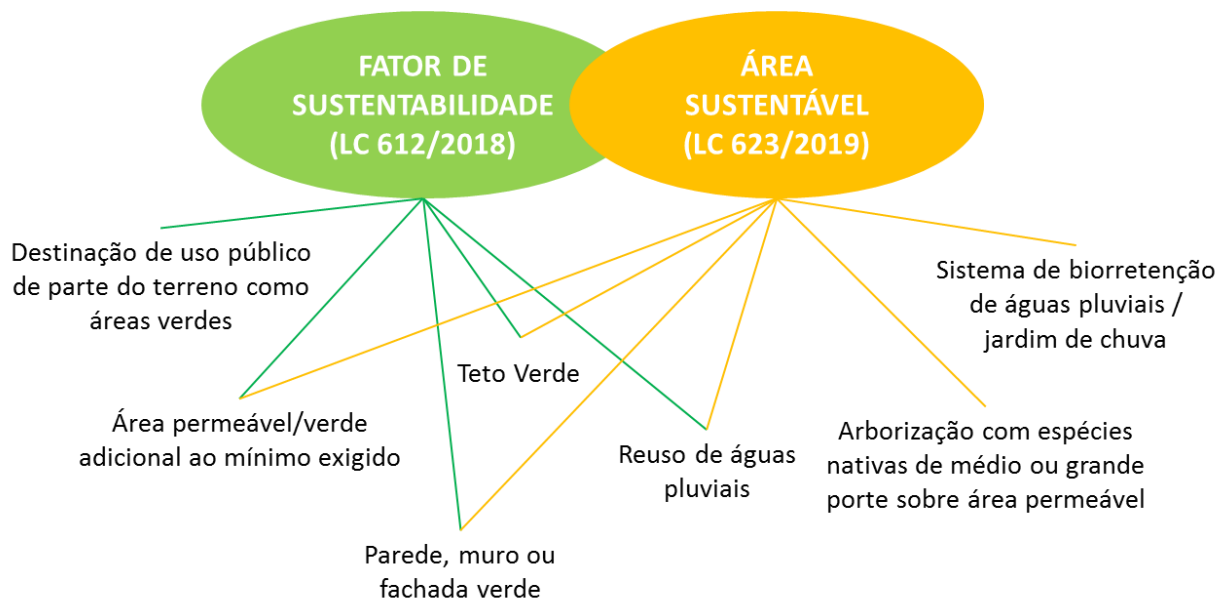


Figura 31: Técnicas Compensatórias incentivadas por meio do Fator de Sustentabilidade da Outorga Onerosa do Direito de Construir (LC 612/2018) e da Área Sustentável (LC 623/2019)

O município já possui incentivos tributários, para a adoção das técnicas compensatórias. A Lei Complementar nº 596, de 05 de setembro de 2017, institui o Programa IPTU Verde, concedendo isenção parcial no Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana aos imóveis residenciais que adotem medidas que estimulem a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente. Especificamente sobre as técnicas compensatórias, o benefício fiscal é:

Art. 3º O benefício fiscal previsto no artigo 2º desta Lei Complementar será concedido nos seguintes percentuais:

II - cinco por cento, para os casos de sistema de telhado verde, visando o gerenciamento de águas pluviais, melhoria térmica e criação de áreas de lazer nos empreendimentos imobiliários (LC 596/2017)

Além do Programa IPTU Verde, o Código Tributário instituído pela Lei nº 2252/1979, alterado pela LC nº 457/2011, em seu art. nº 69, concede isenção as APP e às áreas averbadas como Reserva Legal, desde que comprovada a efetiva preservação da área, conforme a legislação vigente, incluindo o cumprimento de possíveis Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental.

Ressalta-se a relevância dessas políticas de incentivo para promoção das técnicas compensatórias. Enquanto o Programa IPTU Verde tem maior enfoque no controle da drenagem na fonte, a recuperação e preservação das APP e Reservas Legais são estratégias para o melhor funcionamento do sistema de macrodrenagem, contribuindo também para redução do escoamento superficial e incremento da infiltração. Nesse sentido, destaca-se que as Áreas Suscetíveis a Inundação, incluem as APP, ainda que não se limitem a elas.



Assim, o controle e monitoramento dos incentivos tributário para a efetiva implementação dessas medidas deverá ser realizado, a fim de subsidiar as tomadas de decisão e orientar novas ações. Recomenda-se ainda ações de comunicação e divulgação desses incentivos para a população.

Com base nas medidas estabelecidas por esse Plano nesta Etapa 1 – Drenagem Urbana e, sobretudo as que serão construídas pela Etapa 2 – Manejo Sustentável de Águas Pluviais, poderá haver uma ampliação das tecnologias incentivadas. Recomenda-se estudos de incentivos fiscais para essas novas tecnologias, bem como para as Áreas Suscetíveis a Inundação não inseridas em [APP](#).

5.2.3. REVISÃO DA POLÍTICA MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

A Lei Federal nº 14.026 de 15 de julho de 2020 atualizou o marco legal de saneamento básico, trazendo uma série de alterações na Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para política federal. Considerando que o [PDDMAP](#) é um dos planos setoriais que compõe a [PMSB](#), deverá ser realizada a revisão da Lei nº 357/2008 a luz desse novo marco legal.



6. DIRETRIZES DE DRENAGEM URBANA

6.1. ESTUDOS EM ÁREA SUSCETÍVEL A INUNDAÇÃO

Para a aprovação de aterros, sistema viário e edificações em áreas de parcelamento de solo, glebas ou lotes, próximos às áreas ribeirinhas, é obrigatória a sobreposição da Área Suscetível a Inundação.

Quando a Área Suscetível a Inundação for constatada em área com potencial de utilização, ou seja, fora de APP, poderá ser solicitada a reanálise da parte definida como não inundável. A área não inundável somente é definida tecnicamente, através da apresentação dos estudos hidráulicos das cotas inundáveis, desenvolvidos a partir do relevo real dessas áreas, cujo qual deverá ser obtido por levantamento de campo.

6.1.1. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

O estudo hidráulico é composto pelos memoriais descritivo e de cálculo; e das plantas de implantação e de seções transversais do curso d'água e suas respectivas áreas ribeirinhas. O [Quadro 16](#) e o [Quadro 17](#) estabelecem os itens mínimos que deverão ser apresentados nos documentos de composição do estudo.

Quadro 16: Itens apresentados nos memoriais para estudos de Área Suscetível a Inundação

ITEM	DESCRIÇÃO	
1.	MEMORIAL DESCRITIVO	
1.1	Identificação das partes	Nome do proprietário e do autor do projeto com os dados para contato
1.2	Apresentação	Objetivo sucinto da solicitação
1.3	Resumo	Apresentar os parâmetros utilizados para o desenvolvimento do estudo, como vazão de projeto, coeficientes de Manning, declividades do canal
1.4	Localização da área	Apresentar, de preferência, imagem aérea com auxílio de mapas; identificar a via de acesso a área para possíveis vistorias necessárias
1.5	Metodologia aplicada	Apresentar de forma sucinta a metodologia utilizada para a determinação das cotas de inundação
2.	MEMORIAL DE CÁLCULO	
2.1	Descrição dos parâmetros utilizados	
2.2	Cálculo do coeficiente de Manning equivalente, quando empregado	
2.3	Cálculo da área molhada e do perímetro molhado das seções estudadas	
2.4	Cálculo do remanso	

Quadro 17: Itens apresentados nas plantas para estudos de Área Suscetível a Inundação

ITEM	DESCRIÇÃO
1.	PLANTA DE IMPLANTAÇÃO
1.1	Identificação da área de matrícula e relevo do solo
1.2	Identificação do curso d'água
1.3	Identificação das seções de estudo



ITEM	DESCRIÇÃO
1.4	Identificação da Área Suscetível a Inundação definida pelo município e a área retificada
2.	PLANTA DE SEÇÕES
2.1	Identificação do perfil do solo
2.2	Identificação do nível d'água para a vazão de projeto

6.1.1.1. DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

Para a solicitação de reanálise da Área Suscetível a Inundação, fica condicionada à aprovação do estudo, com abertura de processo administrativo, devendo apresentar os seguintes documentos:

1. Requerimento padrão de abertura de processo;
2. Demonstrativo do IPTU;
3. Registro de imóveis ou escritura;
4. Para proprietário como pessoa física: documentos pessoais (RG/CPF); Para proprietário como pessoa jurídica: cartão CNPJ, contrato social e documentos pessoais do representante da empresa; nos casos em que o responsável pelas assinaturas como representante não for o proprietário, apresentar procuração e documentos pessoais do outorgado;
5. Anotação de Responsabilidade Técnica do autor do estudo;
6. Memorial descritivo e de cálculo;
7. Planta de implantação das Áreas Suscetíveis a Inundação; e
8. Planta de seções transversais do canal.

6.1.2. PARÂMETROS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Para a determinação da altura do nível d'água, deverá ser empregada a Equação da Continuidade associada à fórmula de Chézy e aplicada ao coeficiente de Manning, [Equação \(23\)](#).

A vazão de estudo, definida no [Item 6.1.2.1](#), deverá ser projetada nas seções transversais do canal. As seções transversais deverão cobrir toda a extensão de divisa confrontante com o curso d'água e estar espaçadas a cada 20 metros.

Nos casos necessários deverá ser observado o comportamento do remanso, conforme definido no [Item 6.1.2.3](#).

6.1.2.1. VAZÃO DE PROJETO

As vazões de projeto correspondem as vazões obtidas pelo estudo hidrológico da macrodrenagem da cidade, utilizadas para a delimitação das Áreas Suscetíveis a Inundação.



Para a solicitação da reanálise das Áreas Suscetíveis a Inundação, deverão ser empregadas as vazões de projeto definidas pelo município, pois elas foram obtidas através da projeção prevista para o desenvolvimento da cidade.

A obtenção da vazão atuante no ponto de estudo deverá ser solicitada à Divisão de Infraestrutura com a apresentação da localização da área, preferencialmente, através do arquivo de extensão KMZ, do software Google Earth.

6.1.2.2. COEFICIENTE EQUIVALENTE

Quando na seção tipo ocorre mais de um tipo de revestimento do canal, deve-se calcular o coeficiente equivalente de rugosidade através da [Equação \(1\)](#).

$$n_{eq} = \frac{P_a \cdot n_a + P_b \cdot n_b + \dots + P_n \cdot n_n}{P_m} \quad (1)$$

Em que, n_{eq} é o coeficiente equivalente de rugosidade de Manning, P_a , P_b e P_n são os perímetros molhados para cada tipo de revestimento, em metros, n_a , n_b e n_n são os coeficientes de Manning de cada tipo de revestimento e P_m é o perímetro total molhado, em metros.

Quadro 18: Coeficientes de rugosidade de Manning (Porto, 1995)

NATUREZA DAS PAREDES	COEFICIENTE DE MANNING (n)
Alvenaria de pedra argamassada	0,025
Alvenaria de pedra aparelhada	0,015
Alvenaria de pedra seca	0,033
Canais abertos em rocha	0,045
Canais com fundo em terra e talude com pedras	0,033
Canais com leito pedregoso e talude vegetado	0,035
Canais com revestimento de concreto	0,016
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,023
Canais dragados	0,030
Gabião	0,035
Superfícies de argamassa de cimento	0,013
Tubos de concreto	0,015
Córregos e rios limpos, retilíneos e uniformes	0,030
Córregos e rios com pedras e vegetação	0,035
Córregos e rios com margens espraçadas, pouca vegetação	0,070
Córregos e rios com margens espraçadas, muita vegetação	0,125



6.1.2.3. REMANSO

O remanso é o fenômeno que representa a sobrelevação do nível da água a montante de um estreitamento de um curso d'água. O estreitamento pode-se dar através da execução de travessias e barramentos ou mudanças, executadas ou naturais, das seções dos canais.

Para o cálculo do remanso deve-se observar o comportamento da energia da água na seção longitudinal do canal.

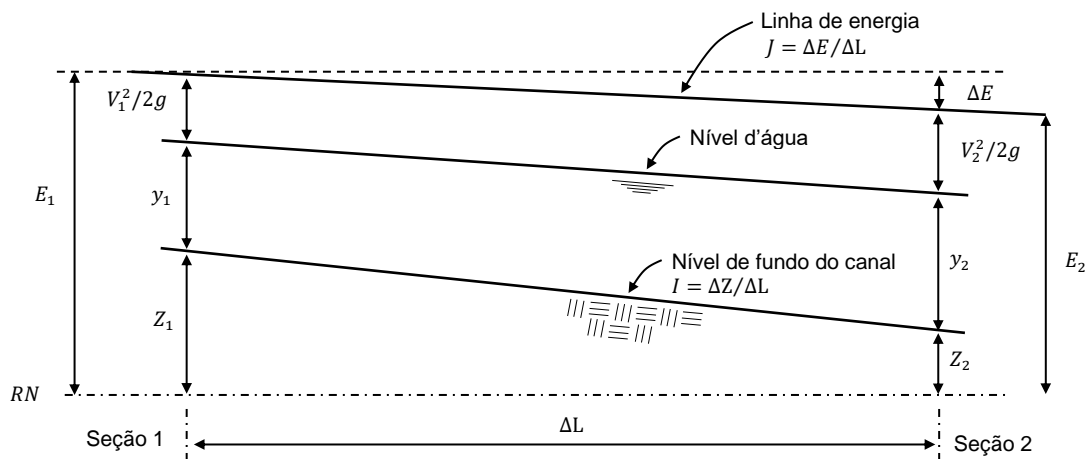


Figura 32: Representação da declividade da linha de energia

Em que, $V^2/2g$ é a energia cinética, em metros, V é a velocidade do escoamento, em m/s, g é a aceleração gravitacional, $9,81 \text{ m/s}^2$, y é a altura do nível d'água, em metros, Z é a cota altimétrica do nível de fundo do canal, em metros, E é a energia total, em metros, ΔZ é o desnível altimétrico entre seções, em metros, ΔL é a distância entre seções, em metros, ΔE é a perda de carga, em metros, $y + Z$ é a energia potencial, em metros, J é a declividade da linha da energia, em m/m, I é a declividade do canal, em metros e RN é o referencial de nível.

O comprimento longitudinal do remanso é dado pela [Equação \(2\)](#).

$$\Delta R = \frac{\Delta E}{I - J} \quad (2)$$

Em que, ΔR é o comprimento longitudinal do remanso, em metros, ΔE é a perda de carga, em metros, I é a declividade do canal, em m/m, e, J é a declividade da linha da energia, em m/m.



6.2. DIRETRIZES GERAIS

Neste Subcapítulo serão apresentadas as metodologias para o dimensionamento das estruturas projetadas recomendadas pela literatura.

Os parâmetros mínimos estipulados pela municipalidade para o dimensionamento e para a disposição das estruturas clássicas da drenagem urbana e para o dimensionamento dos reservatórios de retenção de águas pluviais para controle em loteamentos e lotes estão definidos nas diretrizes de [DRENAGEM EM LOTEAMENTOS](#) e [DRENAGEM EM LOTES](#).

6.2.1. HIDROLOGIA

Hidrologia é a ciência que estuda as variações e o comportamento do ciclo hidrológico. Este estudo é imprescindível para a previsão das vazões e hidrogramas de projeto, necessários para o dimensionamento hidráulico das estruturas de drenagem.

6.2.1.1. INTENSIDADE DA CHUVA

A determinação da intensidade da chuva se faz através de modelos estatísticos que, com base na observação de longas séries de medidas pluviométricas, preveem a **IDF** da ocorrência de eventos críticos.

Devido à proximidade física, a semelhança climática e o longo período de observação, atualmente, a cidade de São José dos Campos utiliza a equação da **IDF** do município de Taubaté, podendo ser admitida também a equação do município de Caçapava, proposta por Martinez e Magni (1999).

$$i = A(t_d + B)^C + D(t_d + E)^F \cdot \left[G + H \cdot \ln \ln \left(\frac{TR}{TR - 1} \right) \right] \quad (3)$$

Em que, A, B, C, D, E, F, G, H são parâmetros relativos ao ajuste da equação para cada posto de observação, t_d é o tempo de duração da chuva de projeto, em minutos, e TR é o período de retorno, em anos.

Quadro 19: Postos das estações pluviométricas utilizados pelo município de São José dos Campos

LOCALIDADE	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS (SFX)	TAUBATÉ	CAÇAPAVA
Nome do posto	D2-02R/DAEE	E2-022R/DAEE	E2-001/DAEE
Coordenadas	22°55'S 45°58'W	23°02'S 45°34'W	23°08'S 45°45'W
Altitude	730m	610m	550m
Período de observação	20 anos	30 anos	21 anos



Quadro 20: Parâmetros relativos ao ajuste da equação de IDF

LOCALIDADE	A	B	C	D	E	F	G	H
SJC (SFX)	31,30	20	-0,8662	3,708	10	-0,7598	-0,4801	-0,9171
Caçapava	43,3719	20	-0,94535	31,8078	50	-1,07604	-0,4923	-0,9357
Taubaté	54,53	30	-0,9637	11,03	20	-0,9116	-0,4740	-0,8839

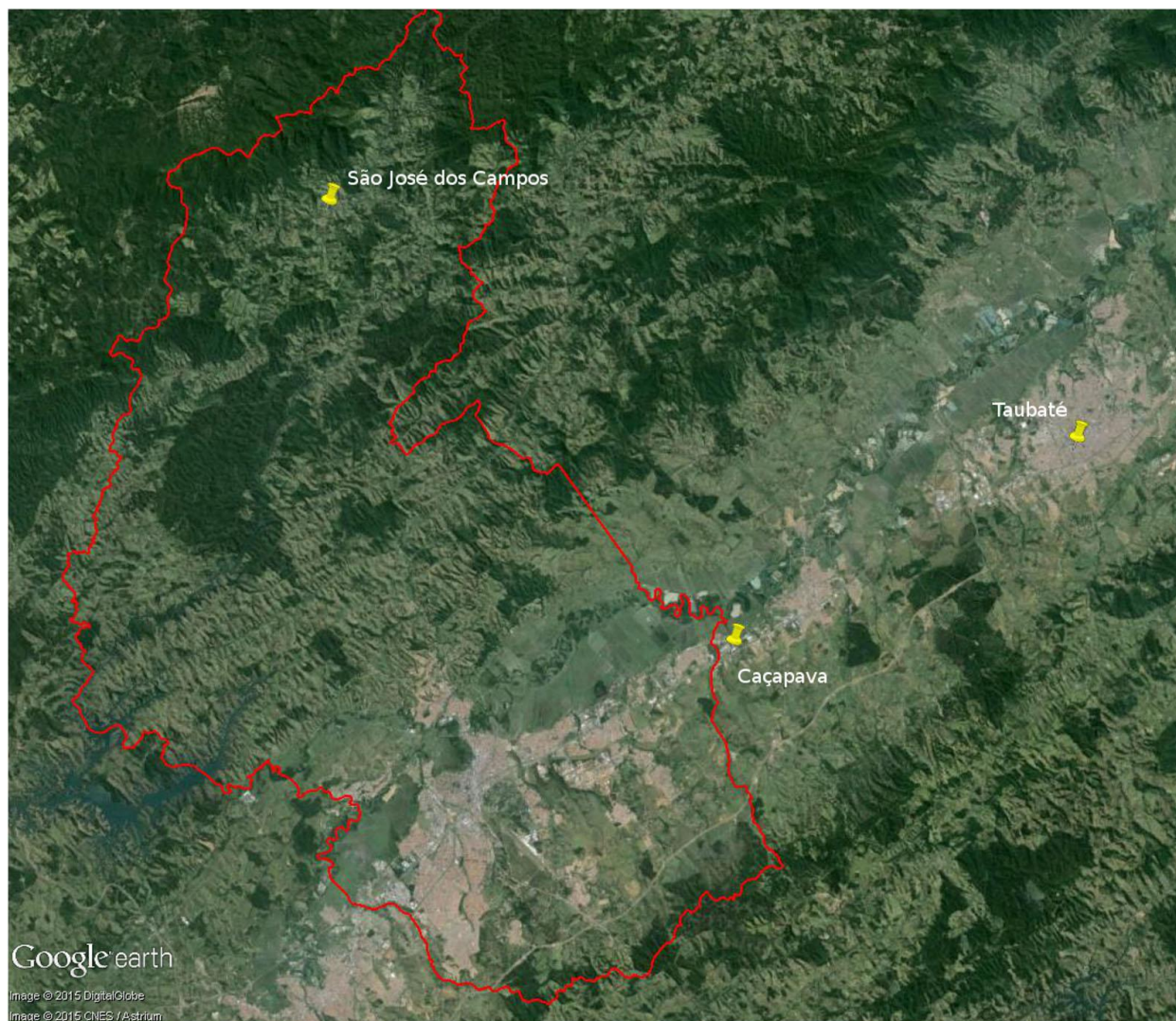


Figura 33: Localização dos postos das estações pluviométricas em São José dos Campos

6.2.1.2. TEMPO DE DURAÇÃO DA CHUVA

A adoção desse parâmetro está relacionada à finalidade da estrutura hidráulica. Os sistemas clássicos de drenagem, ou seja, estruturas que objetivam captar e conduzir as águas pluviais, devem ser dimensionadas para a chuva que apresenta a maior vazão de pico possível, cuja qual ocorre quando a duração da chuva se iguala ao tempo de concentração, conforme observa-se na [Figura 34](#).



Como os intervalos de medições da chuva para a determinação das equações que descrevem a IDF são padronizados a cada 10 minutos, caso o tempo de concentração calculado se apresente menor que o intervalo considerado, Bidone e Tucci (1995), assim como outros estudiosos, recomendam limitar o tempo de duração de projeto ao tempo mínimo de 10 minutos.

Para os sistemas alternativos, de acordo com Chow *et al.* (1988), o tempo de duração da chuva de projeto é definido como aquele em que se obtém o maior volume de escoamento, com base em uma vazão limite de controle.

Segundo Urbonas e Stahre (1993), através do hidrograma do Método Racional Modificado, fixado uma vazão limite de controle, pode-se determinar o tempo de duração da chuva crítica, conforme ilustrado na [Figura 34](#).

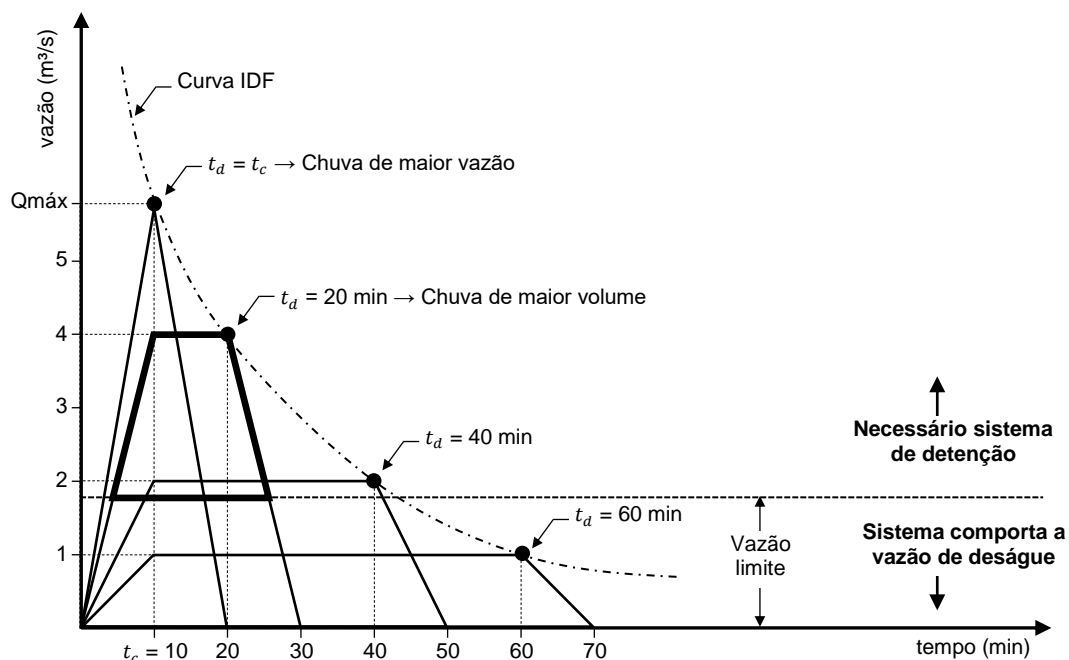


Figura 34: Representação gráfica do tempo de duração da chuva

Existem inúmeros métodos para o cálculo da chuva crítica. Neste Plano recomenda-se a utilização da [Equação \(4\)](#), que deve ser empregada aos dispositivos de controle em loteamentos, e da [Equação \(5\)](#), que deve ser empregada aos dispositivos de controle em lotes.

A partir dos parâmetros climáticos e de controle adotados e estipulados pelo município, as equações propostas foram determinadas pelo emprego dos conceitos da metodologia descrita por Barros (2015).



