

**MANUAL DE REGULAÇÃO DA
PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE
DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS
PLUVIAIS URBANAS**



CERTIFICADO DE REGISTRO DE DIREITO AUTORAL

A Câmara Brasileira do Livro certifica que a obra intelectual descrita abaixo, encontra-se registrada nos termos e normas legais da Lei nº 9.610/1998 dos Direitos Autorais do Brasil. Conforme determinação legal, a obra aqui registrada não pode ser plagiada, utilizada, reproduzida ou divulgada sem a autorização de seu(s) autor(es).

Responsável pela Solicitação:
Vagner Gerhardt Mâncio

Participante(s):
Demétrius Jung Gonzalez (Autor) | Vagner Gerhardt Mâncio (Autor)

Título:
MANUAL DE REGULAÇÃO DA PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

Data do Registro:
18/07/2024 05:30:49

Hash da transação:
0x283484575a8a249d25708dbf3a7d1641a9a83310f2bc33f192fb30fc82fa6ef9

Hash do documento:
0564a323abef2c45682e117f584cf34cf31dbe50151986e5c4bfb19600fd161f

Compartilhe nas redes sociais



[clique para acessar
a versão online](#)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Gonzalez, Demétrius Jung
Manual de regulação da prestação dos serviços
de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas
[livro eletrônico] / Demétrius Jung Gonzalez,
Vagner Gerhardt Mâncio ; colaboração Valéria
Borges Vaz. -- Porto Alegre, RS : Ed. dos
Autores, 2024.
PDF

Bibliografia.
ISBN 978-65-01-08802-0

1. Águas pluviais 2. Bacias hidrográficas
3. Drenagem 4. Manejo florestal 5. Regulação - Brasil
I. Mâncio, Vagner Gerhardt. II. Vaz, Valéria Borges.
III. Título.

24-216355

CDD-628.21

Índices para catálogo sistemático:

1. Águas pluviais : Sistema de escoamento :
Engenharia sanitária 628.21

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

ISBN: 978-65-01-08802-0





Manual da regulação da prestação dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas – DMAPU

Autores

Demétrius Jung Gonzalez

Vagner Gerhardt Mâncio

Colaboração

Valéria Borges Vaz

Capa

Fonte: Hora do Povo. Disponível em:

**<https://horadopovo.com.br/sucateamento-da-drenagem-causou-alagamento-de-porto-alegre-denunciam-engenheiros/>. Acesso em:
28 mai. 2024.**

Coordenação

Demétrius Jung Gonzalez – Diretor Geral

Vagner Gerhardt Mâncio – Diretor de Normatização

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração do ciclo hidrológico resumido	14
Figura 2 – Análise da chuva média anual com a altitude.	16
Figura 3 – Exemplo de mapa de isoietas.	16
Figura 4 – Exemplo de análise de sazonalidade das precipitações.	17
Figura 5 – Exemplo de histograma de frequência das precipitações anuais.	17
Figura 6 – Exemplo de curvas de relação Intensidade-Duração-Frequência.	18
Figura 7 – Balanço hídrico numa bacia urbana	19
Figura 8 – Impactos devido a urbanização	20
Figura 9 – Ilustração da bacia urbana	21
Figura 10 – Exemplo de ocupação da água pluviais	21