6.2.1.2.1. DURAÇÕES CRÍTICAS PARA RESERVATÓRIOS DE CONTROLE EM LOTEAMENTOS

A [Equação \(4\)](#) foi determinada a partir da análise da vazão de controle de deságue em loteamento ([QCL](#)) e pode ser aplicável somente para o intervalo do coeficiente ponderado ([CPE](#)) compreendido entre 0,50 e 1,0.

$$TDL = 38 \cdot CPE - 1,56 \quad (4)$$

Em que, [TDL](#) é o tempo de duração da chuva crítica, em minutos, e [CPE](#) é o coeficiente ponderado de escoamento superficial da ocupação projetada do terreno, adimensional (Item [6.2.1.5](#)).

6.2.1.2.2. DURAÇÕES CRÍTICAS PARA RESERVATÓRIOS DE CONTROLE EM LOTES

A [Equação \(5\)](#) foi determinada a partir da análise da vazão de controle de deságue em lotes ([QCE](#)) e pode ser aplicável somente para o intervalo do coeficiente ponderado ([CPE](#)) compreendido entre 0,675 e 1,0.

$$TDE = 32 \cdot CPE - 4,07 \quad (5)$$

Em que, [TDE](#) é o tempo de duração da chuva crítica, em minutos, e [CPE](#) é o coeficiente ponderado de escoamento superficial da ocupação projetada do terreno, adimensional (Item [6.2.1.5](#)).

6.2.1.3. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração corresponde ao tempo em que uma parcela de água leva para percorrer do ponto mais hidrologicamente distante até o ponto de estudo, ou seja, trata-se do intervalo entre o fim da precipitação e o término do escoamento superficial.

Como as estruturas de escoamento superficial, captação e condução do sistema de microdrenagem devem, preferencialmente, ser dimensionadas para as chuvas de maior intensidade, recomenda-se que as sarjetas e bocas de lobo sejam dimensionadas para o tempo de duração mínimo de 10 minutos.

A partir do escoamento concentrado, proporcionado pela galeria, o tempo de concentração obterá uma fração de tempo equivalente ao percurso da água até a sua disposição final. Essa fração de tempo é obtida pelas premissas do Método Cinemático, calculada através da fórmula de Chézy com o emprego do coeficiente de Manning.



Já para os sistemas de macrodrenagem, por conta da fácil obtenção dos dados, conforme recomendado pelo DAEE (2005), o tempo de concentração pode ser calculado pelo método proposto pelo *California Culverts Practice*.

6.2.1.3.1. CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE

O modelo pode ser resolvido através de duas proposições. A primeira solução trata-se da equação simplificada, quando não há dados topográficos que permitam um melhor detalhamento do perfil do talvegue, [Equação \(6\)](#).

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (6)$$

Em que, t_c é o tempo de concentração, em minutos, L é o comprimento do talvegue do curso d'água, em km e Δh é o desnível do talvegue entre a seção e o ponto mais distante da bacia, em metros.

Havendo informações topográficas, como a definição de pontos intermediários entre a seção de estudo e o ponto mais distante, é possível conhecer o perfil longitudinal do talvegue com as diferentes declividades de cada trecho. Nesses casos, calcula-se o tempo de concentração através da segunda proposição, [Equação \(7\)](#).

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^2}{l_{eq}} \right)^{0,385} \quad (7)$$

Em que, t_c é o tempo de concentração, em minutos, L é o comprimento do talvegue do curso d'água, em km e l_{eq} é a declividade equivalente, em m/km.

$$l_{eq} = \left(\frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{j_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{j_2}} + \dots + \frac{L_n}{\sqrt{j_n}}} \right)^2 \quad (8)$$

Em que, L_1, L_2, L_n são os comprimentos de cada trecho, em km e j_1, j_2, j_n é a declividade do trecho, em m/km.

$$j_n = \left(\frac{\Delta h_n}{L_n} \right) \quad (9)$$

Em que, Δh_n é o desnível entre os trechos conhecidos, em metros.



6.2.1.3.2. MÉTODO CINEMÁTICO

Conforme estipulado na HEC-22 (UNITED STATES, 2009), o Método Cinemático consiste em dividir a bacia em três segmentos principais. O primeiro segmento incide sobre o escoamento distribuído na superfície, em que sua lâmina d'água não possui um trajeto bem definido. De acordo com a circular, esse escoamento é relativamente curto, raramente ultrapassa a distância de 130 metros e geralmente se dá em distâncias menores que 25 metros.

Os outros dois segmentos são calculados por suas características de escoamento. O segmento subsequente ao escoamento distribuído ocorre pela concentração de água em sulcos no terreno, de modo que este não se faz ainda por uma estrutura de drenagem. Esse escoamento é denominado como escoamento concentrado raso.

Como é pressuposto que o escoamento superficial das estruturas de microdrenagem urbana deve ser dimensionado para o tempo mínimo de duração da chuva de 10 minutos, para esses casos, os dois primeiros segmentos do Método Cinemático podem ser desconsiderados, ficando, portanto, somente o último segmento a ser determinado. O terceiro segmento trata-se do escoamento através de um sistema de drenagem e sua estimativa dependerá da homogeneidade da estrutura. Assim, esse segmento é dividido em trechos com características semelhantes.

O tempo de concentração do segmento é obtido pela [Equação \(10\)](#).

$$t_{c,i} = \frac{1}{60} \cdot \sum L_i / v_i \quad (10)$$

Em que, $t_{c,i}$ é o tempo de concentração no trecho, em minutos, L_i é o comprimento do trecho considerado, em metros e v_i é a velocidade do escoamento no trecho, em m/s.

A velocidade de cada trecho pode ser obtida através da fórmula de Chézy com o emprego do coeficiente de Manning, utilizada para a estimativa da velocidade média de escoamento em tubos e canais abertos.

$$v_i = 1/n \cdot R_h^{2/3} \cdot I_i^{1/2} \quad (11)$$

Em que, n é o coeficiente de Manning, R_h é o raio hidráulico, em metros e I_i é a declividade do trecho considerado, em m/m.

6.2.1.4. PERÍODO DE RETORNO

O período de retorno é essencial no dimensionamento de obras de drenagem. Sua escolha é o fator determinante do risco que se pretende passar, quanto à segurança da população e às perdas materiais (ZAHED FILHO; MARCELLINI, 1995).



Eventos mais severos, que resultam consequências mais graves, deverão ser calculados com menor probabilidade de ocorrer, ao passo que eventos que trazem consequências menos graves poderão ocorrer com mais frequência, já que a probabilidade é inversa ao período de retorno (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013), conforme representado pela [Equação \(12\)](#).

$$P = \frac{1}{TR} \quad (12)$$

Em que, P é a probabilidade de que o evento seja igualado ou superado e TR é o período de retorno, em anos.

O risco associado à ocorrência de um evento pode ser expresso pela [Equação \(13\)](#), a qual relaciona o tempo de vida útil da obra projetada (ZAHED FILHO; MARCELLINI, 1995).

$$R = 1 - (1 - P)^N \quad (13)$$

Em que, R é o risco assumido e N é o tempo de vida útil da obra, em anos.

O risco em hidrologia costuma ser assumido de forma subjetiva ou através de recomendações oficiais de agências ou órgãos governamentais (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013). Deve-se ressaltar que obras dimensionadas para períodos longos de retorno resultam em obras de custos mais elevados. Dessa forma, é importante analisar o risco associado à adoção desse parâmetro.

O Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da cidade de São Paulo (SÃO PAULO, 2012), sugere a adoção de períodos de retorno em função das características da obra. Segundo o manual, sistemas de microdrenagem, quando bem projetados e dimensionados para o período de retorno de 10 anos, praticamente eliminam os alagamentos em áreas urbanas, evitando as interferências causadas pelas enxurradas no tráfego e nas propriedades.

Quanto às obras em sistemas de macrodrenagem, de acordo com o Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas do DAEE (2005), é recomendada a utilização dos períodos de retorno conforme o [Quadro 21](#).

Quadro 21: Período de retorno para obras em sistemas de macrodrenagem

ESTRUTURA	SEÇÃO GEOMÉTRICA	TR (ANOS)	
Canalização	A céu aberto	Trapezoidal	50
		Retangular	100
	Contorno fechado	100	
Travessia	Ponte, bueiro e estruturas afins	100	
Barramento	$H \leq 5$ e $L \leq 200$	100	
	$5 < H \leq 15$ e $L \leq 500$	1.000	
	$H > 15$ e/ou $L > 500$	10.000	

H – Altura do barramento (unidade em metros); L – Comprimento do maciço (unidade em metros)



6.2.1.5. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O coeficiente de escoamento superficial é a grandeza que representa a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado. Conforme definido pelo Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (BRASIL, 2005), o coeficiente de escoamento expressa todas as incertezas dos fatores que interferem na formação do deflúvio, sendo essas: as perdas por infiltração, evaporação, retenção, dentre outras.

O [Quadro 22](#) relaciona diversos tipos de superfícies de escoamento para análise de composição com os seus respectivos valores de coeficientes, conforme recomendações de Cetesb (1986), Genz (1994) e Araújo *et al.* (2000).

Quadro 22: Coeficiente de composição para escoamento superficial

LOCAL	TIPOS DE SUPERFÍCIES	C (COEFICIENTE DE ESCOAMENTO)
Área verde	de preservação permanente	0,20
	de jardim sobre solo natural	0,40
Circulação de pedestres	de piso drenante*	0,40
	de piso impermeável	0,85
Circulação de veículos	de piso drenante*	0,70
	de concreto, asfalto ou bloquete**	0,85
	de paralelepípedo***	0,90
Cobertura	de jardim sobre laje tipo telhado verde	0,70
	de telhas ou laje	0,95

* Considera-se piso drenante aqueles que apresentam a composição de: solo natural como sub-base; material filtrante como base da camada superficial; e camada superficial com artefatos de estrutura porosa.

** Considera-se piso de bloquete, popularmente conhecido como intertravado, artefatos maciços de concreto. Embora a junta de união desses artefatos possibilite ser executada com material filtrante, no decorrer do tempo essas juntas são colmatadas por sujeiras presentes no escoamento superficial, tornando-se impermeáveis. Dessa forma, para efeito desse Plano, esse tipo de piso será considerado impermeável, com o valor do coeficiente de escoamento igual a 0,85.

*** Considera-se piso de paralelepípedo os artefatos produzidos a partir da modulação de pedras.

O [Quadro 23](#) relaciona diversos tipos de superfície de escoamento para áreas com predominância de uso e ocupação, de acordo com as recomendações de Cetesb (1986).

Quadro 23: Coeficiente de predominância de escoamento superficial

USO E OCUPAÇÃO	C (COEFICIENTE DE ESCOAMENTO)
Áreas centrais	0,85
Bairros com lotes de uso mistos de área média até 250 m ²	0,85
Bairros com lotes de uso residencial de área média até 450 m ²	0,75
Bairros com lotes de uso comercial e multifamiliar de área média acima de 450 m ²	0,75
Bairros com lotes de uso residencial unifamiliar de área média até 700 m ²	0,70
Bairros com lotes de uso residencial unifamiliar de área média até 1.000 m ²	0,60
Bairros com lotes de uso residencial unifamiliar de área média acima de 1.000 m ²	0,50
Áreas industriais	0,85
Áreas sem melhoramento	0,40
Parques e cemitérios	0,30



Os coeficientes relacionados no [Quadro 22](#) e [Quadro 23](#) são aplicáveis a chuvas de período de retorno de até 10 anos. Chuvas de período de retorno elevado resultam em vazões maiores, aumentando as incertezas simplificadas pelo coeficiente de escoamento. Portanto, conforme recomendado pelo Manual de Drenagem (CETESB, 1986), para o ajuste do Método Racional, deverão ser corrigidas as vazões de pico, multiplicando a vazão pelo fator de correção (f), apresentado no [Quadro 24](#).

Quadro 24: Fator de correção dos coeficientes de escoamento

TR (PERÍODO DE RETORNO)	f (FATOR DE CORREÇÃO DO PERÍODO DE RETORNO)
2 a 10 anos	1,00
25 anos	1,10
50 anos	1,20
100 anos	1,25

Quando a área de estudo apresentar ocupação heterogênea, deve-se calcular o coeficiente ponderado das diversas ocupações presentes na área drenada, através da [Equação \(14\)](#).

$$CPE = \frac{\sum (C_{A1} \cdot A_1 + C_{A2} \cdot A_2 + \dots + C_{An} \cdot A_n)}{\sum (A_1 + A_2 + \dots + A_n)} \quad (14)$$

Em que, **CPE** é o coeficiente ponderado de escoamento, adimensional, C_{A1} , C_{A2} , C_{An} são os coeficientes de escoamento respectivos para cada tipo de cobertura do solo, adimensional, e A_1 , A_2 , A_n são as áreas drenadas de cada tipo de cobertura do solo, em m².

6.2.1.6. VAZÃO DE PROJETO

Para a determinação da vazão de projeto, recomenda-se o emprego do Método Racional que, devido às suas simplificações, apresenta-se como um método de fácil aplicação.

Dentre as simplificações estão as premissas da necessidade da distribuição da chuva uniformemente em toda a bacia hidrográfica e da intensidade de precipitação constante.

Assim, quando empregado a bacias extensas ou a grandes áreas, essas premissas tornam-se improváveis. Segundo o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da cidade de São Paulo (SÃO PAULO, 2012) e Collischonn e Dornelles (2013), para que não apresente resultados irreais, o Método Racional não deve ser empregado a áreas maiores que 3 km², já Bidone e Tucci (1995) recomendam limites até 2 km², Canholi (2005) a 1 km² e o Manual de Projeto de Drenagem Urbana dos Estados Unidos da América (UNITED STATES, 2009) a 0,8 km².

A fórmula do Método Racional, descrita por Kuichling (1889), é expressa pela [Equação \(15\)](#).

$$Q_p = C \cdot i \cdot A \cdot k \quad (15)$$



Em que, Q_p é vazão de pico, ou seja, a vazão máxima de projeto, C é o coeficiente de escoamento superficial, i é a intensidade da chuva, A é a área drenada e k é o coeficiente de conversão de unidade.

Quadro 25: Coeficiente de conversão de unidades (k) do Método Racional

(Q_p) UNIDADE DESEJADA	(k) PARA A (m ²) E i (mm/min)	(k) PARA A (ha) E i (mm/min)
l/s	0,01667 = (1/60)	166,667 = (10.000/60)
l/min	1	10.000
m ³ /s	0,00001667 = (1/60/1.000)	0,1667 = (10/60)
m ³ /min	0,001 = (1/1.000)	10
m ³ /h	0,06 = (60/1.000)	600

1m² = 0,0001ha; 1ha = 10.000m²; ha = hectare

6.2.2. HIDRÁULICA

Hidráulica é a ciência que estuda o comportamento do fluxo d'água nos dispositivos responsáveis pelo manejo das águas.

6.2.2.1. SARJETA

O dimensionamento da estrutura se desenvolve segundo as seguintes etapas:

- i) Determinação das vazões de projeto;
- ii) Cálculo da capacidade hidráulica teórica do dispositivo;
- iii) Cálculo da capacidade hidráulica admissível do dispositivo; e
- iv) Cálculo do comprimento máximo ou crítico.

i) Vazão de projeto

A vazão de projeto trata-se da resultante da aplicação do Método Racional. Conforme suas premissas, a vazão máxima de escoamento das águas pluviais se dá quando o tempo de duração da chuva iguala-se ao tempo de concentração, portanto, para o dimensionamento da vazão de projeto dessas estruturas pode-se utilizar o tempo mínimo de duração da chuva, igual a 10 minutos (BIDONE e TUCCI, 1995).

ii) Capacidade hidráulica teórica do dispositivo

Para o cálculo da capacidade de escoamento nas sarjetas utiliza-se a fórmula de Izzard.



$$Q_{s,o} = 0,375 \cdot \frac{Z}{n} \cdot i^{0,5} \cdot y^{8/3} \quad (16)$$

Em que, $Q_{s,o}$ é vazão de capacidade teórica da sarjeta, em m³/s, Z é o inverso da declividade transversal, em m/m, n é o coeficiente de rugosidade de Manning das superfícies de escoamento, i é a declividade longitudinal da sarjeta, em m/m, e y é a altura da lâmina d'água na sarjeta, em metros.

Devido a possibilidade de utilização de parte do leito carroçável, de alguns tipos de via, para o escoamento das águas pluviais, a vazão de capacidade da sarjeta é obtida pela composição das seções nas quais ocorrem o escoamento.

$$Q_{s,o} = Q_1 - Q_2 + Q_3 \quad (17)$$

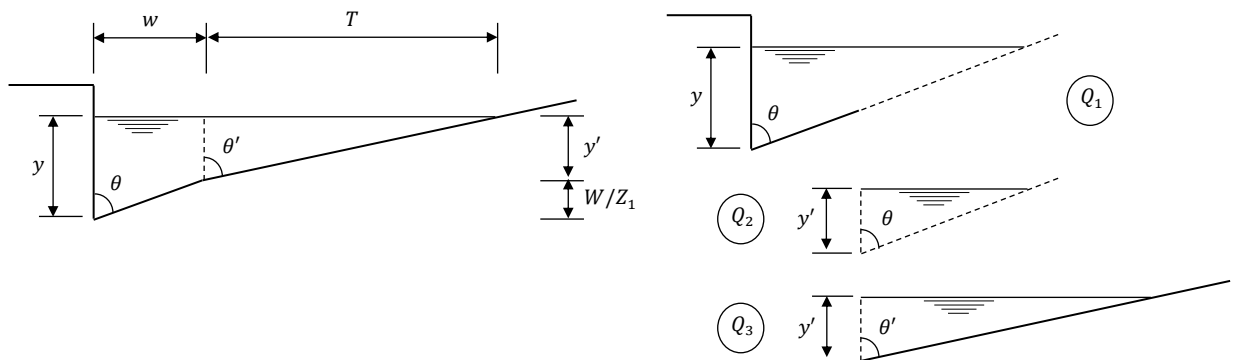


Figura 35: Composição das seções de escoamento de uma sarjeta

iii) Capacidade hidráulica admissível do dispositivo

A capacidade hidráulica admissível é obtida pela 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).

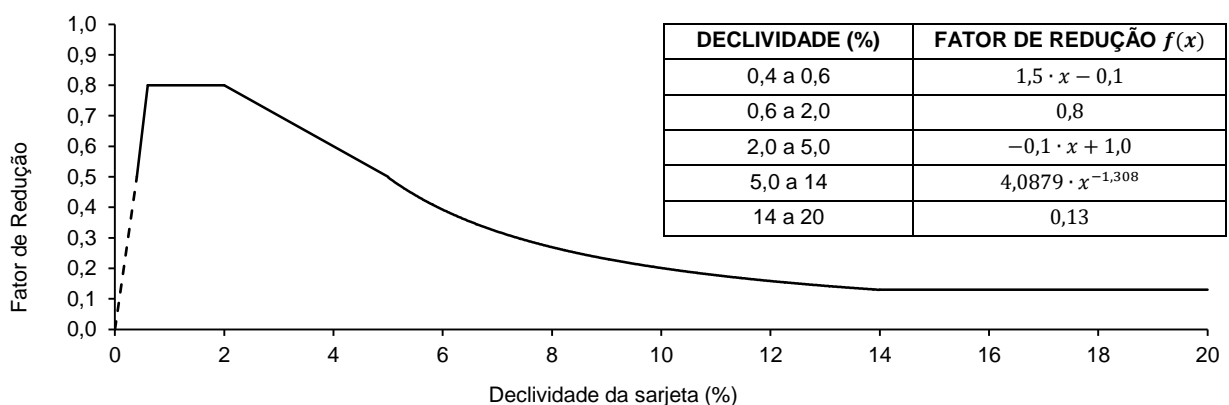


Figura 36: Fator de redução da capacidade teórica da sarjeta



iv) Comprimento máximo ou crítico

O comprimento máximo ou crítico ocorre quando a capacidade admissível da sarjeta é superada. A partir desse ponto será necessário interceptar o escoamento na sarjeta através de uma boca coletora.

$$L_u = \frac{Q_s}{q} \quad (18)$$

Em que, L_u é o comprimento máximo ou crítico, em metros, Q_s é vazão de capacidade admissível da sarjeta, em m^3/s , e q é a vazão específica de projeto.

6.2.2.2. BOCA COLETORA

O posicionamento e a localização das bocas coletoras apresentarão diferenças no resultado do comportamento hidráulico de engolimento da estrutura.

De acordo com Cetesb (1986), o dimensionamento da boca coletora deverá levar em consideração uma específica metodologia de cálculo para o seu posicionamento em pontos baixos das sarjetas e outra para sua localização em pontos intermediários.

Devido à complexidade dos cálculos e obtenção das variáveis para aplicação da metodologia do dimensionamento de bocas coletoras em pontos intermediários, muitos autores e manuais de órgãos públicos adotam a mesma metodologia aplicada para as bocas coletoras localizadas em pontos baixos.

Em bocas coletoras localizadas em pontos baixos, a capacidade de engolimento pode funcionar sob a condição de escoamento livre, no qual o dimensionamento se dá pela similaridade de um vertedouro, ou sob a condição afogada, no qual o dimensionamento se dá pela similaridade de um orifício.

6.2.2.2.1. BOCA COLETORA COM ENTRADA LATERAL

Em um âmbito geral, a capacidade de engolimento de uma boca de lobo com entrada lateral pode ser determinada através de três critérios, sendo:

i) Sem rebaixo (depressão) e altura da lâmina d'água menor que a abertura da boca ($r=0$ e $y < h$)

$$Q = 1,71 \cdot L \cdot y^{1,5} \quad (19)$$

Em que, Q é a capacidade de engolimento, em m^3/s , L é o comprimento longitudinal da abertura da boca, em metros, e y é a altura da lâmina d'água na sarjeta, em metros.



ii) Sem rebaixo (depressão) e altura da lâmina d'água maior que a abertura da boca (r=0 e y>h)

Para bocas coletoras em que a lâmina d'água for maior que o dobro da altura da abertura da boca, o engolimento pode ser calculado pela [Equação \(20\)](#).

$$Q = 3,101 \cdot L \cdot h^{1,5} \cdot \sqrt{\frac{y}{h} - 0,5} \quad (20)$$

Em que, Q é a capacidade de engolimento, em m³/s, L é o comprimento longitudinal da abertura da boca, em metros, h é a altura da boca, em metros, e y é a altura da lâmina d'água na sarjeta, em metros.

Para bocas em que a lâmina d'água for maior do que a altura da boca e menor do que o dobro da altura da boca, a capacidade de engolimento poderá ser definida por um valor intermediário entre a [Equação \(19\)](#) e a [Equação \(20\)](#).

iii) Com rebaixo (depressão)

O dimensionamento simplificado da capacidade de engolimento de bocas de lobo com rebaixo são feitos através da consulta de ábacos, desenvolvidos para cada particularidade executiva da boca de lobo.

Os resultados obtidos por esse critério de dimensionamento apresentam valores maiores do que a capacidade de engolimento obtida por bocas de lobo sem o rebaixo, portanto, na prática, é adotado o critério de dimensionamento das bocas de lobo sem rebaixo, que resultam em vazões de capacidade mais conservadoras.

6.2.2.2.2. BOCA COLETORA COM GRELHA

Para o cálculo da capacidade de engolimento das bocas coletoras com grelha, pode-se considerar também o seu funcionamento como um vertedouro.

$$Q = 1,66 \cdot P \cdot y^{1,5} \quad (21)$$

Em que, Q é a capacidade de engolimento, em m³/s, P é o perímetro livre da grelha, em metros, e y é a altura da lâmina d'água na sarjeta, em metros.

$$P = n \cdot 2 \cdot (a + b) \quad (22)$$

Em que, P é o perímetro da grelha, em metros, n é o número de repetições do vão de abertura, a é o comprimento do vão de abertura, em metros, e b é a largura do vão de abertura, em metros.

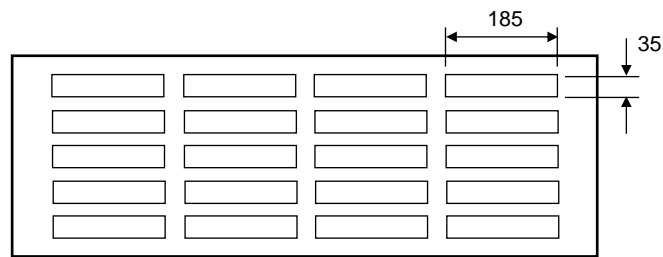


Figura 37: Modelo de grelha de ferro fundido. Padrão PMSP (Ref. Fuminas - GR.135)

6.2.2.3. GALERIA

Basicamente, o dimensionamento da galeria é composto por duas etapas, sendo o cálculo hidráulico, que apresentará os diâmetros necessários dos condutos, e a determinação da classe da tubulação, que definirá a resistência mínima necessária para que a tubulação comporte as cargas de solo sobre a tubulação e as cargas de tráfego.

6.2.2.3.1. CAPACIDADE HIDRÁULICA

Para o dimensionamento dos condutos livres, utiliza-se a Equação da Continuidade associada à fórmula de Chézy e aplicada ao coeficiente de Manning.

$$Q = A_m/n \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{0,5} \quad (23)$$

Em que, Q é a vazão de escoamento, em m^3/s , A_m é a área molhada, em m^2 , n é o coeficiente de Manning, R_h é o raio hidráulico, em metros, e I é a declividade do conduto, em m/m .

O raio hidráulico é obtido a partir da relação entre a área molhada e o perímetro molhado.

$$R_h = A_m/P_m \quad (24)$$

Em que, R_h é o raio hidráulico, em metros, A_m é a área molhada, em m^2 , e P_m é o perímetro molhado, em metros.

Em condutos de seção circular, o cálculo da área e do perímetro molhado pode ser simplificado para a condição de seção plena, ou seja, ocupação total da água. Contudo, no escoamento para a vazão de projeto, essa condição não é desejada, pois o conduto não trabalhará com folga.

Nos casos em que forem atendidas as folgas desejáveis, o dimensionamento da galeria para essa condição de seção plena resultará em galerias mais conservadoras, com maior quantidade de degraus em poços de visita e tubulações com diâmetros mais robustos.



$$A = \pi/4 \cdot D^2 \quad (25)$$

Em que, A é a área de uma circunferência, em m^2 , e D é o diâmetro da circunferência, em metros.

$$P = \pi \cdot D \quad (26)$$

Em que, P é o perímetro de uma circunferência, em metros, e D é o diâmetro da circunferência, em metros.

Substituindo as Equações (24), (25) e (26) na Equação (23) e rearranjando os termos, pode-se estimar o diâmetro da rede, através da Equação (27).

$$D = [Q \cdot n \cdot 4^{5/3} / (\pi \cdot I^{0,5})]^{3/8} \quad (27)$$

Em que, D é o diâmetro da circunferência, em metros, Q é a vazão de escoamento, em m^3/s , n é o coeficiente de Manning, e I é a declividade do conduto, em m/m .

Considerando a lâmina d'água real obtida pela vazão de projeto, as equações para a determinação da área molhada e perímetro molhado passam a ser em função do ângulo central.

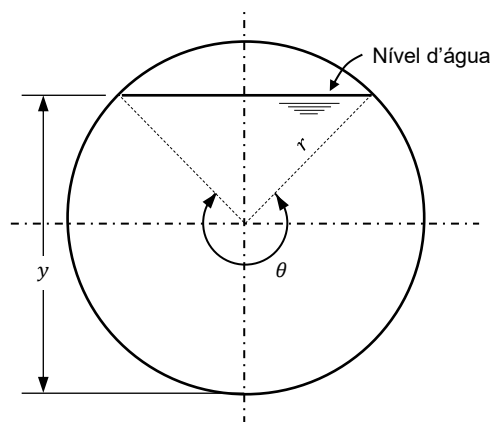


Figura 38: Representação da variação da altura da lâmina d'água em tubulações

$$\theta = 2 \cdot \arccos(1 - 2y/D) \quad (28)$$

Em que, θ é o ângulo central, em radianos, y é a altura da lâmina d'água, em metros, e D é o diâmetro do conduto, em metros.

Portanto, as equações de área molhada e perímetro molhado passam a ser:

$$A_m = (\theta - \text{sen } \theta)/8 \cdot D^2 \quad (29)$$



Em que, A_m é a área molhada, em m^2 , θ é o ângulo central, em radianos, e D é o diâmetro do conduto, em metros.

$$P_m = \theta/2 \cdot D \quad (30)$$

Em que, P_m é o perímetro molhado, em metros, θ é o ângulo central, em radianos, e D é o diâmetro do conduto, em metros.

Substituindo as [Equações \(28\)](#), [\(29\)](#) e [\(30\)](#) na [Equação \(24\)](#) e, posteriormente, na [Equação \(23\)](#), obtém-se a equação para a determinação da vazão de escoamento em função do ângulo central.

$$Q = 1/16 \cdot [(\theta - \text{sen } \theta)^5 / 2\theta^2]^{1/3} \cdot D^{8/3} \cdot I^{0,5} / n \quad (31)$$

Em que, Q é a vazão de escoamento, em m^3/s , θ é o ângulo central, em radianos, D é o diâmetro do conduto, em metros, I é a declividade do conduto, em m/m , e n é o coeficiente de Manning.

6.2.2.3.2. CLASSE DA TUBULAÇÃO

Para a determinação da classe de resistência da tubulação é preciso determinar as cargas exercidas sobre o conduto.

$$P = P_s + P_m \quad (32)$$

Em que, P é a carga específica total por unidade de extensão da tubulação, em kN/m , P_s é a carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação, em kN/m , e P_m é a carga específica móvel por unidade de extensão da tubulação, em kN/m .

Em drenagem urbana, devido à necessidade de manutenção, não é recomendável a previsão de cargas pontuais sobre os condutos. Nos casos necessários, além da carga de solo e carga móvel, deverão ser somadas na [Equação \(32\)](#), as cargas pontuais.

i) Carga de solo

A carga de solo exercida sobre o conduto tem comportamento diferente em tubos rígidos (tubulações em concreto) e tubos flexíveis (tubulações em PVC).

Tubos rígidos:

$$P_s = C_v \cdot \gamma \cdot b_v^2 \quad (33)$$



Em que, P_s é a carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação, em kN/m, C_v é o coeficiente de carga para tubos instalados em vala, γ é o peso específico do solo de reaterro, obtido pelo [Quadro 26](#), e b_v é a largura da vala no nível da geratriz superior do tubo, em metros.

Tubos flexíveis:

$$P_s = C_v \cdot \gamma \cdot b_v \cdot D \quad (34)$$

Em que, P_s é a carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação, em kN/m, C_v é o coeficiente de carga para tubos instalados em vala, γ é o peso específico do solo de reaterro, obtido pelo [Quadro 26](#), b_v é a largura da vala no nível da geratriz superior do tubo, em metros, e D é o diâmetro externo da tubulação, em metros.

Quadro 26: Peso específico para diferentes tipos de solo

TIPO DE SOLO DE REATERRO	γ (kN/m ³)	$k\mu$
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

$$C_v = (1 - e^{-2 \cdot k\mu \cdot h_r / b_v}) / (2 \cdot k\mu) \quad (35)$$

Em que, C_v é o coeficiente de carga para tubos instalados em vala, e é a constante da base dos logaritmos naturais, número de Euler, $k\mu$ é o produto do empuxo do material de reaterro com o atrito exercido sobre as paredes da vala, h_r é a altura do reaterro sobre a tubulação, em metros e b_v é a largura da vala no nível da geratriz superior do tubo, em metros.

ii) Carga móvel

A metodologia para a determinação da carga móvel possui inúmeras variáveis. A fim de simplificar, a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto (ABTC, 2003), disponibiliza o [Quadro 27](#) para a determinação das cargas móveis para veículos de trem tipo 45.

Quadro 27: 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
1,0	12	16	20	25	28	33
1,5	9	12	15	18	21	24
2,0	7	9	12	14	16	19
3,0	5	6	8	10	11	13



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

Considerando as cargas apresentadas pelo [Quadro 27](#), é proposta a [Equação \(36\)](#) que descreve os valores pré-determinados. Os valores obtidos pela equação atendem os recobrimentos (H) entre 1 a 3 metros. Em alturas de recobrimento acima de 3 metros, adota-se a carga móvel mínima de 5 kN/m.

$$P_m = -a \cdot \ln(H) + b \quad (36)$$

Em que, P_m é a carga específica móvel por unidade de extensão da tubulação, em kN/m a e b são as variáveis, definidas pelo [Quadro 28](#), e H é a altura do recobrimento sobre a tubulação, em metros.

Quadro 28: Parâmetros da equação proposta para a determinação das cargas do Quadro 27

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

iii) Base de assentamento

A capacidade de carga de uma tubulação enterrada não depende apenas da resistência do tubo, mas também das condições de execução. Dessa forma, com o melhoramento das condições de apoio da tubulação, ou seja, de sua base de assentamento, haverá um ganho da capacidade de carga do conjunto, diminuindo a necessidade de tubulações mais resistentes.

Quadro 29: 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	1,1
Comum	Compactação do solo de apoio e das camadas laterais até 15 cm da geratriz superior da tubulação	1,5
1ª Classe	Mesmo que a base comum mais berço de assentamento da tubulação de material granular, com espessura mínima de 10 cm	1,9



TIPO DE BASE	DESCRIÇÃO	FATOR DE EQUIVALÊNCIA (f_e)
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

Para a correção da carga total, utiliza-se a [Equação \(37\)](#).

$$P = (P_s + P_m)/f_e \quad (37)$$

Em que, P é a carga específica total por unidade de extensão da tubulação, em kN/m, P_s é a carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação, em kN/m, P_m é a carga específica móvel por unidade de extensão da tubulação, em kN/m, e f_e é o fator de equivalência, obtido pelo [Quadro 29](#).

iv) Classe das tubulações

Definida a carga atuante sobre a tubulação, utiliza-se o [Quadro 30](#) para determinar as classes mínimas das tubulações.

Quadro 30: 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

DN = Diâmetro Nominal em milímetros

PS = Pluvial Simples – tubos de concreto simples para redes de águas pluviais

PA = Pluvial Armada – tubos de concreto armado para redes de águas pluviais

6.2.2.4. ALA DE LANÇAMENTO

Conforme definido no [Item 6.4.3.6](#), a ala de lançamento é um conjunto de estruturas que promovem a disposição final das águas pluviais captadas das áreas drenadas. São estruturas de transição entre a galeria e o retorno do escoamento superficial dado em cursos d'água.



6.2.2.4.1. ESCADA HIDRÁULICA

Dependendo do desnível altimétrico em relação ao término da galeria e o leito do curso d'água que receberá a disposição final das águas pluviais drenadas, será necessária a construção de escada hidráulica na ala de desemboque.

O objetivo do dimensionamento da escada hidráulica é a obtenção da relação entre a largura e a altura das paredes laterais da escada. Para essa determinação, utiliza-se a equação de vertedouro de parede espessa.

$$Q = 1,71 \cdot L \cdot y^{1,5} \quad (38)$$

Em que, Q é a vazão de escoamento, em m^3/s , L é a largura da escada, em metros, e y é a altura da lâmina d'água no degrau, em metros.

No término da escada hidráulica, a água sofrerá um ressalto hidráulico que poderá ser suficiente para diminuir a energia da água à valores aceitáveis para a disposição final no curso d'água. Para essa verificação, é utilizada a metodologia do número de queda.

$$D_n = q^2 / (g \cdot a^3) \quad (39)$$

Em que, D_n é o número de queda, q é a vazão específica de escoamento por unidade de largura do degrau, em $m^3/s/m$, g é a aceleração gravitacional, $9,81 \text{ m/s}^2$, e a é a altura da queda, em metros.

$$L_h/a = 4,30 \cdot D_n^{0,27} \quad (40)$$

$$h_1/a = 0,54 \cdot D_n^{0,425} \quad (41)$$

$$h_2/a = 1,66 \cdot D_n^{0,27} \quad (42)$$

$$L_r = 6,9 \cdot (h_2 - h_1) \quad (43)$$

Em que, L_h é o comprimento de queda, contado do espelho do degrau até o término da queda, em metros, a é a altura da queda, em metros, D_n é o número de queda, h_1 é a altura no pé da queda, em metros, h_2 é a altura da lâmina d'água final com o ressalto hidráulico, em metros, e L_r é o comprimento necessário para que a lâmina d'água final ocorra, em metros.

6.2.2.4.2. BACIA DE AMORTECIMENTO

A bacia de amortecimento é a estrutura responsável pela dissipação da energia da água na ala de lançamento. A redução da velocidade da água somente é possível com a promoção do ressalto hidráulico.



Nos casos em que a ala de desemboque com o emprego de escada hidráulica não conseguir promover o ressalto hidráulico necessário para a disposição final do escoamento, será necessária a instalação de dispositivo de amortecimento.

O critério de adoção da estrutura é definido em função do número de Froude.

$$F = V/(2g \cdot y)^{0,5} \quad (44)$$

Em que, F é o número de Froude, V é a velocidade da água na ala de desemboque, em m/s, g é a aceleração gravitacional, 9,81 m/s², e y é a altura do nível d'água, em metros.

Quadro 31: Parâmetros para a determinação do tipo de bacia de amortecimento

NÚMERO DE FROUDE (F)	BACIA DE AMORTECIMENTO
$F < 1,7$	Sem necessidade
$1,7 < F < 2,5$	Bacias horizontais
$2,5 < F < 17$	Bacias com cunha, dentes e/ou soleira

Pela facilidade de construção e eficiência quando bem projetadas, o manual do [DAEE](#) recomenda a adoção das bacias de amortecimento de fundo plano.

No final da bacia, dependendo da inércia do escoamento definida pelo número de Froude, é proposta construção de soleira de desnível ascendente, na forma de parede vertical, para promover o ressalto hidráulico.

O método consiste em determinar a velocidade e a altura da lâmina d'água na seção de início da bacia de amortecimento.

$$v_1 = (2g \cdot D)^{0,5} \quad (45)$$

Em que, v_1 é a velocidade da água na seção de início da bacia de amortecimento, em m/s, g é a aceleração gravitacional, 9,81 m/s², e D é o desnível entre a altura medida do nível d'água da ala de desemboque e o nível de fundo da bacia de amortecimento, em metros.

$$D = y/2 + N_R - N_B \quad (46)$$

Em que, D é o desnível entre a altura medida do nível d'água da ala de desemboque e o nível de fundo da bacia de amortecimento, em metros, y é a altura da lâmina d'água na ala de desemboque, N_G é a cota de nível da geratriz inferior da galeria na ala de desemboque, em metros, e N_B é a cota de nível de fundo da bacia de amortecimento, em metros.

$$y_1 = q/v_1 \quad (47)$$



Em que, y_1 é a altura da lâmina d'água na seção de início da bacia de amortecimento, em metros, q é a vazão específica de escoamento por unidade de largura da bacia, em $m^3/s/m$, e v_1 é a velocidade da água na seção de início da bacia de amortecimento, em m/s .

Com os parâmetros calculados, utiliza-se o diagrama de Forster e Skrinde para determinar as variáveis y_3 e h .

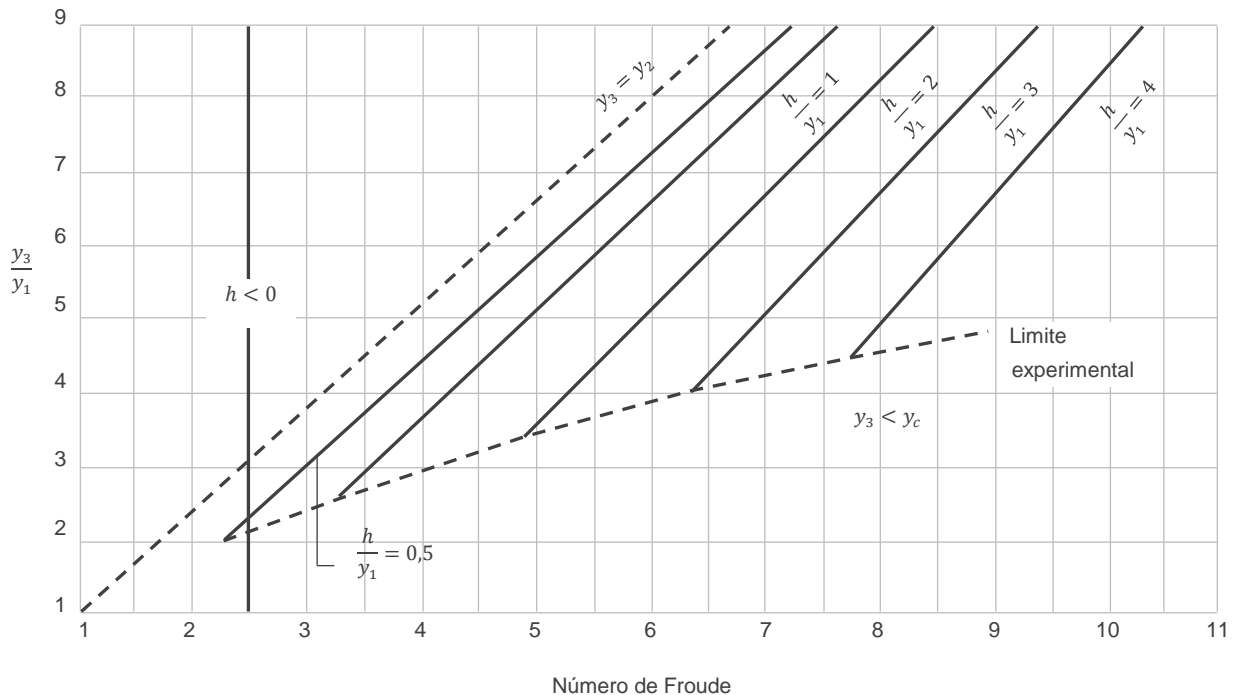


Figura 39: Diagrama de Forster e Skrinde para a determinação das variáveis y_3 e h

Com os parâmetros de altura do nível d'água restituída (y_3) e altura da soleira de desnível ascendente (h) definidos pelo diagrama, calcula-se o comprimento da bacia de amortecimento através da [Equação \(48\)](#).

$$x = 5 \cdot (y_3 + h) \quad (48)$$

Em que, x é o comprimento da bacia de amortecimento, em metros, y_3 é a altura do nível d'água restituída, em metros, e h é a altura da soleira de desnível ascendente, em metros.

6.2.2.5. DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE VAZÃO

Os dispositivos de controle são as estruturas responsáveis pela descarga dos reservatórios.



6.2.2.5.1. ESTRUTURAS DE CONTROLE DE FUNDO

Dependendo das características e das condições físicas que as estruturas de controle de fundo são submetidas, conforme definido por Azevedo Netto (1998), o comportamento hidráulico se apresentará de forma distinta, necessitando a utilização de diferentes metodologias para o seu dimensionamento.

Quadro 32: 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	$L > 100DN$

L = comprimento do dispositivo; h = altura da lâmina d'água; DN = diâmetro nominal ou altura do orifício.

6.2.2.5.1.1. ORIFÍCIO DE PEQUENA DIMENSÃO

Para ser considerado orifício de pequena dimensão, o dispositivo deverá apresentar o comprimento do conduto inferior a 1,5 vezes o diâmetro ou altura de sua seção; e altura do nível d'água deverá ser maior que 3 vezes o diâmetro ou altura da seção do dispositivo.

$$Q = C_d' \cdot S \cdot \sqrt{2gH} \quad (49)$$

Em que, Q é a vazão de descarga do dispositivo, em m^3/s , C_d' é o coeficiente de descarga corrigido, S é a área da seção transversal do dispositivo, em m^2 , g é a aceleração gravitacional, $9,81 m/s^2$, e H é a carga hidráulica sobre a sua meia seção, em metros.

Entretanto, quando empregado em sistemas detenção, ocorre que em determinado momento do processo de enchimento ou esvaziamento do reservatório, o nível d'água se apresentará menor que 3 vezes o diâmetro ou altura do dispositivo. Nesses momentos, poderá ser empregada a metodologia de dimensionamento de orifícios de grandes dimensões.

6.2.2.5.1.2. ORIFÍCIO DE GRANDE DIMENSÃO

Para ser considerado orifício de grande dimensão, o dispositivo deverá apresentar o comprimento do conduto inferior a 1,5 vezes o diâmetro ou altura de sua seção; e altura do nível d'água deverá ser menor que 3 vezes o diâmetro ou altura da seção do dispositivo.

$$Q = \frac{2}{3} \cdot C_d' \cdot S \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(\frac{h_2^{1,5} - h_1^{1,5}}{h_2 - h_1} \right) \quad (50)$$



Em que, Q é a vazão de descarga do dispositivo, em m^3/s , C_d' é o coeficiente de descarga corrigido, S é a área da seção transversal do dispositivo, em m^2 , g é a aceleração gravitacional, $9,81 m/s^2$, h_1 é a diferença de altura entre o nível d'água e a geratriz inferior do dispositivo, em metros, e h_2 é a diferença de altura entre o nível d'água e a geratriz superior do dispositivo, em metros.

6.2.2.5.1.3. BOCAL

Para ser considerado do tipo bocal, o dispositivo deverá apresentar o seu comprimento entre 1,5 e 3 vezes o seu diâmetro ou altura de sua seção.

Dependendo da relação entre a altura do nível d'água e o diâmetro ou altura da seção do dispositivo, o dimensionamento dessa estrutura poderá ser obtido pela metodologia de orifícios de pequena dimensão, [Equação \(49\)](#), ou pela metodologia de orifícios de grandes dimensões, [Equação \(50\)](#).

A diferença entre o dimensionamento desse dispositivo para os demais está na aplicação de diferentes coeficientes de descarga que variaram de acordo com o tipo do bocal, conforme indicado pelo Quadro 33.

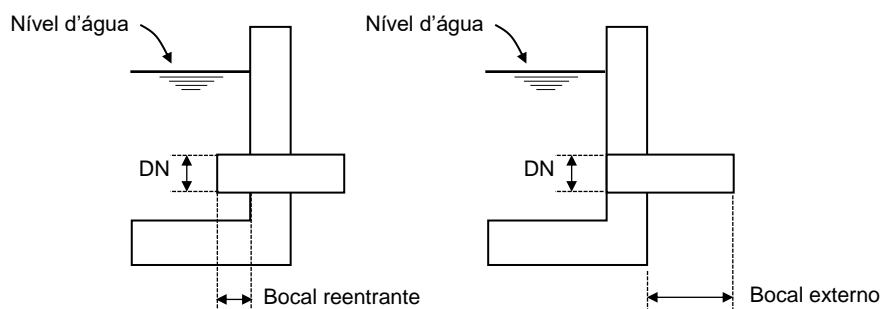


Figura 40: Diferença entre bocais reentrantes e externos

6.2.2.5.1.4. TUBO MUITO CURTO

Para ser considerado do tipo muito curto, o dispositivo deverá apresentar o seu comprimento entre 3 e 100 vezes o seu diâmetro ou altura de sua seção.

Dependendo da relação entre a altura do nível d'água e o diâmetro ou altura da seção do dispositivo, o dimensionamento dessa estrutura poderá ser obtido pela metodologia de orifícios de pequena dimensão, [Equação \(49\)](#), ou pela metodologia de orifícios de grandes dimensões, [Equação \(50\)](#).

A diferença entre o dimensionamento desse dispositivo para os demais está na atribuição ao coeficiente de descarga, às perdas de carga observadas: pelo atrito, pela velocidade e pela perda de carga localizada na entrada; além das perdas de carga pela contração da veia.



6.2.2.5.1.5. COEFICIENTE DE DESCARGA CORRIGIDO

O coeficiente de descarga é o coeficiente que mede o percentual de perda de carga, correspondente às perdas localizadas na entrada, contração da veia, velocidade e de atrito.

Quadro 33: Coeficientes de descarga para diferentes tipos de dispositivos

DISPOSITIVO DE CONTROLE DE FUNDO		COEFICIENTE DE DESCARGA (C_d)
Orifício de pequena dimensão		0,61
Orifício de grande dimensão		0,61
Bocal	Reentrante	0,51
	Externo	0,82
Tubo muito curto		Equação 9

Para orifícios abertos, localizados a uma distância do fundo ou das paredes laterais menor do que duas vezes a sua menor dimensão, é indispensável a correção da contração da veia.

Para seções retangulares, o coeficiente de descarga é corrigido pela [Equação \(51\)](#).

$$C'_d = C_d \cdot (1 + 0,15 \cdot k) \quad (51)$$

Em que, C'_d é o coeficiente de descarga corrigido, C_d é o coeficiente de descarga obtido experimentalmente, [Quadro 33](#), e k é fator de redução de contração da veia.

O fator de redução trata do cociente entre o perímetro suprimido do perímetro total do orifício.

$$k = \frac{b}{2 \cdot (a + b)}, k = \frac{a + b}{2 \cdot (a + b)}, k = \frac{2 \cdot a + b}{2 \cdot (a + b)} \quad (52)$$

Em que, k é fator de redução de contração da veia, a é a altura do orifício, em metros, e b é a largura do orifício, em metros.

Para seções circulares, o coeficiente de descarga é corrigido pela [Equação \(53\)](#).

$$C'_d = C_d \cdot (1 + 0,13 \cdot k) \quad (53)$$

Em que, C'_d é o coeficiente de descarga corrigido, C_d é o coeficiente de descarga obtido experimentalmente, [Quadro 33](#), e k é fator de redução de contração da veia.

O fator de redução é igual a 0,25 para cada supressão de face.



6.2.2.5.1.6. COEFICIENTE DE DESCARGA PARA TUBO MUITO CURTO

No dimensionamento de dispositivos do tipo tubo muito curto, deve ser atribuído ao coeficiente de descarga às perdas de carga observadas pelo atrito, pela velocidade e pela perda de carga localizada na entrada, além das perdas de carga pela contração da veia.

$$h_f = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{DN \cdot 2 \cdot g}, C_v = \frac{1}{\sqrt{1+k}}, \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (54)$$

A partir da relação entre as equações das perdas de carga, pôde-se obter a equação simplificada para a determinação do coeficiente de descarga.

$$C_d = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{C_v^2} + f + \frac{L}{DN}}} \quad (55)$$

Em que, C_d é o coeficiente de descarga calculado, C_v é o coeficiente de perda pela velocidade, f é o fator de atrito, L é o comprimento do dispositivo, em metros, e DN é o diâmetro ou altura da seção do dispositivo, em metros.

O fator de atrito é determinado em função do regime de escoamento. O regime de escoamento é obtido pelo número de Reynolds.

$$R_e = \rho \cdot v \cdot DN / \mu \quad (56)$$

Em que, R_e é o número de Reynolds, ρ é a massa específica do fluido, sendo a água igual a 1.000 kg/m³, v é a velocidade do escoamento, em m/s, DN é o diâmetro da tubulação, em metros, e μ é a viscosidade dinâmica do fluido, sendo água igual a 1,003.10⁻³ Pa.s.

Para o regime laminar, em que o número de Reynolds é inferior a 2.000, o fator de atrito é obtido pela [Equação \(57\)](#).

$$f = 64/R_e \quad (57)$$

Em que, f é o fator de atrito e R_e é o número de Reynolds.

Para o regime turbulento, Azevedo Netto (1998) sugere a equação proposta por Theodore Von Kármán em 1930 para a determinação do fator de atrito para tubos lisos.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \cdot \log(R_e \cdot \sqrt{f}) - 0,8 \quad (58)$$

Em que, f é o fator de atrito e R_e é o número de Reynolds.

Já para tubos rugosos, Azevedo Netto (1998) sugere a equação proposta por Nikuradse.



$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 + 2 \cdot \log\left(\frac{DN}{2 \cdot e}\right) - 0,8 \quad (59)$$

Em que, f é o fator de atrito e DN é o diâmetro do conduto, em metros, e e é o coeficiente de rugosidade do material, [Quadro 34](#).

Quadro 34: Coeficientes de rugosidade “ e ” em mm para a fórmula Universal

MATERIAL		e
Tubos de aço com revestimento especial ou esmalte		0,125
Tubos de concreto		0,300
Tubos de ferro fundido e ferro dúctil	sem revestimento especial	0,250
	com revestimento especial	0,125
Tubos de cimento amianto		0,050
Ferro galvanizado		0,150
Tubos lisos chumbo, cobre, latão etc.		0,020
PVC		0,100
Tubos cerâmicos		1,500

Além das metodologias propostas, o fator de atrito pode ser obtido pelo diagrama de Moody.

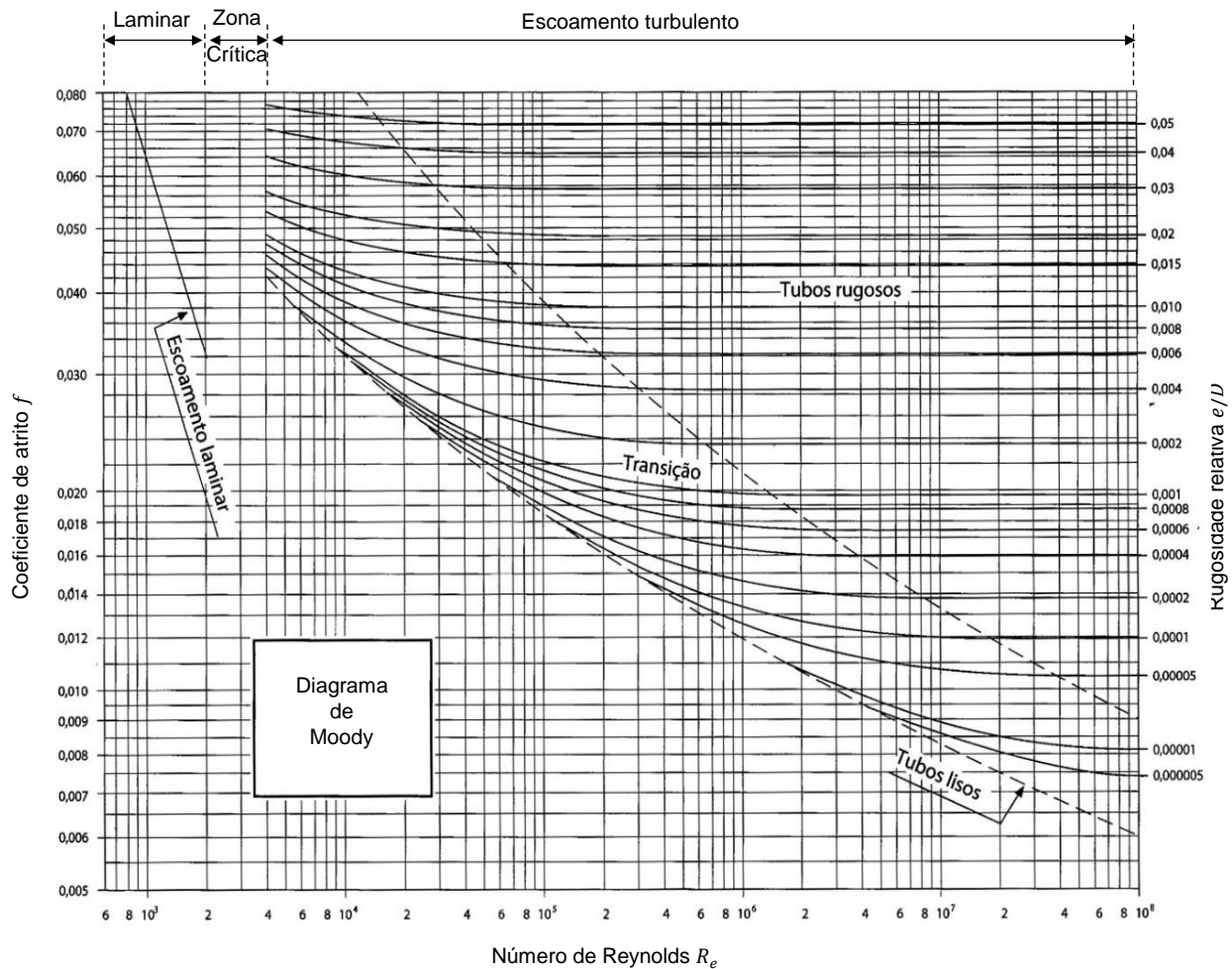


Figura 41: Diagrama de Moody para a determinação do coeficiente de atrito

6.2.2.5.2. ESTRUTURAS DE CONTROLE POR BOMBEAMENTO

As estruturas de controle por bombeamento são sistemas elevatórios de água. Esse dispositivo, sempre que possível, deve ser evitado, pois além de necessitar de manutenção preventiva periódica e requerer recurso financeiro para sua operação, sofre maior probabilidade de ocorrência de falhas ou queda de energia em chuvas críticas, fator preponderante para o funcionamento do sistema.

6.2.2.5.2.1. VAZÃO DE RECALQUE

Quando o dispositivo de recalque for empregado para fins de retenção, deverá ser observada a somatória das vazões de lançamento direto e das vazões de recalque, sendo que essa somatória não poderá exceder a vazão limite de controle estabelecida pelo município.

Inviabilizadas soluções de retenção por ação da gravidade, do tipo controle de fundo, preferencialmente, o reservatório de retenção deverá receber somente uma pequena parcela da água



incidida sobre o empreendimento, com tamanho suficiente para a obtenção da vazão total de descarga inferior ou igual a vazão limite de controle estabelecida pelo município.

A vazão total de descarga trata da somatória da vazão de lançamento direto e da vazão obtida pelo dispositivo de recalque.

O critério de direcionar somente uma pequena parcela de água para o reservatório viabiliza a implantação de dispositivos menos robustos e previne incidentes de maiores proporções, no caso de falhas na operação do sistema.

6.2.2.5.2.2. DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

Após estimada a vazão de recalque, utiliza-se a [Equação \(60\)](#) e a [Equação \(61\)](#), simplificadas para velocidades mínimas e máximas de 0,5 m/s e 2,5 m/s, para a determinação dos diâmetros internos mínimos e máximos da tubulação.

$$DI_{mín} = 11,894 \cdot \sqrt{Q} \quad (60)$$

Em que, $DI_{mín}$ é o diâmetro interno mínimo da tubulação para ser uma velocidade máxima do fluido de 2,5 m/s, em milímetros, e Q é a vazão estimada de recalque, em m³/h.

$$DI_{máx} = 26,596 \cdot \sqrt{Q} \quad (61)$$

Em que, $DI_{máx}$ é o diâmetro interno máximo da tubulação para ser uma velocidade mínima do fluido de 0,5 m/s, em milímetros, e Q é a vazão estimada de recalque, em m³/h.

Quadro 35: Diâmetros internos de tubos de PVC

CLASSE	PRESSÃO ADMISSÍVEL	DIÂMETRO INTERNO DE TUBULAÇÃO DE PVC (mm)					
		DN 50	DN 60	DN 75	DN 100	DN 140	DN 180
		DE 60	DE 75	DE 85	DE 110	DE 160	DE 200
Classe 12	60 mca	-	-	-	-	145,4	181,8
Classe 15	75 mca	-	-	-	-	142,2	177,8
Classe 20	100 mca	51,4	64,4	72,8	94,4	137,2	171,4

DN = Diâmetro Nominal; DE = Diâmetro Externo;

6.2.2.5.2.3. ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL

Altura manométrica total é a energia requerida pela bomba para que o dispositivo consiga elevar o fluido ao local pretendido.

$$HMT = H_s + H_r + PC \quad (62)$$



Em que, HMT é a altura manométrica total, em mca, H_s é a altura entre o eixo do motor e a entrada da água na tubulação de sucção, em metros, H_r é a altura entre o eixo do motor e a saída da água na tubulação de recalque, em metros, e PC é a perda de carga, em metros.

$$PC = ht + hl \quad (63)$$

Em que, PC é a perda de carga, em metros, ht é perda de carga na tubulação, em metros, e hl é a perda de carga localizada, em metros.

$$ht = L \cdot J \quad (64)$$

Em que, ht é perda de carga na tubulação, em metros, L é o comprimento da tubulação, em metros, e J é a perda de carga por unidade de metro, em m/m.

A perda de carga por unidade de metro de tubulação pode ser obtida pela fórmula de Hazen-Williams.

$$J = 10,643 \cdot Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot DI^{-4,87} \quad (65)$$

Em que, J é a perda de carga por unidade de metro, em m/m, Q é a vazão de recalque, em m^3/s , C é o coeficiente de rugosidade das paredes internas da tubulação e DI é o diâmetro interno da tubulação, em metros.

Quadro 36: Valor de coeficiente de rugosidade da fórmula de Hazen-Williams

MATERIAL DA TUBULAÇÃO	NOVOS	USADOS + 10 ANOS
Ferro fundido sem revestimento (DN < 125 mm)	120	100
Ferro fundido sem revestimento (125 < DN > 550 mm)	125	105
Ferro fundido com revestimento de argamassa (DN < 125 mm)	125	115
Ferro fundido com revestimento de argamassa (125 < DN > 550 mm)	130	120
Ferro fundido com revestimento epóxi (DN < 125 mm)	125	120
Ferro fundido com revestimento epóxi (125 < DN > 550 mm)	135	130
PVC (DN < 125 mm)	137,5	135
PVC (125 < DN > 550 mm)	140	137,5
PEAD, polietileno de alta densidade, (DN < 125 mm)	140	137,5
PEAD, polietileno de alta densidade, (125 < DN > 550 mm)	142,5	140

Conforme recomendado por Azevedo Netto (1998), a perda de carga localizada pode ser determinada pela expressão geral.

$$hl = k \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (66)$$



Em que, hl é perda de carga localizada, em metros, k é o coeficiente experimental de perda, v é a velocidade do fluxo, em m/s, e g é a aceleração gravitacional, $9,81 \text{ m/s}^2$.

O coeficiente experimental de perda foi obtido para o intervalo de velocidade compreendido entre 0,5 e 2,5 m/s. Para velocidades intermediárias, o coeficiente poderá ser determinado pela [Equação \(67\)](#).

$$k = m \cdot v + n \quad (67)$$

Em que, k é o coeficiente experimental de perda, v é a velocidade do fluxo, em m/s, e m e n são os parâmetros da equação que variam de acordo com o tipo de conexão ou peça.

Quadro 37: Coeficiente de perda de carga localizada

CONEXÃO OU PEÇA	SIGLA	k_{min}	$k_{máx}$	m	n
Bocal	BC	2,75	5,00	1,125	2,1875
Curva 90° longa	CL90	0,15	0,40	0,125	0,0875
Cotovelo 90°	C90	0,90	1,20	0,150	0,8250
Curva 45° longa	CL45	0,13	0,28	0,075	0,0925
Cotovelo 45°	C45	0,30	0,50	0,100	0,2500
Curva 22,5°	C22	0,10	0,20	0,050	0,0750
Te passagem direta	TPD	0,50	0,70	0,100	0,4500
Te saída lateral	TSL	1,30	1,60	0,150	1,2250
Te bifurcação simétrica	TBS	1,50	2,00	0,250	1,3750
Junção 45°	J45	0,35	0,50	0,075	0,3125
Válvula gaveta	VG	0,02	0,04	0,010	0,0150
Válvula de pé	VP	4,00	5,00	0,500	3,7500
Crivo	CV	3,00	6,00	1,500	2,2500
Válvula retenção	VR	2,50	12,0	4,750	0,1250
Saída livre	SL	1,00	1,00	0	1,0000

6.2.2.5.3. ESTRUTURAS DE CONTROLE DE SUPERFÍCIE

Dependendo das características da estrutura, o comportamento hidráulico se apresentará de forma diferente, necessitando a utilização de diferentes metodologias para o seu dimensionamento.

Quadro 38: Determinação da metodologia aplicada às estruturas de controle de superfície

METODOLOGIA	CONDIÇÃO
Vertedouro de parede delgada	$e < 2/3H$
Vertedouro de parede espessa	$e > 2/3H$

e = espessura da parede; H = altura da lâmina d'água.



6.2.2.5.3.1. VERTEDOIRO DE PAREDE DELGADA SEM CONTRAÇÃO

Para ser considerado vertedouro de parede delgada, a espessura da parede de controle não pode exceder 2/3 da altura da lâmina d'água em relação a soleira.

$$Q = 1,838 \cdot L \cdot H^{1,5} \quad (68)$$

Em que, Q é a vazão de descarga do dispositivo, em m³/s, L é a largura da soleira, em metros, e H é a carga hidráulica sobre a soleira, em metros.

6.2.2.5.3.2. VERTEDOIRO DE PAREDE ESPESSA SEM CONTRAÇÃO

Para ser considerado vertedouro de parede espessa, a espessura da parede de controle deve exceder 2/3 da altura da lâmina d'água em relação a soleira.

$$Q = 1,71 \cdot L \cdot H^{1,5} \quad (69)$$

Em que, Q é a vazão de descarga do dispositivo, em m³/s, L é a largura da soleira, em metros, e H é a carga hidráulica sobre a soleira, em metros.

6.2.2.5.3.3. INFLUÊNCIA DAS CONTRAÇÕES

As contrações ocorrem quando a largura do dispositivo é inferior à do canal em que se encontra instalado. Segundo Azevedo Netto (1998), Francis propõe a aplicação das [Equações \(70\)](#) e [\(71\)](#) para adequar as [Equações \(68\)](#) e [\(69\)](#), no dimensionamento dos vertedores com contrações laterais.

Para uma contração:

$$L' = L - 0,10 \cdot H \quad (70)$$

Em que, L' é a largura da soleira corrigida, em metros, L é a largura da soleira, em metros, e H é a carga hidráulica sobre a soleira, em metros.

Para duas contrações:

$$L' = L - 0,20 \cdot H \quad (71)$$

Em que, L' é a largura da soleira corrigida, em metros, L é a largura da soleira, em metros, e H é a carga hidráulica sobre a soleira, em metros.



6.3. PREVENÇÃO AO ASSOREAMENTO

Para a prevenção ao assoreamento de cursos d'água, as obras, incluindo aquelas relativas à implantação de loteamentos, de sistemas viários, de sistema de drenagem pública e de empreendimentos, deverão observar as seguintes diretrizes:

- Deverão ser preservados os álveos, dando solução de continuidade aos mesmos:
 - Não serão permitidos os aterros dos álveos, devendo ser previsto no projeto de drenagem, dispositivos que evitem o carreamento de material granular ou outros, que possam concorrer para o assoreamento ou aterro de córregos ou nascentes.
- Quando o projeto de loteamento exigir obra de terraplenagem em que a cota natural do terreno seja alterada, deverão ser demonstradas e asseguradas a inexistência de prejuízo ao meio físico e paisagístico da área externa à gleba, em especial no que se refere à erosão do solo e ao assoreamento dos corpos d'água, quer durante a execução das obras relativas ao parcelamento do solo, quer após sua conclusão; e
- As seguintes Medidas deverão ser tomadas visando a prevenção e/ou redução dos impactos das obras do loteamento nos cursos de água da cidade bem como nos lotes, sistemas viários e sistemas de drenagem adjacentes ao empreendimento:
 - Durante a execução das obras dos loteamentos, a pavimentação só será liberada após a cobertura vegetal das quadras;
 - Materiais como areia e outros agregados deverão ser estocados em baias, bem como deverão estar cobertos por material plástico que impossibilitem seu carregamento pelas águas das chuvas;
 - A primeira camada de solo retirada nas obras de terraplenagem (1,0 metro) deverá ser reservada e reutilizada nas Áreas Verdes e Sistemas de Lazer caso apresentem condições técnicas mínimas para uso;
 - As bocas de lobo, tubulações e demais elementos de drenagem que recebem total ou parcialmente as águas pluviais precipitadas sobre o canteiro de obra na qual está sendo construído o loteamento deverão ser verificados e, caso necessário, limpos diariamente;
 - A recomposição das APP deve ser iniciada junto às primeiras etapas da obra;
 - Erosões devem ser tratadas de imediato, independentemente do local onde ocorram; e
 - Taludes de corte e aterro, assim que executados, deverão ser protegidos de modo que não permitam o desprendimento de solo no local.



6.4. DRENAGEM EM LOTEAMENTOS

As diretrizes para drenagem em loteamentos, descritas nesse subcapítulo, estabelecem critérios e parâmetros para o manejo adequado das águas pluviais incididas sobre áreas do loteamento em geral, principalmente sobre áreas do sistema viário.

Os requisitos mínimos estabelecidos por esse Plano cumprem a função de gestão dos sistemas públicos da macrodrenagem urbana.

Os elementos e as estruturas da macrodrenagem urbana são compostos pelos córregos, rios, canais, travessias do tipo bueiro e pontes, ou seja, todas estruturas naturais pré-existente à urbanização, que podem ou não ter sofrido modificações ou complementações e que são responsáveis pela condução ou passagem de águas fluviais e pluviais incididas sobre bacias e sub-bacias hidrográficas.

Serão objeto de aprovação as estruturas de drenagem em loteamento listadas abaixo, seguida da descrição sucinta de seus objetivos e propósitos.

- **Dispositivos de captação e condução das águas pluviais.** Objetivo de drenar as águas pluviais incididas sobre as áreas do loteamento, evitando ocorrências de alagamentos e inundações;
- **Sistema de retenção de águas pluviais.** Objetivo de amortecer as vazões das águas pluviais lançadas ou desaguadas no sistema público, evitando danos ao patrimônio público ou privado; e
- **Dispositivos de interligação, lançamento ou deságue das águas nos sistemas públicos de drenagem.** Objetivo de avaliar se a estrutura que irá receber as águas pluviais da área drenada comporta a demanda solicitada.

6.4.1. APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O projeto é composto pelos memoriais descritivo e de cálculo; e das plantas de implantação, perfis da galeria e de detalhamento das estruturas. O [Quadro 39](#) e o [Quadro 40](#) estabelecem os itens mínimos que deverão ser apresentados nos documentos de composição do projeto.

Quadro 39: Itens apresentados nos memoriais para projetos de drenagem em loteamento

ITEM	DESCRIÇÃO	
1.	MEMORIAL DESCRITIVO	
1.1	Identificação das partes	Nome do proprietário e do autor do projeto com os dados para contato
1.2	Apresentação	Objetivo sucinto da solicitação
1.3	Resumo	Apresentar a relação das áreas drenadas e de lançamento direto, os coeficientes utilizados no projeto, as vazões de projeto, a quantidade de reservatórios e os respectivos volumes
1.4	Localização da área	Apresentar, de preferência, imagem aérea com auxílio de mapas; identificar a via de acesso a área para possíveis vistorias necessárias



ITEM	DESCRIÇÃO	
1.5	Metodologia aplicada	Apresentar de forma sucinta a metodologia utilizada para o dimensionamento das estruturas projetadas
2.	MEMORIAL DE CÁLCULO	
2.1	Descrição dos parâmetros utilizados	
2.2	Dimensionamento do escoamento superficial, contemplando a capacidade das sarjetas e a quantidade de bocas coletoras	
2.3	Dimensionamento hidráulico da galeria, contemplando as vazões de projeto, as alturas da lâmina d'água, as velocidades máximas e os degraus hidráulicos	
2.4	Dimensionamento da classe das tubulações, contemplando as cargas atuantes sobre a tubulação e os embasamentos utilizados	
2.5	Dimensionamento das alas de lançamento	
2.6	Dimensionamento das travessias e bueiros, quando houver	
2.7	Cálculo do volume dos reservatórios	
2.8	Cálculo das estruturas de controle	
2.9	Cálculo das estruturas de lançamento ou deságue	
2.10	Avaliação da capacidade da estrutura pública para receber a demanda solicitada, bem como os níveis d'água mínimos e máximos dos córregos que irão receber a água pluvial drenada, quando necessário	

Quadro 40: Itens apresentados nas plantas para projetos de drenagem em loteamento

ITEM	DESCRIÇÃO	
1.	PLANTA DE IMPLANTAÇÃO	
1.1	Identificação das bacias de contribuição externas ao empreendimento	
1.2	Identificação dos cursos d'água, quando houver	
1.3	Identificação dos tipos de superfícies	
1.4	Identificação dos trechos de sarjeta e suas respectivas áreas de contribuição	
1.5	Identificação das galerias e bocas coletoras e suas respectivas áreas de contribuição	
1.6	Identificação das áreas de contribuição de lançamento direto e aos reservatórios de retenção	
1.7	Identificação dos reservatórios, alas de lançamento ou de deságue e travessias	
2.	PLANTA DOS PERFIS	
2.1	Identificação das vias e faixas em que são propostas a passagem das galerias	
2.2	Identificação das linhas de geratriz inferior e de geratriz superior das tubulações	
2.3	Identificação dos degraus hidráulicos	
2.4	Identificação dos tipos de embasamento	
2.5	Identificação das singularidades de interferência	
3.	PLANTA DE DETALHAMENTO	
3.1	Detalhamento de sarjetas, bocas coletoras, poços de visita, alas de lançamento, escadas hidráulicas, bacias de dissipação de energia*	
3.2	Planta baixa do reservatório	Apresentar dimensões e identificar as estruturas de controle e tampas de visita para inspeção, quando necessário
3.3	Cortes do reservatório	Apresentar dimensões e cotas de níveis e identificar as estruturas de controle. A quantidade de cortes ficará vinculada a compreensão e o bom entendimento do projeto, sendo no mínimo 2 (dois)
3.4	Outras estruturas que se fizerem necessárias para a execução do projeto	

* Os Projetos Tipo deverão ser retirados na Divisão de Infraestrutura. Nos casos em que se optar por outros sistemas construtivos, técnicas ou material pré-definido pelo município, os projetos sugeridos deverão ser encaminhados a divisão responsável para a aprovação.

6.4.1.1. DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

Para a execução de sistemas de drenagem em loteamento, o projeto deverá ser aprovado pela PMSJC. A aprovação do projeto de drenagem em loteamento deverá ocorrer através do processo de licença do loteamento. Os documentos necessários para análise do projeto, são:



1. Anotação de Responsabilidade Técnica do autor do projeto;
2. Anotação de Responsabilidade Técnica do responsável técnico pela direção da obra;
3. Autorização e/ou doação de áreas internas ou de terceiros destinadas à passagem de estruturas de drenagem;
4. Memorial descritivo e de cálculo, devendo conter os itens estabelecidos no Quadro 39; e
5. Planta de implantação e de detalhamento da estrutura, devendo conter os itens estabelecidos no Quadro 40.

6.4.2. INFORMAÇÕES GERAIS

- a) Deverão ser preservados os cursos d'água, dando soluções para continuidade de seus escoamentos. Não são permitidos os aterros de cursos d'água.
- b) Quando houver, o projeto deverá contemplar soluções de drenagem de águas pluviais de áreas de contribuição externas ao empreendimento.
- c) Deverão ser previstas soluções para o escoamento superficial de todas as áreas que sofrerão alterações do seu estado natural, com a implantação do loteamento.
- d) Quando necessário, o empreendedor deverá redimensionar e adequar as estruturas existentes de drenagem que irão receber os acréscimos de vazões.
- e) Nos casos de retificações de córregos, pontes, travessias e obras de arte especiais deverão ser providenciadas os licenciamentos nos seguintes órgãos: [DAEE](#) e [CETESB](#). A apresentação dessa documentação será condicionante para a aprovação do projeto "as built" e liberação da obra.
- f) As plantas deverão ser apresentadas em formato padronizado da ABNT na escala 1:500, 1:1.000 ou 1:2.000, e os detalhes construtivos em escala 1:50, 1:20 ou escala menor, dependendo da necessidade.
- g) As plantas deverão ser apresentadas em cópias impressas no formato A1, padrão ABNT, ou A1 estendido, com todas as folhas numeradas sequentemente, em no mínimo 1 via para análise.
- h) Na aprovação do projeto, além da apresentação de toda a documentação em arquivo digital em formato PDF, deverá ser fornecido as plantas no formato DWG, em versões inferiores à de 2010.
- i) Após a conclusão da obra, a doação do sistema de drenagem à Prefeitura Municipal deverá ser acompanhada com o projeto "as built", que também deverá ser fornecido em cópias impressas e arquivos de desenho em meio magnético no formato DWG, em versões inferiores à de 2010.



- j) Os projetos apresentados em meio magnético deverão estar referenciados com o sistema de coordenadas geográficas UTM - SAD69, com preferência para SIRGAS2000.

6.4.3. PARÂMETROS MÍNIMOS PARA IMPLANTAÇÃO DE ESTRUTURAS CLÁSSICAS

Neste item serão apresentados os parâmetros mínimos estipulados pela municipalidade para o dimensionamento e para a disposição das estruturas clássicas de drenagem urbana.

Metodologias para o dimensionamento ou execução deverão ser observadas as disposições descritas nas [DIRETRIZES GERAIS](#) e nas diretrizes de [EXECUÇÃO DE OBRAS](#).

6.4.3.1. SARJETAS

As sarjetas constituem a primeira estrutura hidráulica da drenagem urbana. São pequenos canais junto ao meio-fio que conduzem as águas pluviais das áreas drenadas até as estruturas de interceptação e captação.

Dependendo da característica da via, admite-se a utilização de parte do leito carroçável para o escoamento das chuvas. O [Quadro 41](#) apresenta a distância inundável admissível do leito carroçável.

Quadro 41: Inundação admissível do leito carroçável

TIPO DA VIA URBANA	DESCRIÇÃO	INUNDAÇÃO ADMISSÍVEL (T)
Local (30 km/h)	Acesso local ou a áreas restritas.	2/3 do leito carroçável
Coletora (40 km/h)	Trânsito dentro das regiões da cidade	1/2 do leito carroçável
Arterial (60 km/h)	Trânsito entre regiões, controlada por semáforo	1/4 do leito carroçável
Expressa (80 km/k)	Trânsito livre sem acessibilidade direta, via rápida	Somente sarjeta

Deverão ser apresentados os cálculos de capacidade de escoamento superficial para cada segmento de via, considerando o acúmulo de contribuição e as diferentes declividades das vias.

Em arruamentos com canteiros centrais, preferencialmente, a lâmina d'água deverá ser formada junto às calçadas externas.

O Projeto Tipo da guia e sarjeta, bem como o modelo de planilha de cálculo, deverão ser retirados na Divisão de Infraestrutura.



6.4.3.2. BOCAS COLETORAS

As bocas coletoras, também denominadas como bocas de lobo, são as estruturas responsáveis pela captação do escoamento superficial e direcionamento da água às galerias de drenagem.

Não poderá ser adotado conjunto com mais do que 3 unidades de bocas de lobo.

Deverá ser evitada a instalação de grelhas em curvas ou em regiões onde há maior probabilidade acúmulo de resíduos nos logradouros público.

Nas ruas sem saída, tipo cul-de-sac, ou pontos baixos de acúmulo, onde não ocorre a continuidade do escoamento superficial, deverão ser adotadas bocas de lobo duplas.

Em lotes com testadas de até 6,00 metros, será admitido somente bocas de lobo simples, localizadas na divisa entre os lotes.

Profundidade das bocas coletoras deverá ser no mínimo 1,00 metro e no máximo 1,60 metros, sendo preferencialmente de 1,20 metros, medidos do nível do meio-fio ao nível de fundo da caixa da boca coletora.

6.4.3.3. RAMAIS

O ramal é a tubulação que conduzirá a água captada do escoamento superficial à galeria de águas pluviais.

Os ramais de interligação entre bocas coletoras são admitidos somente em casos específicos. Para isso, deverá ser apresentada justificativa técnica da solução proposta, cuja aceitação ficará a critério do analista.

O diâmetro mínimo admitido do ramal, de interligação entre boca coletora e poço de visita, é de 400 mm para comprimentos de rede até 10 m. Para comprimentos de ramais maiores que 10 m, o ramal mínimo admissível passa a ser 600 mm.

O diâmetro mínimo admitido do ramal de interligação entre bocas coletoras é de 600 mm.

Será admitido para os ramais o uso de tubulações de Concreto Simples classe PS-1, desde que atendidos todos os critérios estabelecidos pela NBR 8.890:2003 da ABNT.

6.4.3.4. GALERIAS

Para o dimensionamento das redes de galerias circulares, a declividade mínima admissível é de 0,005 m/m, ou seja, 0,5%, desde que a condição hidráulica submetida proporcione velocidade de escoamento mínima de 0,75 m/s e máxima de 6,00 m/s. Para a adoção de declividades mínimas, recomenda-se a utilização de tubulações em PEAD, tendo em vista as seguintes justificativas:



-
- a) Maior controle da qualidade de assentamento da tubulação devido ao tubo possuir comprimentos de barras de 6 metros;
 - b) Menor rugosidade proporcionando um menor atrito entre os sólidos presentes no escoamento e superfícies do tubo; e
 - c) Menor recobrimento, possibilitando a elevação da declividade de assentamento da galeria.

Será admitida a altura máxima da lâmina d'água prevista para a vazão de projeto de 75% da altura útil da galeria. Nos casos em que houver porcentagem de ocupação maior que 75%, deverão ser apresentadas justificativas técnicas e a sua aceitação ficará a critério do analista.

O diâmetro mínimo das galerias de águas pluviais é de 600 mm sendo as tubulações de Concreto Armado, classe mínima de PA-1, ou PEAD. Para tubulações de concreto, o recobrimento das redes deve satisfazer a maior medida entre o mínimo de 1 m acima da geratriz superior do tubo ou uma vez o seu diâmetro. Para tubulações em PEAD o aterro sobre o tubo poderá ser reduzido para 30 cm, desde que sejam observadas e compatíveis as características de resistência do fabricante.

Considerando o cenário mundial, principalmente os países desenvolvidos, e as características listadas anteriormente e complementadas abaixo, o município dá preferência pela adoção de tubulações em PEAD.

- a) Maior vida útil, tanto pela degradação dos compostos do material, quanto pelo processo de lixiviação da galeria decorrente das partículas sólidas presentes no escoamento;
- b) Maior resistência química, diminuindo o processo corrosivo;
- c) Maior qualidade da vedação das bolsas de união entre tubos; e
- d) Maior facilidade de manutenção.

Entretanto, observa-se que em galerias com profundidades elevadas as tubulações em concreto armado possuem maior capacidade de suporte.

Todas as redes deverão ser projetadas em vias públicas ou em faixas de terreno com uso específico para este fim.

Quando as redes estiverem em áreas públicas, as mesmas deverão ser destacadas com informações de sua finalidade na planta de arruamento e parcelamento do solo.

Quando as redes estiverem em terrenos de terceiros, deverão ser apresentadas plantas e memoriais descritivos da área, com autorização expressa do proprietário, firmando faixa de servidão pública a favor da Prefeitura Municipal ou ao interessado, se não houver interesse público direto. O documento deverá ser registrado no Cartório de Imóveis competente, vinculado para o uso específico a que se propõe.



Se for tornada pública a faixa de servidão, não poderá ter largura inferior a 4,00 metros, podendo ser maior em função das características da obra. Se a faixa de servidão for de uso exclusivo do interessado, a dimensão poderá ser a que melhor lhe convier.

6.4.3.5. POÇOS DE VISITA

Os poços de visita são responsáveis pela: interligação dos ramais à galeria; junção de galerias; mudança de direção; redução da velocidade do escoamento da água; e visita para inspeção e manutenção.

A distância máxima entre poços de visitas é apresentada pelo [Quadro 42](#).

Quadro 42: Distância máxima entre poços de visita

DIÂMETRO OU SEÇÃO DA REDE	DISTÂNCIA MÁXIMA
0,60 m a 1,00 m	80 m
1,20 m a 1,50 m	90 m
Acima de 1,50 m	A ser avaliado

Admite-se angulação entre trechos de galeria menores que 90°, desde que apresentada a solução técnica. Dentre elas, destacam-se o degrau hidráulico e angulações dentro do poço de visita para o adequado direcionamento da água, evitando indesejáveis turbulências no escoamento.

Deverá ser observada a necessidade de degraus hidráulicos no interior dos poços de visita. Os degraus hidráulicos são responsáveis pela redução da velocidade na galeria e por evitar o remanso das vazões em tubulações desfavoráveis ou, até mesmo, o contra fluxo obtido por galeria com potencial de gerar maior energia da água conduzida.

Para degraus hidráulicos maiores que 1,5 metros, deverá ser previsto o revestimento reforçado da laje de fundo da caixa, de forma a evitar o seu desgaste.

6.4.3.6. ALAS DE LANÇAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL

A ala de lançamento é um conjunto de estruturas que promove a disposição final das águas pluviais captadas das áreas drenadas. São estruturas de transição entre a galeria e o retorno do escoamento superficial dado em cursos d'água.

As alas de lançamento constituem-se por: ala de desemboque, estrutura responsável pela fixação e amarração da tubulação; bacia de amortecimento, estrutura responsável pela dissipação da energia da água adquirida ao longo da galeria; e pedra marroada, estrutura responsável pela transição entre o concreto da ala de desemboque e leito natural do curso d'água.

A utilização de galerias existentes deverá ser justificada e dimensionada.



O lançamento das galerias deverá ocorrer no córrego ou curso d'água mais próximo da área, salvo diretrizes específicas a serem definidas pela municipalidade.

Preferencialmente, o encontro da ala com o curso d'água deverá ser em angulação de 45° no sentido do fluxo. No caso de ângulos maiores, deverá ser apresentada a justificativa e solução técnica adequada.

Deverão ser avaliados os níveis d'água mínimos e máximos dos córregos que irão receber a água pluvial drenada, quando necessário.

6.4.4. PARÂMETROS MÍNIMOS PARA IMPLANTAÇÃO DO RESERVATÓRIO

O reservatório de retenção de controle de loteamentos e de glebas ou lotes oriundos de desmembramento, de áreas a partir de 10.000 m², é um dispositivo de gestão do sistema público da macrodrenagem urbana. Seu objetivo é de atenuar as vazões pluviais, incididas sobre as áreas do loteamento ou glebas, simulando picos de vazões equivalentes aos originados pelo escoamento natural.

Para o dimensionamento do reservatório deverá ser observado o limite da vazão de controle de deságue (QCL).

Nos casos em que o reservatório for projetado sobre cursos d'água, em que ocorrem contribuições constantes de água, preferencialmente, o mesmo deverá ser do tipo lagoa, mantendo espelho d'água constante. Dessa forma, a retenção das águas pluviais se dará com a oscilação da lâmina d'água apenas na passagem das vazões de pico.

Nos casos em que o reservatório não receber contribuições constantes de água, observado o limite da vazão de controle, as estruturas de descarga deverão ser projetadas para deixar o reservatório seco em, no máximo, 12h após o término da chuva, salve a influência de chuvas sequenciais. Essa exigência se justifica por evitar a criação de ambientes propícios ao desenvolvimento e proliferação de endemias.

Nos casos em que houver contribuições de águas pluviais proveniente de áreas externas ao empreendimento, as estruturas de controle e de extravasão do reservatório deverão ser dimensionadas para atender o incremento das vazões dessas áreas, para períodos de retorno estabelecidos no [Quadro 21](#).

Para projetos contemplando barramentos de terra, enrocamentos ou superestruturas, deverão ser apresentadas as respectivas anotações de responsabilidade técnica do responsável pelo dimensionamento estrutural e execução de obra. A apresentação dessa documentação será condicionante para a aprovação do projeto "as built" e liberação da obra.

Conforme orientação do [DAEE](#), deverá ser observada para canais abertos a borda livre mínima correspondente a 10% da altura da lâmina d'água estimada para a cheia de projeto, mas não inferior a 0,40 m. Para canais de contorno fechado deve ser mantida uma borda livre de 20% da lâmina d'água máxima.



Reservatórios inseridos ao longo de galerias deverão ser executados em tubulações do tipo PEAD, sob a justificativa das características listadas no [Item 6.4.3.4](#), e possuir diâmetro mínimo de 1.500 mm, para facilitar as atividades de inspeção, manutenção e limpeza.

6.4.4.1. ÁREA ÚTIL OCUPÁVEL

Para o cálculo do amortecimento final do loteamento, entende-se como área útil ocupável (AUO) a área total da matrícula (ATT) subtraída das áreas consideradas como APP, ASI, áreas verdes, sistemas de lazer e áreas sem a previsão de ocupação.

6.4.4.2. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Para a determinação do coeficiente ponderado de escoamento superficial (CPE) poderão ser utilizados os parâmetros estabelecidos no [Quadro 23](#) ou ser utilizada a [Equação \(14\)](#) e os parâmetros estabelecidos no [Quadro 22](#). Coeficientes diferentes deverão ser justificados com a apresentação de estudos específicos que comprovem os seus respectivos valores.

6.4.4.3. VAZÃO DE CONTROLE DE DESÁGUE EM LOTEAMENTO

A vazão de controle estabelecida para a drenagem de loteamento (QCL) é a responsável por estabelecer que os sistemas públicos de drenagem não recebam vazões acima das quais já estão suscetíveis, evitando, portanto, a gravidade de problemas já enfrentados pela cidade ou a formação de novos pontos indesejáveis de alagamentos e inundações.

A vazão estabelecida como limite máximo para o deságue em loteamento (QCL) no sistema público de drenagem é obtida pela [Equação \(72\)](#). A [Equação \(72\)](#) trata-se da [Equação \(15\)](#), sendo a constante derivada do produto entre a IDF do município de Taubaté, calculada para o período de retorno de 10 anos, e o coeficiente de escoamento de controle para loteamentos (CCL), de 0,50.

$$QCL = 10,2 \cdot AUO \quad (72)$$

Em que, QCL é a vazão de controle de deságue em loteamento, em m³/min, e AUO é a área total do loteamento que pode ser ocupável, em hectares ([Item 6.4.4.1](#)).

6.4.5. METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA O DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

No decorrer de um evento de chuva ocorrerá o enchimento e o esgotamento da água no reservatório. A oscilação do nível d'água é a responsável pela variação da carga hidráulica sobre o



dispositivo de controle que, dependendo da pressão exercida, resultará diferentes vazões de descarga. Dessa forma, ocorrerão situações em que o dispositivo trabalhará com características e condições de condutos livre, de orifícios de grandes e de pequenas dimensões. Para cada condição, são recomendadas metodologias diferentes para descrever o comportamento das vazões de descarga na estrutura.

Com intenção de facilitar a aplicabilidade, é proposta metodologia simplificada para o dimensionamento do dispositivo de controle de fundo.

Os resultados obtidos pela metodologia simplificada atendem de forma satisfatória a diversidade das condições que influenciam o comportamento hidráulico da estrutura. Comparado com o volume resultante do dimensionamento, que leva em consideração essa diversidade, a metodologia simplificada tende a apresentar volumes úteis de detenção mais conservadores.

Nos casos em que se optar pelo refinamento do dimensionamento do dispositivo, deverão ser observados os requisitos estabelecidos nas [DIRETRIZES GERAIS](#).

6.4.5.1. ÁREA DE COMPENSAÇÃO

No dimensionamento do sistema de detenção do empreendimento, nem sempre é desejável ou favorável direcionar toda a água drenada ao reservatório ou nem sempre é possível, com o emprego de um único reservatório, satisfazer o limite estipulado pela vazão de controle de deságue do loteamento ([QCL](#)). Para essas situações deverá ser observada a distribuição das áreas de lançamento direto ([ALD](#)), que deverão ser compensadas pelos reservatórios de detenção.

$$ACR = ALR + ALD \quad (73)$$

Em que, [ACR](#) é a área de compensação pelo reservatório, em hectares, [ALR](#) é a área de lançamento ao reservatório, em hectares, e [ALD](#) é a área de lançamento direto, em hectares.

Sendo que,

$$AUO = \sum (ACR1 + ACR2 + \dots + ACRn) \quad (74)$$

Em que, [AUO](#) é a área total do loteamento que pode ser ocupável, em hectares ([Item 6.4.4.1](#)), [ACR1](#) é a área de compensação pelo reservatório nº 1, em hectares, [ACR2](#) é a área de compensação pelo reservatório nº 2, em hectares, e [ACRn](#) é a área de compensação pelo reservatório nº “n”, em hectares.

6.4.5.2. VAZÃO MÁXIMA DE DESCARGA DO DISPOSITIVO

A vazão máxima de descarga ([QRL](#)) trata-se da vazão limite de saída do dispositivo de controle do reservatório de detenção. Para a sua determinação deverá ser utilizada a [Equação \(72\)](#), sendo que o



parâmetro **QCL**, fixado pela equação, passa a ser denominado como a vazão máxima de descarga (**QRL**) e o parâmetro **AUO** passa a ser denominado como a área de compensação pelo reservatório (**ACR**).

6.4.5.3. VOLUME DE DETENÇÃO

O volume útil (**VDL**) deverá ser no mínimo o volume obtido pela aplicação da [Equação \(75\)](#).

$$VDL = (190 \cdot CPE^2 + 104 \cdot CPE - 74) \cdot ACR \quad (75)$$

Em que, **VDL** é o volume útil de detenção, em m³, **CPE** é o coeficiente ponderado de escoamento superficial da ocupação projetada do terreno, adimensional, e **ACR** é a área de compensação pelo reservatório, em hectares.

6.4.5.4. CONTROLE DE FUNDO

Este método proposto deve ser aplicado somente aos dispositivos do tipo orifício. O orifício é caracterizado por ter comprimento 1,5 vezes menor do que o seu diâmetro ou altura da abertura do dispositivo. Comprimentos maiores da estrutura apresentarão esforços que são desprezados pela metodologia de orifícios e que, portanto, resultarão em diferentes comportamentos das vazões de descarga, comprometendo a eficiência do sistema, caso não previstos.

Para dispositivos diferentes de orifícios, deverão ser observados requisitos estabelecidos no [Item 6.2.2.5.1](#).

Para sistemas de controle por gravidade, a vazão de descarga do reservatório de detenção dependerá da relação entre a altura da lâmina d'água atuante no dispositivo de controle e sua respectiva área de seção transversal.

Para dispositivos de controle do tipo orifício de seção retangular, o critério de dimensionamento deverá seguir as considerações do [Item 6.4.5.4.1](#), e para seções circulares, as considerações do [Item 6.4.5.4.2](#).

6.4.5.4.1. ORIFÍCIO DE SEÇÃO RETANGULAR

Para a aplicação da [Equação \(76\)](#) o projetista deverá pré-definir 2 (duas) das 3 (três) dimensões necessárias para satisfazer a equação.

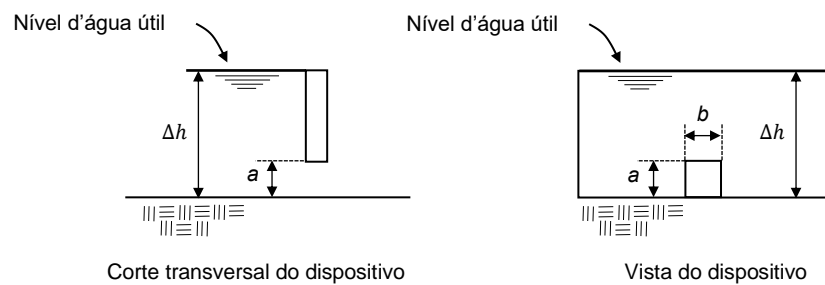


Figura 42: Dispositivo de controle de fundo de seção retangular para controle em loteamentos

$$a \cdot b \cdot \Delta h^{1/2} = 59,5 \cdot \text{QRL} \quad (76)$$

Em que, a é a dimensão da altura do orifício, em centímetros, b é a dimensão da largura do orifício, em centímetros, Δh é a altura da lâmina d'água no dispositivo, em metros, e QRL é a vazão máxima de descarga, em m^3/min (Item 6.4.5.2).

6.4.5.4.2. ORIFÍCIO DE SEÇÃO CIRCULAR

Para a aplicação da Equação (77) o projetista deverá pré-definir o diâmetro do orifício (\emptyset) ou a dimensão da altura da lâmina d'água no dispositivo (Δh).

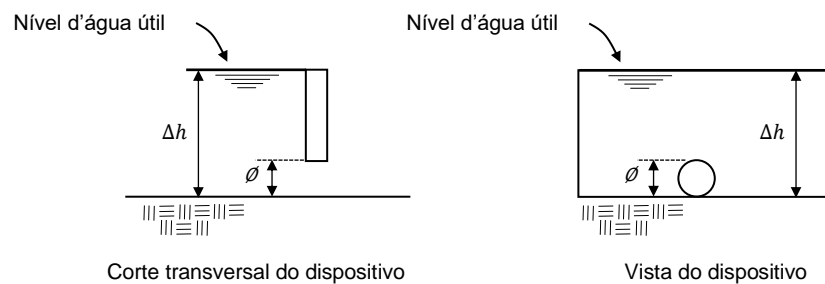


Figura 43: Dispositivo de controle de fundo de seção circular para controle em loteamentos

$$\emptyset^2 \cdot \Delta h^{1/2} = 75,8 \cdot \text{QRL} \quad (77)$$

Em que, \emptyset é o diâmetro do orifício, em centímetros, Δh é a altura da lâmina d'água no dispositivo, em metros, e QRL é a vazão máxima de descarga, em m^3/min (Item 6.4.5.2).



6.4.5.5. CONTROLE DE SUPERFÍCIE

Para a definição da dimensão do dispositivo de controle de superfície deverá ser aplicada a metodologia proposta no [Item 6.2.2.5.3](#).

O dimensionamento do vertedouro consiste em definir a sua respectiva largura. Para isso, determinada a diferença de nível entre o espelho d'água formado na lagoa e a cota necessária para satisfazer o volume de retenção determinado pela [Equação \(75\)](#), calcula-se a largura do dispositivo através da [Equação \(68\)](#) ou [Equação \(69\)](#).

Ressalta-se que, além do dispositivo de controle de superfície, deverão ser previstas estruturas que comportem as vazões de projeto obtidas para os períodos de retornos definidos no [Quadro 21](#).

6.5. DRENAGEM EM LOTES

As diretrizes para drenagem predial, descritas neste subcapítulo, estabelecem critérios e parâmetros para o manejo adequado das águas pluviais incididas sobre áreas de lotes.

Os requisitos mínimos estabelecidos por este Plano cumprem a função de gestão dos sistemas públicos da microdrenagem urbana de São José dos Campos.

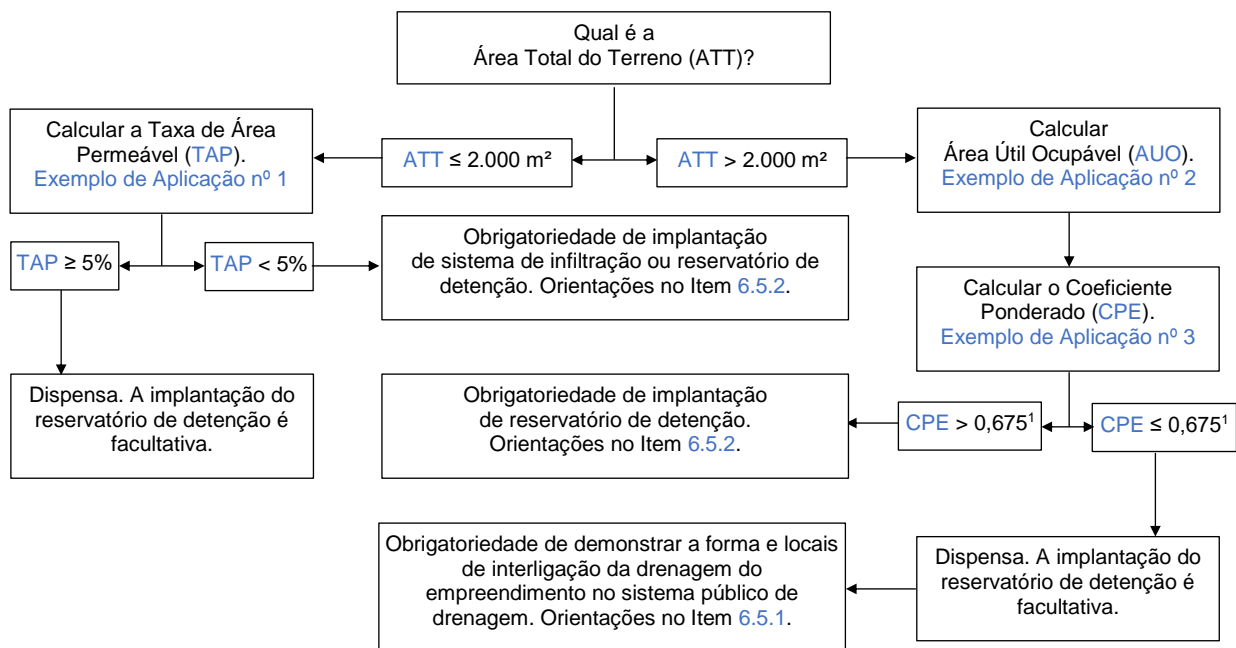
Os sistemas públicos da microdrenagem são compostos pelas sarjetas, bocas coletoras, galerias, alas de desemboque, escadas hidráulicas, bacias de dissipação de energia, ou seja, todas estruturas responsáveis pelo manejo das águas pluviais dentro do ambiente urbano, que promovem a captação, a condução e a disposição final em elementos da macrodrenagem.

Serão objeto de aprovação as estruturas de drenagem predial listadas abaixo, seguidas da descrição sucinta de seus objetivos e propósitos.

- **Sistema de retenção de águas pluviais.** Objetivo de amortecer as vazões das águas pluviais lançadas ou desaguadas no sistema público, evitando danos ao patrimônio público ou privado;
- **Dispositivos de interligação, lançamento ou deságue das águas nos sistemas públicos de drenagem.** Objetivo de avaliar se a estrutura que irá receber as águas pluviais da área drenada comporta a demanda solicitada.

A [1](#): O CPE de 0,675 foi determinado para os loteamentos, bairros e áreas em que não há uma comprovação do coeficiente de escoamento utilizado para o dimensionamento do sistema de drenagem.

Figura 44 apresenta o fluxograma dos processos para a aprovação do sistema de retenção.



1: O CPE de 0,675 foi determinado para os loteamentos, bairros e áreas em que não há uma comprovação do coeficiente de escoamento utilizado para o dimensionamento do sistema de drenagem.

Figura 44: Fluxograma para análise de dispensa do reservatório de detenção

6.5.1. DISPENSA DO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO

Conforme instituído pelo art. nº 256, da Lei Complementar nº 623, de outubro de 2019, que instituiu a Lei de Zoneamento, estão dispensados de implantação de sistema de detenção de águas pluviais, os empreendimentos em lotes com área inferior a 2.000 m², desde que respeitem a taxa área permeável (TAP) estabelecidas pelo art. nº 255.

Para o cálculo da taxa deverá ser aplicada a [Equação \(78\)](#). O [Exemplo de Aplicação nº 1](#) apresenta o cálculo da taxa para um empreendimento qualquer.

$$TAP = AVP \div ATT \cdot 100 \quad (78)$$

Em que, TAP é a taxa de áreas permeáveis, em porcentagem, AVP é a área verde considerada como permeável, em m², e ATT é a área total do terreno, em m².

Para efeito do cálculo da TAP, somente as áreas de jardim sobre o solo natural serão aceitas como AVP.

Exemplo de Aplicação nº 1:

A área total do terreno (TAP), de determinado empreendimento, é de 1.500 m². Nesse terreno pretende-se implantar as seguintes superfícies:

- . 800 m² de área coberta com telha ou laje;
- . 250 m² de área de estacionamento de piso do tipo intertravado;



- . 200 m² de área de circulação de pedestres de piso de concreto;
- . 100 m² de área de jardim sobre o solo natural; e
- . 150 m² de área de jardim sobre laje.

Determinar a taxa de áreas permeáveis (TAP) da ocupação desse empreendimento.

Considerando que, para o cálculo da TAP, somente são aceitas as áreas de jardim sobre o solo natural, têm-se,

$$TAP = 100 \div 1.500 \times 100$$

$$TAP = 6,7\%$$

Em observação ao inciso I do art. nº 255 da LC 623/2019, em que estabelece a TAP mínima de 5%, para o presente Exemplo de Aplicação fica dispensado a obrigatoriedade de implantação de dispositivo de infiltração, conforme instituído no parágrafo 1º do mesmo artigo, ou sistema de retenção de águas pluviais, empregado nos casos em que se inviabilize a implantação do dispositivo de infiltração.

Para os empreendimentos em lotes com área superior a 2.000 m², nos casos em que o coeficiente ponderado de escoamento superficial (CPE) calculado para a área útil ocupável (AUO) do lote for igual ou inferior ao coeficiente de controle (CCE) de 0,675, é facultativa a implantação de reservatório de retenção de águas pluviais. O Item 6.5.3.1 e o Item 6.5.3.2 estabelecem as orientações para essa verificação.

6.5.1.1. DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

Para a dispensa do reservatório através da análise do coeficiente ponderado de escoamento superficial (CPE), fica condicionada à aprovação do projeto, com abertura de processo administrativo, devendo apresentar os seguintes documentos:

1. Requerimento padrão de abertura de processo;
2. Demonstrativo do IPTU;
3. Registro de imóveis ou escritura;
4. Para proprietário como pessoa física: documentos pessoais (RG/CPF);
5. Para proprietário como pessoa jurídica: cartão CNPJ, contrato social e documentos pessoais do representante da empresa;
6. Nos casos em que o responsável pelas assinaturas como representante não for o proprietário, apresentar procuração e documentos pessoais do outorgado;
7. Anotação de Responsabilidade Técnica do autor do estudo;
8. Memorial descritivo e de cálculo dos coeficientes de escoamento e das vazões de interligação ou de deságue no sistema público de drenagem;
9. Planta da disposição das estruturas de drenagem do empreendimento e identificação das interligações ou deságues no sistema público; e
10. Planta de identificação dos tipos de superfície do solo.



6.5.2. APRESENTAÇÃO DO PROJETO DO RESERVATÓRIO

O projeto do reservatório é composto pelos memoriais descritivo e de cálculo; e das plantas de implantação e de detalhamento das estruturas. O [Quadro 43](#) e o [Quadro 44](#) estabelecem os itens mínimos que deverão ser apresentados nos documentos de composição do projeto.

Quadro 43: Itens apresentados nos memoriais para projetos de drenagem predial

ITEM	DESCRIÇÃO	
1.	MEMORIAL DESCRITIVO	
1.1	Identificação das partes	Nome do proprietário e do autor do projeto com os dados para contato
1.2	Apresentação	Objetivo sucinto da solicitação
1.3	Resumo	Apresentar a relação das áreas drenadas e de lançamento direto, os coeficientes utilizados no projeto, as vazões de projeto, a quantidade de reservatórios e os respectivos volumes
1.4	Localização da área	Apresentar, de preferência, imagem aérea com auxílio de mapas; identificar a via de acesso a área para possíveis vistorias necessárias
1.5	Metodologia aplicada	Apresentar de forma sucinta a metodologia utilizada para o dimensionamento das estruturas projetadas
2.	MEMORIAL DE CÁLCULO	
2.1	Descrição dos parâmetros utilizados	
2.2	Cálculo do volume dos reservatórios	
2.3	Cálculo das estruturas de controle	
2.4	Cálculo das estruturas de lançamento ou deságue	
2.5	Avaliação da capacidade da estrutura pública para receber a demanda solicitada, bem como os níveis d'água mínimos e máximos dos córregos que irão receber a água pluvial drenada, quando necessário	

Quadro 44: Itens apresentados nas plantas para projetos de drenagem predial

ITEM	DESCRIÇÃO	
1.	PLANTA DE IMPLANTAÇÃO	
1.1	Identificação dos tipos de superfícies	
1.2	Identificação das áreas de contribuição de lançamento direto e aos reservatórios de detenção	
1.3	Identificação dos reservatórios e alas de lançamento ou de deságue	
2.	PLANTA DE DETALHAMENTO	
2.1	Planta baixa do reservatório	Apresentar dimensões e identificar as estruturas de controle e tampas de visita para inspeção, quando necessário
2.2	Cortes do reservatório	Apresentar dimensões e cotas de níveis e identificar as estruturas de controle. A quantidade de cortes ficará vinculada a compreensão e o bom entendimento do projeto, sendo no mínimo 2 (dois)
2.3	Outras estruturas que se fizerem necessárias para a execução do projeto	



6.5.2.1. DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

Para a execução de sistema de retenção e disposição final da água drenada de empreendimentos, fica condicionada à aprovação do projeto, com abertura de processo administrativo, devendo apresentar os seguintes documentos:

1. Requerimento padrão de abertura de processo;
2. Demonstrativo do IPTU;
3. Registro de imóveis ou escritura;
4. Para proprietário como pessoa física: documentos pessoais (RG/CPF);
5. Para proprietário como pessoa jurídica: cartão CNPJ, contrato social e documentos pessoais do representante da empresa;
6. Nos casos em que o responsável pelas assinaturas como representante não for o proprietário, apresentar procuração e documentos pessoais do outorgado;
7. Anotação de Responsabilidade Técnica do autor do projeto;
8. Anotação de Responsabilidade Técnica do responsável técnico pela direção da obra;
9. Autorização e/ou doação de áreas de internas ou de terceiros destinadas à passagem de estruturas de drenagem;
10. Memorial descritivo e de cálculo, devendo conter os itens estabelecidos no Quadro 43; e
11. Planta de implantação e de detalhamento da estrutura, devendo conter os itens estabelecidos no Quadro 44.

6.5.3. PARÂMETROS MÍNIMOS PARA IMPLANTAÇÃO DO RESERVATÓRIO

O reservatório de retenção de controle em lotes é um dispositivo de gestão do sistema público de drenagem urbana. Seu objetivo é amortecer as vazões pluviais excedentes interligadas ou despejadas aos sistemas públicos de drenagem.

As vazões pluviais excedentes são aquelas originadas do escoamento de superfícies impermeáveis que não foram consideradas no dimensionamento dos sistemas públicos de drenagem, e que anteriormente, podem ou não, ter sido objeto de aprovação de loteamentos, bairros ou glebas.

Para o dimensionamento do reservatório deverá ser observado o limite da vazão de controle de deságue do lote (QCE).

6.5.3.1. ÁREA ÚTIL OCUPÁVEL

Entende-se como área útil ocupável do lote (AUO), a área total da matrícula (ATT) subtraída das APP e ASI.

$$AUO = ATT - (APP + ASI) \quad (79)$$



Em que, **AUO** é a área total do terreno que pode ser ocupável, em m², **ATT** é a área total do terreno, em m², **APP** é a área de preservação permanente, em m², e **ASI** é a área suscetível a inundação, em m².

Exemplo de Aplicação nº 2:

A área total do terreno (**ATT**) é de 2.800 m². Dentro dos limites desse terreno, há uma parcela de área considerada como área de preservação permanente (**APP**) de 500 m². Determine a área útil ocupável (**AUO**)?

Aplicação da Equação (79):

$$AUO = 2.800 - 500$$

$$AUO = 2.300 \text{ m}^2$$

6.5.3.2. COEFICIENTE PONDERADO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Para a determinação do coeficiente ponderado de escoamento superficial (**CPE**) deverá ser utilizada a Equação (14) e os parâmetros apresentados no Quadro 22. Coeficientes diferentes deverão ser justificados com a apresentação de estudos específicos que comprovem os seus respectivos valores.

Exemplo de Aplicação nº 3:

A área útil ocupável (**AUO**) do terreno é de 2.300 m² (vide Exemplo de Aplicação nº 2). No terreno pretende-se implantar um empreendimento com as seguintes superfícies:

- . 1.000 m² de área coberta de telha ou laje;
- . 700 m² de área de estacionamento de piso do tipo intertravado;
- . 400 m² de área de circulação de pedestres de piso de concreto; e
- . 200 m² de área de jardim sobre o solo natural.

Determinar o coeficiente ponderado de escoamento (**CPE**) de ocupação desse empreendimento.

Consulta do Quadro 22:

- Área de cobertura de telha ou laje = 1.000 m² (C = 0,95)
- Área de estacionamento de piso do tipo intertravado = 700 m² (C = 0,85)
- Área de circulação de pedestres de piso de concreto = 400 m² (C = 0,85)
- Área de jardim sobre o solo natural = 200 m² (C = 0,40)

Aplicação da Equação (14):

$$CPE = (1.000 \times 0,95 + 700 \times 0,85 + 400 \times 0,85 + 200 \times 0,40) / 2.300$$

$$CPE = 0,854$$



6.5.3.3. VAZÃO DE CONTROLE DO DESÁGUE EM LOTE

A vazão de controle estabelecida para a drenagem em lotes (**QCE**) é a responsável por fixar limites para que os sistemas públicos de drenagem não excedam a sua capacidade de captação e de condução, evitando, portanto, os indesejáveis alagamentos.

A vazão estabelecida como limite máximo para o deságue de terrenos (**QCE**) no sistema público de drenagem é obtida pela [Equação \(80\)](#).

$$QCE = 0,0013 \cdot AUO \quad (80)$$

Em que, **QCE** é a vazão de controle de deságue do terreno, em m³/min, e **AUO** é a área total do terreno que pode ser ocupável (Item [6.5.3.1](#)), em m².

Exemplo de Aplicação nº 4:

*Com a área útil ocupável (**AUO**) do terreno de 2.300 m² (vide [Exemplo de Aplicação nº 2](#)), determinar a vazão de controle do deságue do terreno (**QCE**), permitida para a disposição das águas pluviais drenadas do empreendimento no sistema público de drenagem.*

Aplicação da Equação (80):

$$QCE = 0,0013 \times 2.300$$

$$QCE = 2,990 \text{ m}^3/\text{min}$$

6.5.4. METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA O DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Assim como justificado no Item [6.4.5](#), com intenção de facilitar a aplicabilidade dos reservatórios de controle em lotes, também são propostas 2 (duas) metodologias simplificadas, para o dimensionamento de dispositivos de controle de fundo e de controle por bombeamento.

Os resultados obtidos pelas metodologias simplificadas atendem de forma satisfatória a diversidade das condições que influenciam o comportamento hidráulico da estrutura. Comparado com o volume resultante do dimensionamento, que leva em consideração essa diversidade, a metodologia simplificada tende a apresentar volumes úteis de detenção mais conservadores.

Nos casos em que se optar pelo refinamento do dimensionamento do dispositivo, deverão ser observados os requisitos estabelecidos nas [DIRETRIZES GERAIS](#).



6.5.4.1. ÁREA DE COMPENSAÇÃO

Nem sempre é desejável, ou favorável, direcionar toda a água drenada ao reservatório, ou ainda nem sempre é possível satisfazer o limite estipulado pela vazão de controle de deságue do terreno (QCE) com o emprego de um único reservatório. Para essas situações deverá ser observada a distribuição das áreas de lançamento direto (ALD), que deverão ser compensadas pelos reservatórios de detenção.

$$ACR = ALR + ALD \quad (81)$$

Em que, ACR é a área de compensação pelo reservatório, em m^2 , ALR é a área de contribuição ao reservatório, em m^2 , e ALD é a área de lançamento direto, em m^2 .

Sendo que,

$$ACRT = AUO = \sum (ACR1 + ACR2 + \dots + ACRn) \quad (82)$$

Em que, $ACRT$ é a área de compensação total pelos reservatórios, em m^2 , AUO é a área total do terreno que pode ser ocupável (Item 6.5.3.1), em m^2 , $ACR1$ é a área de compensação pelo reservatório nº 1, em m^2 , $ACR2$ é a área de compensação pelo reservatório nº 2, em m^2 , e $ACRn$ é a área de compensação pelo reservatório nº "n", em m^2 .

Exemplo de Aplicação nº 5:

A área útil ocupável (AUO) do empreendimento, de $2.300 m^2$ (vide Exemplo de Aplicação nº 2), foi dividida em 3 (três) áreas drenadas, sendo:

- . área de lançamento direto (ALD) de $600 m^2$;
- . área drenada conduzida ao reservatório de detenção nº 1 ($ALR1$) de $800 m^2$; e
- . área drenada conduzida ao reservatório de detenção nº 2 ($ALR2$) de $900 m^2$.

Determinar as áreas de compensação (ACR) necessárias para que o sistema de detenção apresente a eficiência desejada.

Analogia:

A área de lançamento direto (ALD), de $600 m^2$, deverá ser compensada pelo sistema de detenção. Como no empreendimento é proposto 2 (dois) reservatórios, os $600 m^2$ de lançamento direto poderão ser distribuídos e somados, de forma arbitrária, às áreas de contribuição (ALR) de cada reservatório de detenção. O critério de distribuição dessa área deverá ser de acordo com as necessidades de acomodação dos reservatórios no empreendimento, pois quanto maior for a área destinada a ser compensada, maior será o volume requerido pelo reservatório. Além disso, deverão ser observadas as dimensões resultantes dos dispositivos de controle, a fim de se evitar dimensões esbeltas que necessitarão de manutenções mais periódicas.



Considerações de projeto:

Para o presente exemplo, optou-se em distribuir a área de lançamento direto (ALD) conforme descrito abaixo.

Aplicação da Equação (81):

$$ACR1 = 800 + 200$$

$$ACR1 = 1.000 \text{ m}^2$$

$$ACR2 = 900 + 400$$

$$ACR2 = 1.300 \text{ m}^2$$

Aplicação da Equação (82):

$$ACRT = 1.000 + 1.300$$

$$ACRT = 2.300 \text{ m}^2 = AUO$$

Para satisfazer a exigência quanto ao emprego do sistema de detenção, a área de compensação total pelos reservatórios (ACRT), necessariamente, deverá resultar a área útil ocupável (AUO).

6.5.4.2. VAZÃO MÁXIMA DE DESCARGA DO DISPOSITIVO

A vazão máxima de descarga (QRE) é a vazão de saída limite de escoamento do dispositivo de controle do reservatório de detenção. Para a sua determinação, deverá ser subtraída a vazão de lançamento direto (QDE) da vazão de controle (QCE).

A vazão de lançamento direto (QDE) pode ser obtida pela aplicação da Equação (83), que leva em consideração o tempo de duração da chuva crítica (TDE), obtida pela Equação (5).

$$QDE = (2,76 - 1,20 \cdot CPE) \cdot CPE \cdot ALD \div 1.000 \quad (83)$$

Em que, QDE é a vazão de lançamento direto, em m³/min, CPE é o coeficiente ponderado de escoamento superficial da ocupação projetada do terreno (Item 6.5.3.2), adimensional, ALD é a área total de lançamento direto, em m².

A vazão máxima de descarga (QRE) é obtida pelo cálculo ponderado da vazão de controle remanescente. Quando no empreendimento for empregado um único reservatório, a relação da área de compensação e a área útil ocupável do terreno (ACR ÷ AUO), necessariamente, resultará no máximo valor de 1,0 (um). Esse valor traduz que, o único reservatório proposto, compensará toda a área do empreendimento.

$$QRE = (QCE - QDE) \cdot ACR \div AUO \quad (84)$$



Em que, QRE é a vazão máxima de descarga do reservatório, em m^3/min , QCE é a vazão de controle de deságue do terreno (Item 6.5.3.3), em m^3/min , QDE é a vazão de lançamento direto, em m^3/min , ACR é a área de compensação pelo reservatório (Item 6.5.4.1), em m^2 , e AUO é a área total do terreno que pode ser ocupável (Item 6.5.3.1), em m^2 .

Exemplo de Aplicação nº 6:

Para os resultados obtidos pelo Exemplo de Aplicação nº 3, Exemplo de Aplicação nº 4 e Exemplo de Aplicação nº 5, determinar as vazões máximas de descarga (QRE) de cada reservatório.

Aplicação da Equação (83):

$$QDE = (2,76 - 1,20 \times 0,854) \times 0,854 \times 600 \div 1.000$$

$$QDE = 0,889$$

Aplicação da Equação (84):

$$QRE1 = (2,990 - 0,889) \times 1.000 \div 2.300$$

$$QRE1 = 0,913 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$QRE2 = (2,990 - 0,889) \times 1.300 \div 2.300$$

$$QRE2 = 1,188 \text{ m}^3/\text{min}$$

Verificação:

Observa-se que a somatória das máximas vazões de descarga dos reservatórios e a vazão de lançamento direto se igualam a vazão de controle,

$$QCE = QRE1 + QRE2 + QDE$$

$$2,990 = 0,913 + 1,188 + 0,889$$

$$2,990 = 2,990$$

6.5.4.3. VOLUME DE DETENÇÃO

Para a metodologia simplificada, o volume útil deverá ser no mínimo o volume obtido pela aplicação da Equação (85).

$$VDE = (0,019 \cdot CPE^2 + 0,002 \cdot CPE - 0,006) \cdot ACR \cdot K \quad (85)$$

Em que, VDE é o volume útil, em m^3 , CPE é o coeficiente ponderado de escoamento superficial da ocupação projetada do terreno (Item 6.5.3.3), adimensional, ACR é a área de compensação pelo reservatório (Item 6.5.4.1), em m^2 , e K é a constante do tipo de controle (1,0 para gravidade e 1,3 para bombeamento).



Exemplo de Aplicação nº 7:

Para o coeficiente ponderado de escoamento superficial (CPE) de 0,854 (vide [Exemplo de Aplicação nº 3](#)) e para os resultados obtidos pelo [Exemplo de Aplicação nº 5](#), determinar os volumes dos reservatórios de retenção de controle na fonte para o dimensionamento do dispositivo em duas situações:

- . através do controle por gravidade; e
- . através do controle por bombeamento.

Situação para controle por gravidade:

Aplicação da Equação (85), com $k = 1,0$:

$$VDE1 = (0,019 \times 0,854^2 + 0,002 \times 0,854 - 0,006) \times 1.000 \times 1,0$$

$$VDE1 = 9,6 \text{ m}^3$$

$$VDE2 = (0,019 \times 0,854^2 + 0,002 \times 0,854 - 0,006) \times 1.300 \times 1,0$$

$$VDE2 = 12,4 \text{ m}^3$$

Situação para controle por bombeamento:

Aplicação da Equação (85), com $k = 1,3$:

$$VDE1 = (0,019 \times 0,846^2 - 0,0013 \times 0,846 - 0,006) \times 1.000 \times 1,3$$

$$VDE1 = 12,4 \text{ m}^3$$

$$VDE2 = (0,019 \times 0,846^2 - 0,0013 \times 0,846 - 0,006) \times 1.300 \times 1,3$$

$$VDE2 = 16,2 \text{ m}^3$$

6.5.4.4. CONTROLE DE FUNDO

Este método proposto deve ser aplicado somente aos dispositivos do tipo orifício. O orifício é caracterizado por ter comprimento 1,5 vezes menor do que o seu diâmetro ou altura da abertura do dispositivo. Comprimentos maiores da estrutura apresentarão esforços que são desprezados pela metodologia de orifícios e que, portanto, resultarão diferentes comportamentos das vazões de descarga, comprometendo a eficiência do sistema, caso não previstos.

Para dispositivos diferentes de orifícios, deverão ser observados requisitos estabelecidos no Item [6.2.2.5](#).

Para sistemas de controle por gravidade, a vazão de descarga do reservatório de retenção dependerá da relação entre a altura da lâmina d'água atuante no dispositivo de controle e sua respectiva área de seção transversal.

Para dispositivos de controle do tipo orifício de seção retangular, o critério de dimensionamento deverá seguir as considerações do Item [6.5.4.4.1](#), e para seções circulares, as considerações do Item [6.5.4.4.2](#).



6.5.4.4.1. ORIFÍCIO DE SEÇÃO RETANGULAR

Para a aplicação da [Equação \(86\)](#) o projetista deverá pré-definir 2 (duas) das 3 (três) dimensões necessárias para satisfazer a equação.

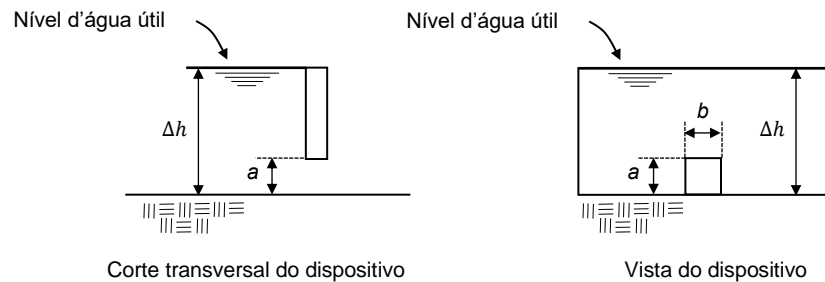


Figura 45: Dispositivo de controle de fundo de seção retangular para controle predial

$$a \cdot b \cdot \Delta h^{1/2} = 59,5 \cdot \text{QRE} \quad (86)$$

Em que, a é a dimensão da altura do orifício, em centímetros, b é a dimensão da largura do orifício, em centímetros, Δh é a altura da lâmina d'água no dispositivo, em metros, e QRE é a vazão máxima de descarga (Item [6.5.4.2](#)), em m^3/min .

Exemplo de Aplicação nº 8:

Para os resultados obtidos pelo [Exemplo de Aplicação nº 6](#), determinar:

- . a altura do orifício do reservatório nº 1, considerando que a disposição do reservatório de detenção na área do empreendimento possibilite a altura máxima da lâmina d'água de 70 cm e que a largura do orifício foi pré-definida em 8 cm; e
- . a altura mínima da lâmina d'água do reservatório nº 2, considerando que no empreendimento não há restrições quanto à altura da lâmina d'água e que, portanto, pré-definiu-se a altura e a largura do orifício em 10 cm e 8 cm, respectivamente.

Reservatório nº 1:

Aplicação da Equação (86):

$$a = 59,5 \times 0,913 / (8 \times 0,71/2)$$

$$a = 8,1 \text{ cm}$$

Comentários sobre a análise do resultado:



Nota-se que a altura do orifício poderá ser no máximo 8,1 cm, caso contrário as vazões que passarão pelo dispositivo serão maiores do que a vazão máxima de descarga (QRE) estipulada pelo Item 6.5.4.2. Por outro lado, se a altura do orifício for menor do que 8,1 cm, passará pelo dispositivo vazões menores, provocando o possível extravasamento do reservatório. O extravasamento de sistemas de detenção é previsto apenas para os casos em que ocorrer falhas na operação do sistema, como, para a presente situação, um possível entupimento do dispositivo. A situação de extravasamento não é desejável, portanto, as dimensões pré-fixadas e calculadas do dispositivo deverão ser obedecidas. Ressalta-se que, dimensões esbeltas e pequenas aumentam a probabilidade de ocorrência de entupimentos. A avaliação dessas dimensões deverá considerar a autolimpeza do dispositivo, dada a pressão disponível exercida sobre o orifício pela altura máxima da lâmina d'água no reservatório; e as condições de pureza da água drenada conduzida ao reservatório. A aceitação dessas dimensões ficará a critério da administração pública, visto que o extravasamento do reservatório apresentará vazões que excedem as capacidades previstas pelos sistemas públicos de drenagem.

Reservatório nº 2:

Aplicação da Equação (86):

$$\Delta h = [59,5 \times 1,188 / (10 \times 8)]^2$$

$$\Delta h = 0,78 \text{ m}$$

Comentários sobre a análise do resultado:

Para a presente situação, o reservatório de detenção deverá possuir a altura útil de lâmina d'água de 0,78 m no dispositivo de controle. Nos casos em que a disposição do reservatório possibilite alturas maiores, deverão ser recalculadas as dimensões do dispositivo de controle, para que não ocorram vazões maiores do que a vazão máxima de descarga (QRE) estipulada pelo Item 6.5.4.2.

6.5.4.4.2. ORIFÍCIO DE SEÇÃO CIRCULAR

Para a aplicação da Equação (87) o projetista deverá pré-definir o diâmetro do orifício (ϕ) ou a dimensão da altura da lâmina d'água no dispositivo (Δh).

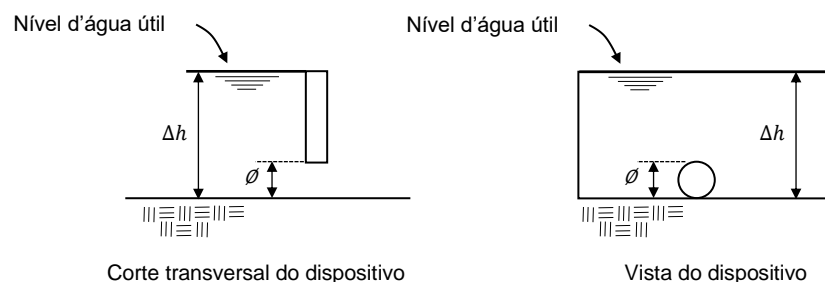


Figura 46: Dispositivo de controle de fundo de seção circular para controle predial



$$\phi^2 \cdot \Delta h^{1/2} = 75,8 \cdot QRE \quad (87)$$

Em que, ϕ é o diâmetro do orifício, em centímetros, Δh é a altura da lâmina d'água no dispositivo, em metros, e QRE é a vazão máxima de descarga (Item 6.5.4.2), em m³/min.

Exemplo de Aplicação nº 9:

Para os resultados obtidos pelo [Exemplo de Aplicação nº 6](#), determinar:

- o diâmetro do orifício do reservatório nº 1, considerando que a disposição do reservatório de detenção na área do empreendimento possibilite a altura máxima da lâmina d'água de 1,15 m; e
- a altura mínima da lâmina d'água do reservatório nº 2, considerando que no empreendimento não há restrições quanto à altura da lâmina d'água e que, portanto, pré-definiu-se o diâmetro do orifício em 10 cm.

Reservatório nº 1:

Aplicação da Equação (87):

$$\phi = (75,8 \times 0,913 / 1,15^{1/2})^{1/2}$$

$$\phi = 8,0 \text{ cm}$$

Comentários sobre a análise do resultado:

Ver comentários no [Exemplo de Aplicação nº 8](#).

Reservatório nº 2:

Aplicação da Equação (87):

$$\Delta h = (75,8 \times 1,188 / 10^2)^2$$

$$\Delta h = 0,81 \text{ m}$$

Comentários sobre a análise do resultado:

Ver comentários no [Exemplo de Aplicação nº 8](#).

6.5.4.5. CONTROLE POR BOMBEAMENTO

Este método proposto deve ser aplicado somente às áreas de lotes, pois em áreas grandes, como glebas e loteamentos, a relação entre o volume e as dimensões do dispositivo, resultante da aplicação da metodologia simplificada, poderá distorcer a eficiência proposta para o dispositivo.

Nos casos em que se fizer necessária a avaliação do comportamento hidráulico de funcionamento da estrutura, deverão ser observados os requisitos estabelecidos no Item [6.2.2.5.2](#).



Na análise de sistemas de controle por bombeamento serão avaliados o volume de detenção, conforme definido no Item [6.5.4.3](#), e as dimensões do dispositivo de controle, conforme definido neste Item. Contudo, é de responsabilidade do projetista atentar-se aos planos de contingência, como por exemplo a previsão de sistemas de extravasão por gravidade, válvulas de bloqueio, caixas de transição, dentre outros.

Para sistemas de controle por bombeamento com mais de uma motobomba, a vazão de descarga (QRE) do reservatório passa a ser a somatória das vazões de trabalho que ocorrem simultaneamente no funcionamento das motobombas instaladas. Além disso, a avaliação da eficiência dependerá do instante em que ocorrerá o acionamento e funcionamento das motobombas.

A vazão de recalque deve ser justificada através da curva-característica da motobomba utilizada como referência. A curva-característica traduz a eficiência da motobomba do fabricante em atendimento a vazão e a altura manométrica total (HMT) requerida pelo projeto.

A altura manométrica total (HMT) corresponde a energia requerida pela motobomba para que o dispositivo consiga elevar o fluido, com a vazão solicitada, ao local pretendido. Para sua determinação poderão ser observadas as orientações dispostas no Item [6.2.2.5.2.3](#).

Tendo em vista a finalidade do dispositivo de controle e a dispensa de um sistema com precisão controlada, considerou-se para essa metodologia simplificada a altura manométrica total (HMT) igual a altura geométrica (HG). A altura geométrica (HG) é obtida pela diferença de nível entre o emboque da tubulação de sucção e o desemboque da tubulação de recalque.

Essa condição de igualdade se satisfaz na situação, em que:

- a tubulação de recalque tiver no mínimo a dimensão de um diâmetro convencional acima do diâmetro de saída da motobomba, conforme especificação do equipamento pelo fabricante; e
- o comprimento da tubulação e a quantidade de conexões da rede de recalque projetada for o menor possível.

A aceitação dessa condição ficará a critério do analista. Nos casos em que se julgar necessária a consideração da influência das perdas de carga, atribuída a altura manométrica total (HMT), deverá ser apresentada a respectiva memória de cálculo, em observação ao disposto no Item [6.2.2.5.2.3](#).

Para satisfazer as simplificações do método proposto, a somatória das vazões simultâneas das motobombas instaladas deverá ter como limite mínimo a vazão de 20% abaixo da vazão máxima de descarga (QRE), estipulada pelo Item [6.5.4.2](#).

Considera-se também que o nível de liga, ou seja, o nível em que a motobomba entrará em funcionamento, não poderá exceder 30% do volume útil do reservatório, sendo que esse nível deve ser definido, preferencialmente, em torno de 20%.



Se os níveis de liga estiverem regulados muito próximos aos níveis de desliga, na ocorrência de chuvas que apresentam baixo volume de escoamento, ressalta-se que a motobomba ligará e desligará em intervalos muito curtos, podendo causar a redução da vida útil do sistema.

Preferencialmente, o nível de desliga da motobomba deverá esgotar o máximo de água armazenada, a fim de evitar a criação de ambientes propícios para o desenvolvimento de endemias; e, conforme supracitado, evitar o acionamento e o desligamento da motobomba em intervalos muito curtos.

Exemplo de Aplicação nº 10:

Para os resultados obtidos pelo [Exemplo de Aplicação nº 6](#) e pelo [Exemplo de Aplicação nº 7](#), determinar:

. para o reservatório nº 1, a especificação de uma única motobomba a ser utilizada para a descarga do reservatório com desnível da tubulação de recalque e sucção de 9,0 metros e o seu nível de liga; e

. para o reservatório nº 2, a especificação de duas motobombas com trabalho simultâneo para a descarga do reservatório com desnível da tubulação de recalque e sucção de 6,0 metros e o seu nível de liga.

Reservatório nº 1:

1º Passo: Determinação dos limites da vazão de recalque

$QRE1 = 0,913 \text{ m}^3/\text{min}$ (Vide [Exemplo de Aplicação nº 6](#)). Como no reservatório nº 1 será prevista 1 (uma) única motobomba, a vazão máxima de recalque será:

$$Q.máx = 0,913 \text{ m}^3/\text{min} \times 60 \text{ min} / 1 = 55 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para satisfazer as premissas do método simplificado, a vazão mínima será:

$$Q.mín = 55 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,80 = 44 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ ou seja, } 20\% \text{ abaixo da } QRE1$$

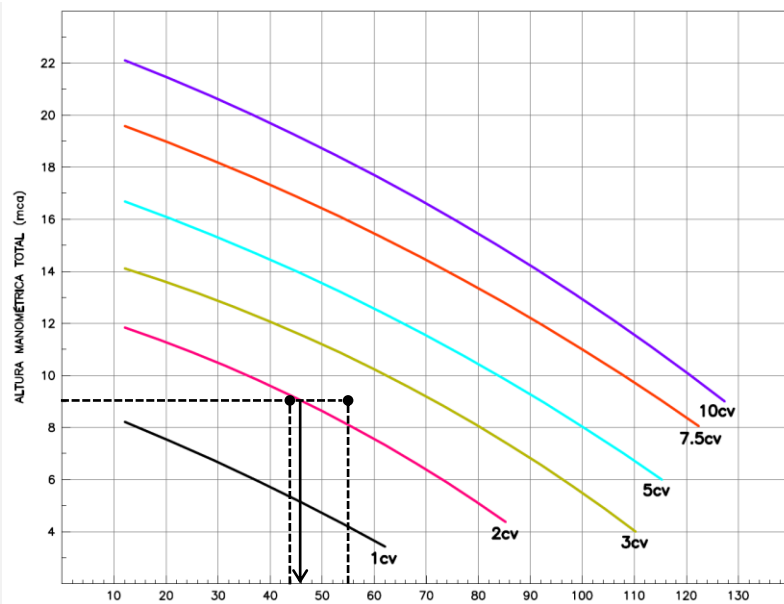
Portanto, os limites da vazão de recalque são compreendidos entre:

$$44 < QREC < 55, \text{ em } \text{m}^3/\text{h}$$

2º Passo: Determinação da altura manométrica total

Avaliada a disposição da rede de recalque, em atendimento as disposições descritas nesse Item, considerou-se a simplificação com a equivalência de $HMT = HG$, portanto, $HMT = 9,0 \text{ mca}$.

3º Passo: Leitura da curva-característica do fabricante



Nota: A combinação entre a potência da motobomba instalada e o seu rendimento apresentará variações na relação da altura manométrica total e da vazão de recalque. Para simplificar a aplicabilidade da metodologia será admitida a análise linear dessa relação, conforme exemplificado na leitura da curva-característica acima.

QREC = 46 m³/h

Potência da bomba = 2 cv

4º Passo: Determinação do diâmetro de recalque

Em consulta ao catálogo técnico da motobomba definida pela curva-característica do fabricante, verificou-se que o diâmetro de saída da motobomba é de 75mm, portanto, conforme definido pela metodologia simplificada, adotou-se o diâmetro de 110mm, pois trata-se de um diâmetro convencional acima do diâmetro de saída da motobomba.

5º Passo: Determinação do nível de liga da motobomba

VDE1 = 12,4 m³ (Vide Exemplo de Aplicação nº 7)

Volume de liga = 20% de 14,2 m³

Volume de liga = 2,5 m³

Portanto, entende-se que a motobomba deverá ser acionada automaticamente quando o nível d'água no interior do reservatório apresentar o volume de 2,5 m³.

Reservatório nº 2:

1º Passo: Determinação dos limites da vazão de recalque



$QRE2 = 1,188 \text{ m}^3/\text{min}$ (Vide Exemplo de Aplicação nº 6). Como no reservatório nº 2 serão previstas 2 (duas) motobombas, a vazão máxima de recalque será:

$$Q.\text{máx} = 1,188 \text{ m}^3/\text{min} \times 60 \text{ min} / 2 = 36 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para satisfazer as premissas do método simplificado, a vazão mínima será:

$$Q.\text{mín} = 36 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,80 = 29 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ ou seja, } 20\% \text{ abaixo da } QRE2$$

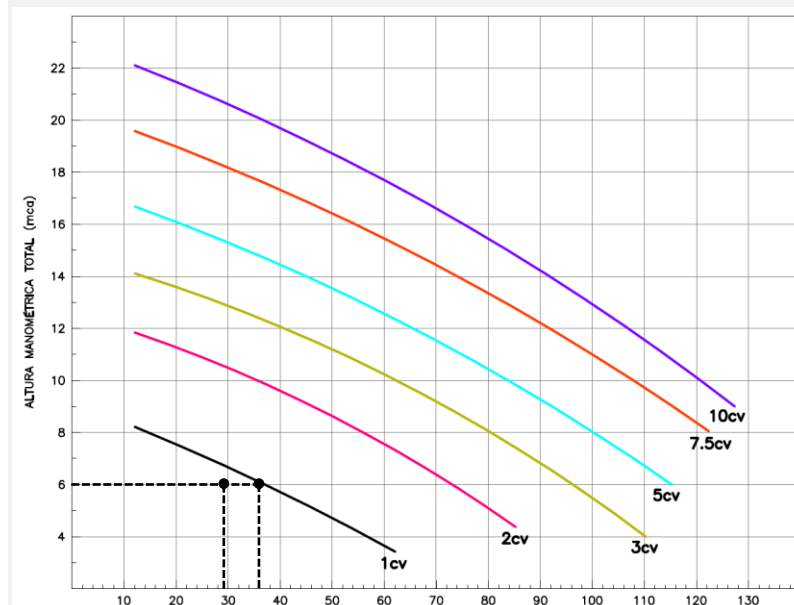
Portanto, os limites da vazão de recalque são compreendidos entre:

$$29 < QREC < 36, \text{ em } \text{m}^3/\text{h}$$

2º Passo: Determinação da altura manométrica total

Avaliada a disposição da rede de recalque, em atendimento as disposições descritas nesse Item, considerou-se simplificação com a equivalência de $HMT = HG$, portanto, $HMT = 6,0 \text{ mca}$.

3º Passo: Leitura da curva-característica do fabricante



Nota: A combinação entre a potência da motobomba instalada e o seu rendimento apresentará variações na relação da altura manométrica total e da vazão de recalque. Para simplificar a aplicabilidade da metodologia será admitida a análise linear dessa relação, conforme exemplificado na leitura da curva-característica acima.

$$QREC = 36 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Potência da bomba} = 1 \text{ cv}$$

4º Passo: Determinação do diâmetro de recalque

Em consulta ao catálogo técnico da motobomba definida pela curva-característica do fabricante, verificou-se que o diâmetro de saída da motobomba é de 60mm, portanto, conforme definido pela



metodologia simplificada, adotou-se o diâmetro de 75mm, pois trata-se de um diâmetro convencional acima do diâmetro de saída da motobomba.

5º Passo: Determinação do nível de liga da motobomba

$VDE2 = 16,2 \text{ m}^3$ (Vide [Exemplo de Aplicação nº 7](#))

Volume de liga = 20% de $16,2 \text{ m}^3$

Volume de liga = $3,2 \text{ m}^3$

Portanto, entende-se que a motobomba deverá ser acionada automaticamente quando o nível d'água no interior do reservatório apresentar o volume de $3,2 \text{ m}^3$.

6.6. EXECUÇÃO DE OBRAS

Embora em loteamentos o sistema de drenagem seja executado pelo empreendedor, a aprovação final e liberação para comercialização do empreendimento é condicionada à doação das estruturas executadas aos sistemas públicos. Dentre esses estão as estruturas de drenagem que passarão a ser administradas pelo Poder Público.

Neste subcapítulo são estabelecidos critérios mínimos para a aceitação das estruturas projetadas e executadas. Os parâmetros para o desenvolvimento dos projetos e disposição dos sistemas clássicos de drenagem estão estabelecidos no Item [6.4.3](#).

6.6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

- a) Nos casos em que se fizer necessário o remanejamento de instalações que interfiram nos serviços a serem executados, previamente, deverão ser consultados os órgãos responsáveis pela gestão das respectivas estruturas.
- b) Em todos os serviços a serem executados, principalmente os inseridos em áreas públicas, deverão ser previstas as devidas proteções e sinalizações. Em locais de passagem de pedestres deverão ser demarcadas e sinalizadas faixas de circulação.
- c) Obras sob ferrovias, rodovias ou incididas dentro dos limites de faixas de domínio de concessionárias, só poderão ser iniciadas após a comunicação e aprovação junto ao órgão competente.

6.6.2. ESCAVAÇÃO DE VALA

- a) Antes de iniciar a escavação, realizar sondagens e pesquisas de interferências.



- b) Preferencialmente, recomenda-se que as valas sejam abertas no sentido de jusante para montante.
- c) O material escavado, quando depositado ao lado da vala, sempre que possível deverá ser situado em apenas um lado da vala, afastado 1 metro, no mínimo, da borda da escavação.
- d) As cavas para a implantação dos poços de visita deverão ter dimensão interna livre de no mínimo à medida externa da câmara de trabalho ou balão acrescida de distância suficiente para a execução do acabamento externo da estrutura, recomenda-se que essa distância seja de 0,60 m.
- e) A largura da vala pode ser dimensionada em função do tipo de escoramento e profundidade, conforme recomendações estabelecidas pela NBR 12.266:92. Deverão ser observadas as distâncias mínimas necessárias para acomodação da tubulação e rejuntamento de suas bolsas. Para tubulações de diâmetro até 400 mm, recomenda-se o acréscimo de 0,50 m para cada lado do conduto. Para diâmetros acima de 400 mm, recomenda-se o acréscimo de 0,60 m para cada lado do conduto.
- f) Para aduelas, a largura da vala deverá ser fixada em função das características de: classificação do solo; profundidade da vala; tipo de escoramento, quando necessário; grau de inclinação das paredes da vala; processo de escavação; e eficiência de compactação do reaterro.
- g) O fundo da vala deverá ser regular e uniforme, obedecendo à declividade prevista no projeto, isento de saliências e reentrâncias. Eventuais reentrâncias devem ser preenchidas com material adequado, convenientemente compactado, de modo a se obter as mesmas condições de suporte do fundo da vala normal.
- h) Se o fundo da vala estiver situado em local com a presença de rocha ou material indeformável, será necessário rebaixar a vala e executar embasamento em camada de espessura mínima de 15 cm.
- i) Quando o fundo da vala for constituído de argila saturada ou lodo, sem condições mecânicas mínimas para o assentamento da galeria, deverá ser executado o reforço da fundação com, por exemplo, aplicação de camada de brita 3, 4 ou cascalho grosso com espessura mínima de 15 cm; embasamento de rachão com espessura máxima de 1 metro; ou camada de concreto convenientemente estaqueado. Para o estaqueamento, recomenda-se estacas de diâmetro mínimo de 20 cm e comprimento mínimo de 2 metros. A tubulação sobre a fundação deverá ser apoiada sobre berço de material adequado.

6.6.3. ASSENTAMENTO DE GALERIA

- a) Deverá ser observado o embasamento mínimo recomendado pelo projeto.



- b) Quando não requerido embasamento em projeto, ao atingir a cota indicada, em terreno de boa qualidade a galeria poderá ser assentada sobre o solo, desde que seja feita a limpeza e regularização do fundo da vala.
- c) Nos casos em que ocorrer presença de água na vala, deverá ser previsto no fundo da vala lastro de material granular.
- d) Nos casos em que a declividade da galeria for menor que 1%, ou quando se desejar maior precisão no assentamento, as cotas deverão ser determinadas por meio de instrumento topográfico.
- e) O assentamento da galeria deverá seguir, preferencialmente, de jusante para montante, sendo que a bolsa do conduto deverá sempre estar voltada para montante.
- f) Os condutos devem estar íntegros, cuidado especial com as respectivas bolsas e pontas.
- g) Quando necessárias, mudanças de direção, de diâmetros ou de declividades, no trecho de caminhamento da rede, deverão ser feitas obrigatoriamente através de poços de visita.
- h) Sempre que o trabalho for interrompido, o último conduto assentado deverá ser tamponado, a fim de se evitar o assoreamento da galeria.
- i) Após o assentamento da tubulação, sempre que possível, deve-se aterrar a vala.

6.6.4. ATERRO E REATERRO DE VALA

- a) O material do aterro deverá ser isento de pedras, corpos estranhos e matéria orgânica. Deverão ser utilizados solos areno-argilosos estáveis, que permitam a compactação de acordo com a necessidade de suporte do solo.
- b) Deverá ser providenciado o controle tecnológico do reaterro, obedecendo as Normas Técnicas. O controle de construção e da qualidade dos materiais utilizados deverá obedecer: inspeção visual, controle de campo e, quando requisitado pela Fiscalização, análise de laboratório.
- c) O aterro deverá ser desenvolvido, preferencialmente, em paralelo com a remoção dos escoramentos.
- d) O reaterro até 30 cm da geratriz superior externa da tubulação deverá ser compactado com equipamentos manuais, com solo de boa qualidade em camadas espaçadas de 15 cm.
- e) O reaterro final até a cota desejada, deverá possuir a resistência requerida para o suporte das cargas previstas, sendo a resistência mínima igual a anterior à abertura da vala.
- f) Para fechamento dos aterros nas regiões das vias de trânsito, os últimos 50 cm deverão ser executados com material nobre de CBR > 10 e expansão < 1,0%.



- g) No reaterro hidráulico não deverá ser utilizado para solos de granulometria muito fina, como no caso de argilas.
- h) Se, por motivos topográficos, houver imposição de um recobrimento menor, a classe do conduto utilizado ou estruturas de reforço deverão ser dimensionadas.
- i) Em vielas sanitárias ou de uso exclusivo para a passagem de galerias de águas pluviais, o recobrimento mínimo, estabelecido no Item 6.4.3.4, poderá ser reduzido.

6.6.5. ESCORAMENTOS

- a) Deve-se adotar escoramento sempre que as paredes laterais da vala, poços e cavas forem constituídas de solo possível de desbarrancamento, bem como nos casos em que a escavação possa alterar a estabilidade do que estiver próximo.
- b) Conforme estabelecido na norma regulamentadora, NR 18, Item 18.6.5, do Ministério do Trabalho, é obrigatório o escoramento de valas para taludes instáveis superiores a 1,25 m de profundidade.
- c) O critério de adoção do tipo de estrutura a ser utilizada deverá levar em consideração: a profundidade da vala, tipo de solo, infiltração de água, intervalo de permanência da vala aberta, peso da terra depositada ao lado da vala, interferências, existência de edificações na proximidade e vibrações e pesos adicionais produzidos por veículos que transitam pelas proximidades.
- d) Para as contenções laterais deverão ser utilizadas madeiras duras ou material similar. Quando utilizadas estroncas de eucalipto, deverão ter diâmetro mínimo de 20 cm.
- e) O escoramento não deverá ser retirado antes do reaterro atingir 0,60 m acima da galeria ou 1,50 m abaixo da superfície natural do terreno, desde que seja avaliada condição favorável. Caso contrário, o escoramento somente deverá ser retirado quando a vala estiver totalmente aterrada.

6.6.6. ESGOTAMENTOS

- a) Para preservar a qualidade da base de assentamento da galeria, deverão ser previstos sistemas de esgotamento de valas, seja feito manualmente, quanto o volume de água for pequeno ou através de motobombas, quando o volume for grande.
- b) Para pequenas vazões aconselha-se a utilização de motobombas do tipo “sapo”; para grandes vazões, recomenda-se motobombas auto-escorvada ou “bomba de água suja”. No emprego de motobombas centrífugas aconselha-se a utilização de rotores abertos.



-
- c) Sempre que houver esgotamento, atentar aos possíveis solapamentos das bases da vala.
 - d) Quando a escavação atingir lençol d'água, deve-se manter o terreno permanentemente drenado.
 - e) Em casos excepcionais, o rebaixamento do lençol deverá ser feito por meio de ponteiros filtrantes, poços profundos ou injetores.

6.6.7. POÇOS DE VISITA

- a) Os poços de visita deverão ter no mínimo: laje de fundo; câmara de trabalho ou balão; laje de transição; câmara de acesso ou chaminé; e laje de fixação do tampão padrão PMSJC.
- b) Quando possível, a câmara de trabalho ou balão deverá ter altura livre de 2 m, sendo a altura mínima de 1,4 m.
- c) A abertura na laje de transição, prevista para a visita, deverá possuir diâmetro mínimo 0,60 m, sempre que possível voltado para a montante, de modo que seu centro fique localizado sobre eixo da galeria principal.
- d) A chaminé deverá ter diâmetro mínimo de 0,60 m. Quando executada em alvenaria, deverá ser de tijolos maciços, rejuntados e revestidos internamente por argamassa de cimento e areia, no traço de 1:3.
- e) Sobre a chaminé deverá ser prevista a instalação da laje padrão PMSJC de fixação do tampão de ferro fundido. O modelo do projeto para a execução da laje deverá ser retirado na Divisão de Infraestrutura.
- f) A laje de fundo deverá ser apoiada em lastro de brita e deverá ser executada em concreto com aditivo impermeabilizante e armadura de ferro de ½". Sobre a laje deverá ser executado enchimentos para o direcionamento adequado da água de forma a diminuir ou evitar a formação de vórtices e turbulências no escoamento.
- g) Para degraus hidráulicos maiores que 1,5 m, deverá ser previsto o revestimento reforçado da laje de fundo da caixa, com o intuito de evitar o seu desgaste.
- h) Os poços de visita em alvenaria devem ser de bloco de cimento de dimensões 19x19x39, cheios e revestidos internamente e externamente com argamassa de cimento e areia, no traço 1:3.
- i) Quando inseridos em área de tráfego de veículos, os tampões deverão ser de ferro fundido classe 600.



6.6.8. BOCAS COLETORAS

- a) As bocas de lobo deverão ter no mínimo: laje fundo; câmaras de trabalho; tampa ou laje; e guia chapéu.
- b) As localizações das bocas coletoras deverão obedecer às disposições indicadas no projeto.
- c) Para evitar exposições de pessoas ao risco de acidentes e para manter a capacidade hidráulica do dispositivo, a abertura da boca coletora somada ao rebaixamento deverá estar entre 10 e 13 cm.
- d) Quando empregada grelhas, deverá ser construída de modo que a abertura não provoque acidentes em bicicletas ou em meios de transporte similares.
- e) As grelhas deverão ser de ferro fundido classe 250.
- f) As paredes deverão ser executadas em alvenaria de tijolo maciço ou em bloco cimento de dimensão 14x19x39, revestidos internamente e externamente com argamassa de cimento e areia, no traço 1:3.
- g) A parte superior da alvenaria deverá ser fechada com uma viga cinta de concreto.
- h) As tampas deverão ser constituídas de lajes pré-moldadas de concreto armado, as quais deverão possuir dois furos junto as suas faces de menor dimensão, de maneira a facilitar o seu manejo. As tampas deverão ser somente apoiadas sobre a viga cinta, sendo vedado o seu engaste.

6.6.9. ESTRUTURAS DE GABIÃO

- a) Em áreas abaixo do nível d'água deverá ser utilizados os gabiões tipo saco cilíndrico. O enchimento deverá ser executado com pedra a granel. Após a instalação dos sacos é aconselhável que estes sejam compactados para a regularização da base.
- b) O lastro utilizado para o assentamento das estruturas de gabião deverão ultrapassar 0,50 m de cada lado da estrutura, no seu sentido horizontal. O lastro deverá ser compactado, até o ponto de estabilização. A pedra a ser utilizada para a execução do lastro deverá ter dimensão uniforme e arestas vivas.
- c) Preferencialmente, os gabiões deverão ser de malha hexagonal de dupla torção, produzidos a partir de arames com revestimentos de liga de zinco/alumínio, com diâmetro de 2,40 mm e recobrimento de PVC cinza, de espessura mínima 0,40 mm.
- d) Nos gabiões tipo caixa, deverão ser colocados gabaritos de sarrafos na face do paramento externo da estrutura, que alinhados e aprumados, deverão condicionar possíveis deformações precoces durante a fase de execução.



- e) A remoção dos gabaritos só poderá ocorrer depois da estabilização da estrutura e seu fechamento.
- f) Os gabiões deverão ser executados com inclinação de 6 graus contra o terreno, com a finalidade distribuir as tensões no solo de base e, por consequência, melhorar a estabilidade da estrutura.
- g) Os gabiões vazios deverão ser assentados com amarrações entre si, pelas quinas, e mantendo as tampas abertas.
- h) Para a amarração dos gabiões deverá utilizar, sempre que possível, um único arame. A costura deverá seguir a ordem dos paralelepípedos da malha da estrutura, com alternância de laços simples e duplos.
- i) Os arames utilizados para a costura e amarração deverão ser do mesmo tipo do gabião. O diâmetro pode ser reduzido para 2,20 mm.
- j) As pedras deverão ser arrumadas manualmente dentro dos gabiões, de modo que fique o menor número possível de vazios.
- k) Na face externa da estrutura, ou seja, face à vista, deverão ser usadas pedras cujo tamanho abranjam 3 malhas inteiras, de forma a evitar o desprendimento da pedra.
- l) O gabião deverá ser preenchido por camadas. A cada camada deverá ser passado os tirantes de fixação. Os tirantes deverão ser feitos a cada 30 cm na longitudinal e transversal. Não poderão ser esticados ao ponto que possam sofrer deformações expressivas que resultem na torção da estrutura. A primeira camada de pedras arrumadas, correspondente 1/3 da altura do gabião.
- m) É proibido o preenchimento das caixas por meio de lançamento de pedras por processo mecânico, como, por exemplo, pá carregadeiras ou retroescavadeiras.

6.7. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Conforme orientações do Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Prefeitura de São Paulo (SÃO PAULO, 2012), a limpeza e a desobstrução de bueiros e bocas de lobo devem ser executadas periodicamente, entre os períodos secos e chuvosos, sendo que, antes do início do período chuvoso, o sistema de drenagem deverá estar completamente desobstruído.

De acordo com São Paulo (2012), para se obter uma evolução eficiente dos procedimentos de operação e manutenção do sistema de drenagem deve ser prevista a implantação de controle operacional centralizado, com dispositivos que permitam o monitoramento e a regulação de funcionamento das estruturas em tempo real.



A eficiência obtida por esse tipo de controle operacional se dá devido ao fornecimento dinâmico e contínuo de dados de monitoramento. Os equipamentos e aparelhos que possibilitam esse controle operacional, são:

- **Sensor:** detecta e mede as variáveis necessárias para a correta regulação do sistema. Ex.: medidor de níveis e vazões;
- **Regulador:** modifica e regula o processo hidráulico, conforme a necessidade. Ex.: bombas e comportas móveis;
- **Unidade de controle:** manobra os reguladores de modo a reduzir os processos e reconduzir as variáveis aos valores desejados, sendo que esses valores podem ser pré-fixados ou alterados dinamicamente de acordo com as condições recebidas pelos transdutores; e
- **Transdutor:** intermedia a relação entre o sensor, a unidade de controle e o regulador.

6.7.1. DIAGRAMA FUNCIONAL

O **Quadro 45** apresenta as funções básicas das atividades de operação, manutenção e fiscalização.

Quadro 45: Diagrama funcional das atividades de operação, manutenção e fiscalização

ATIVIDADE	FUNÇÃO BÁSICA
Gerenciar	Estabelecer políticas de manutenção.
	Elaborar plano estratégico global da manutenção.
	Estabelecer diretrizes, metas, prioridades e níveis de eficiência.
	Sugerir medidas administrativas.
	Avaliar desempenho e propor ajustes que garantam a melhoria do desempenho do sistema.
	Garantir e apresentar resultados estabelecidos no planejamento.
	Fazer cumprir normas e procedimentos do programa de manutenção.
Planejar	Estabelecer metas de trabalho para o período.
	Desenvolver o plano de trabalho para a consecução das metas estabelecidas.
	Analisar e identificar serviços passíveis de planejamento.
	Estudar e estabelecer métodos e processos de planejamento.
	Definir sequências e períodos de intervenção.
	Definir parâmetros de gestão da manutenção.
	Propor métodos, parâmetros e orientação para elaboração da programação.
Avaliar relatórios gerenciais e aprimorar continuamente os processos e métodos de planejamento.	
Programar	Elaborar e priorizar relação de serviços a executar.
	Alocar recursos.
	Programar os serviços de manutenção.
Executar	Cumprir normas, procedimentos e rotinas de manutenção.
	Viabilizar recursos para os serviços.
	Alocar/distribuir recursos necessários para a execução dos serviços.



ATIVIDADE	FUNÇÃO BÁSICA
	Executar os serviços programados.
	Garantir a qualidade de execução.
	Analisar a necessidade de troca ou substituição dos componentes do sistema de drenagem.
	Registrar dados técnicos de execução.
	Detectar/analisar a origem de eventuais falhas ou defeitos.
	Emitir as ordens de manutenção não programadas.
Controle da manutenção	Manter acervo técnico atualizado.
	Analisar dados de manutenção.
	Apresentar relatórios gerenciais de manutenção.
	Divulgar indicadores de desempenho do sistema de drenagem e manejo das águas pluviais.
Inspeccionar	Realizar inspeção, identificando falhas e defeitos.
	Definir necessidades de intervenção.
	Identificar e comunicar falhas de evidências à execução.
	Fornecer subsídios quantitativos para estudos de desempenho e confiabilidade de equipamentos.

6.7.2. PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO

O plano de ação operacional deverá incluir uma série de atividades fundamentais, conciliando o bom funcionamento e efetivação dos serviços de manutenção. O [Quadro 46](#) apresenta essas atividades.

Quadro 46: Atividades fundamentais do plano operacional das estruturas de drenagem

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO
Central de atendimento	Responsável pela comunicação formal entre as ocorrências e as necessidades da população e a equipe de técnica de operação, manutenção e fiscalização do sistema públicos de drenagem.
Cadastramento	Corresponde ao cadastro dos sistemas de drenagem, incluindo as especificações e os detalhes de seus componentes e dispositivos.
Diagnóstico	Consiste na elaboração de relatório contendo a identificação do problema, as possíveis causas, o apontamento das soluções paliativas e definitivas e a análise de justificativa da solução adotada.
Planejamento operacional	Esta atividade exige que seja considerada a distribuição de todos serviços e obras e que seja avaliada a disposição dos recursos disponíveis, de acordo com as variações sazonais no município.
Programação de serviços	Consiste na definição e organização da equipe e atividades necessárias para o manejo correto e seguro das intervenções requisitadas.
Execução de operação	(a) Inspeção Frequente acompanhamento das condições dos equipamentos do sistema, permitindo antecipar a necessidade de futuros reparos, adequações ou substituições.
	(b) Operação Ações contínuas de funcionamento, acompanhamento, leitura de dados, ajustes e ações de conservação do sistema.
Execução de manutenção	(a) Manutenção preventiva Ações que ocorrem antes do aparecimento de falhas.
	(b) Manutenção corretiva Ações realizadas após o aparecimento de falhas.
Controle de manutenção	Realização de análise do desempenho da operação e do histórico dos componentes do sistema de drenagem. A análise deverá conter pareceres e laudos.

O [Quadro 47](#) apresenta a rotina e o período de frequência para a inspeção das estruturas de drenagem, conforme orientação de São Paulo (2012).



Quadro 47: Rotina e frequência para inspeção das estruturas de drenagem

ESTRUTURA	ROTINA	FREQUÊNCIA MÍNIMA
Sarjetas	Inspecionar as superfícies de locais de acesso de veículos.	Estabelecer rotina apropriada conforme necessidade, para o item, minimizando impactos às estruturas.
	Inspecionar revestimento das estruturas para determinar quaisquer danos e deteriorações.	
	Procurar por obstruções.	
Bocas de lobo, bueiros, galerias e canais	Inspecionar os pontos de acesso.	
	Inspecionar revestimento das estruturas para determinar quaisquer danos e deteriorações.	
	Procurar por obstruções causadas por acúmulo de resíduos e sedimentos.	
Reservatórios	Inspecionar revestimento das estruturas para determinar quaisquer danos e deteriorações.	Estabelecer rotina apropriada conforme necessidade, para o item, minimizando impactos às estruturas, tanto nos períodos de estiagem quanto nos períodos de chuva.
	Verificar se ocorre acúmulo de detritos ou decomposição anaeróbia no reservatório.	
	No caso de reservatórios de retenção, verificar se ocorre proliferação de algas.	
	Inspecionar grades de retenção de resíduos para garantir que elas estão livres de detritos e lixo.	Estabelecer rotina apropriada conforme necessidade, para o item, minimizando impactos às estruturas, tanto nos períodos de estiagem quanto nos períodos de chuva.
	Inspecionar estruturas de controle, equipamentos hidromecânicos (válvulas, registros, comportas, stop-logs ou outros existentes).	
	Inspecionar os equipamentos eletromecânicos (bombas, quadros de comando, chaves de acionamento, sensores de monitoramento).	
Equipamentos eletromecânicos	Inspecionar bombas hidráulicas, registros, motores elétricos, quadros de comando e chaves de acionamento, bem como outros elementos existentes na casa de bombas (sensores de monitoramento, iluminação etc.).	Estabelecer rotina apropriada conforme necessidade, para o item, minimizando impactos às estruturas, tanto nos períodos de estiagem quanto nos períodos de chuva.

6.7.3. PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção é o conjunto de atividades destinadas a garantir as condições operacionais para o correto funcionamento do sistema de drenagem, de forma a minimizar o risco de falhas provenientes de alguns componentes.

Os procedimentos e as rotinas de manutenção devem ser continuamente ajustados, para que se mantenham atualizados e consistentes com as necessidades presentes na gestão do Sistema de Manutenção.

Conforme orientação de São Paulo (2012), o [Quadro 48](#) e o [Quadro 49](#) apresentam as rotinas e os períodos de frequência para a manutenção preventiva e para a manutenção corretiva das estruturas de drenagem.

Quadro 48: Rotina e frequência para manutenção preventiva das estruturas de drenagem

ESTRUTURA	ROTINA	FREQUÊNCIA MÍNIMA
Sarjetas	Limpar sedimentos acumulados e resíduos sólidos.	Quando verificada a necessidade durante a inspeção.
Bocas de lobo, bueiros, galerias e canais	Limpar sedimentos acumulados e resíduos sólidos.	Quando verificada a necessidade durante a inspeção.
Reservatórios	Limpar sedimentos, resíduos sólidos e outros detritos acumulados. Remover vegetação.	Nos períodos de estiagem, quando verificada a necessidade durante a



ESTRUTURA	ROTINA	FREQUÊNCIA MÍNIMA
	Desinfecção da área do reservatório.	inspeção. Durante o período chuvoso, após a ocorrência de cada evento, quando verificada a necessidade após inspeção.

Quadro 49: Rotina e frequência para manutenção corretiva das estruturas de drenagem

ESTRUTURA	ROTINA	FREQUÊNCIA MÍNIMA
Sarjetas	Reparar ou substituir elementos danificados ou vandalizados. Refazer revestimento.	Quando verificada a necessidade durante a inspeção
Bocas de lobo, bueiros, galerias e canais	Reparar ou substituir elementos danificados ou vandalizados. Refazer revestimento.	
Reservatórios	Reparar ou substituir elementos danificados ou vandalizados. Refazer revestimento.	
Equipamentos eletromecânicos	Reparar ou substituir elementos danificados ou vandalizados.	

6.7.4. PROCEDIMENTOS DE FISCALIZAÇÃO

Conforme orientação de São Paulo (2012), a fiscalização deverá realizar, dentre outras, as atividades e os procedimentos definidos no [Quadro 50](#).

Quadro 50: Procedimentos para fiscalização dos serviços desenvolvidos

ATIVIDADE	PROCEDIMENTO
Registro dos serviços	Manter arquivo atualizado dos serviços em desenvolvimento, com toda a documentação pertinente, incluindo cronogramas e relatórios.
Análise do plano de execução	Analisar a programação de execução, a ser apresentada no início de trabalhos.
Suporte técnico	Solucionar ou direcionar ao departamento responsável quaisquer dúvidas quanto à sequência ou mudanças de execução dos serviços.
Inspeção de material e equipamento	Solicitar a substituição de materiais e equipamentos que sejam considerados defeituosos, inadequados ou inaplicáveis aos serviços.
Acompanhamento de cronograma	Exercer rigoroso controle sobre o cronograma de execução dos serviços, analisando e aprovando os eventuais ajustes que ocorrerem.
Análise de relatórios	Verificar e aprovar os relatórios de execução dos serviços.
Análise de campo	Verificar e aprovar eventuais acréscimos de serviços necessários para o perfeito funcionamento do sistema

Quando aplicável, sobre encargo da equipe de fiscalização está a exigência por profissional responsável pelos procedimentos de segurança de trabalho.

Além dos cuidados e monitoramentos da saúde dos profissionais envolvidos, deverão ser observados os procedimentos listados abaixo.

- Utilização de equipamentos de segurança EPI e EPC;
- Controle de segurança dos locais de trabalho;
- Coordenação de operação;
- Sinalização e isolamento do perímetro dos locais de trabalho;
- Nos casos em que houver a necessidade de acesso ao interior de galerias, a abertura dos PVs deverá ser feita com antecedência, para que haja a correta ventilação no interior;



-
- Nos casos de ventilação interior insuficiente, prever sistema alternativo para que haja a circulação de ar no local. O uso de oxigênio para ventilação de local confinado deve ser proibido;
 - As escadas de acesso às galerias devem ultrapassar um metro da superfície da rua;
 - Nos trechos percorridos, deverão ser afixadas escadas para uma possível saída de emergência;
 - Recomenda-se que seja verificada a previsão do tempo antes da execução da manutenção, sendo proibido entrar em galerias com tempo nublado e, principalmente, com chuva;
 - É necessário um monitoramento da velocidade da água e suas variações nas bacias da região. Alterações que possam prejudicar os funcionários devem ser imediatamente avisadas;
 - Os funcionários devem percorrer a galeria de montante para jusante, no sentido do fluxo d'água, para evitar os acidentes com as ferragens das armações das estruturas expostas;
 - O Corpo de Bombeiros deverá ser solicitado em caso de resgate;
 - Uma pessoa deve ser alocada para verificar a passagem do pessoal no interior da galeria, a cada abertura de PV. Esta pessoa deverá se comunicar continuamente com o Coordenador;
 - Recomenda-se que não sejam utilizados equipamentos de comunicação no interior das galerias; e
 - Fumar ou utilizar qualquer objeto que possa provocar faísca ou chama é proibido dentro da galeria.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA, S. G. **Estudo experimental de microrreservatórios para controle do escoamento superficial**. 2001. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Estudos Auxiliares para a Gestão do Risco de Inundações. Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Estudos e Modelagem de Cheias, Previsão de Vazões e Estudos Relacionados. R05, Tomo I, Vol. I, 2012. (1069-ANA-RPS-RT-017). Disponível em: <http://gripbsul.ana.gov.br>, acesso em 02 de março de 2020.

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n.3, p. 21-29, Jul./Set. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana: procedimentos. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR 8890: Tubo de concreto de seção circular para água e esgoto sanitário: requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO. **Projeto estrutural de tubos circulares de concreto armado**. 1.ed. São Paulo: IBTS/ABTC, 2003.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de hidráulica**. 8.ed. São Paulo: Edgard Blücher., 1998. 669 p.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Sustainable development and urban stormwater management in the context of tropical developing countries. In: **CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL**, 25., 1996, México. Proceedings... [S.l.]: AIDIS, 1996. p. 523-529.

_____.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH, 2005. 318 p.

BARROS, V. D. S. (2015). **Proposta de metodologia para a determinação de equações simplificadas para dimensionamento de detenção distribuída**. 158f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, São Paulo.

BIDONE, F. R. A.; TUCCI, C. E. M. Microdrenagem. In: TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. (Org.). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, Editora da Universidade UFRGS, 1995. cap.3, p. 77-106.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Portaria nº 149, de 26 de março de 2015**. Lista de Termos para o Thesaurus de Recursos Hídricos.

_____. Ministério de Transportes Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. 2.ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005. 133 p. (Publicação IPR-715).

_____. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 18 **NR 18. Estabelece condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Publicação: Portaria MTb nº 3.214, de 8 de junho de 1978.

_____. **Constituição (1988)**. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

_____. Decreto nº 24.643. **Código de Águas**. Brasília, DF, 1934.

_____. Lei nº 10.257. **Estatuto da Cidade**. Regulamenta os Arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF, 2001.

_____. Lei nº 10.406. Institui o **Novo Código Civil**. Brasília, DF, 2002.

_____. **Lei nº 11.445**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, DF, 2007.

CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto**. 3.ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1988. 572 p.



COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: ABRH, 2013. 366 p.

_____.; SAKAMORI, M. M. Chuvas convectivas e áreas inundáveis na bacia hidrográfica urbana do rio Belém. **Revista Acadêmica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná**, Curitiba, v.1, p. 3-18, 1999.

GENZ F. **Parâmetros para a previsão e controle de cheias urbanas**. 1994. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KUICHLING, E. The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous districts. **Transactions of the American Society of Civil Engineers**, v.20, n.1, p. 1-56, Jan. 1889.

KUNDZEWICZ, Z. W. Flood protection: sustainability issues. **Hydrological Sciences Journal**, v.44, n.4, p. 559-571, Dec. 1999.

LOGANATHAN, V. G.; DELLEUR, J. W.; SEGARRA, R. I. Planning detention storage for stormwater management. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v.111, n.4, p. 382-398, Oct. 1985.

MARIN, M. C. F. C. et al. Planejamento do sistema de drenagem urbana: concepção ideal versus prática do poder público. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 13, 1999, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABRH, 1999.

MARTINEZ, F.; MAGNI, N. L. G. **Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE/CTH-USP, 1999. 125 p.

MIGUEZ, M.G; VEROL, A.P; REZENDE, O.M. **Drenagem Urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed.. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016

PORTO, R. L. L. Escoamento superficial direto. In: TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. (Org.). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, Editora da UFRGS, 1995. cap. 4, p. 107-166, 1995.

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. [Lei Complementar nº 623](#). Estabelece as normas relativas ao parcelamento, uso e ocupação do solo, em consonância com o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de São José dos Campos aprovado e instituído pela [Lei Complementar nº 612](#), de 30 de novembro de 2018. São José dos Campos, SP, 2019.

SÃO PAULO (Cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. São Paulo, SP, 2012. v.1, 170 p

_____. (Cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos: diretrizes para projetos**. São Paulo, SP, 2012. v.3, 128 p.

_____. (Estado). Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. São Paulo: DAEE, 2005, 116 p.

SARTORI, A. Avaliação da classificação hidrológica do solo para a determinação do excesso de chuva do método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos. Dissertação de Mestrado. FEC/UNICAMP, 2004.

TUCCI, C. E. M. Água no Meio Urbano. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2.ed. São Paulo: Escrituras, 2002a. cap. 14.

_____. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, n.1, p. 5-27, Jan./Mar. 2002b.

_____. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007. 389 p.

_____. Inundações urbanas. In: TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de (Org.). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, Editora da UFRGS, 1995. cap. 1, p. 15-36.

_____.; GENZ, F. Controle do impacto da urbanização In: TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de (Org.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, Editora da UFRGS, 1995. cap. 7, p. 277-348.

UEMURA, S. Estudos de precipitações intensas em São José dos Campos. São Paulo: 2004. 46 p.

UNITED STATES. Department of Transportation. **HEC-22: urban drainage design manual**. 3rd ed. Washington, DC, 2009. (FHWA-NHI-10-009).



URBONAS B.; STAHR, P. Stormwater best management practices and detention for water quality, drainage and CSO management. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1993. 450 p.

ZAHED FILHO, K.; MARCELLINI, S. S. Precipitações máximas. In: TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de (Org.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, Editora da UFRGS, 1995. cap. 2, p. 37-76.

WALESH, S. G. **Urban surface water management**. New York: John Wiley & Sons, 1989. 518 p.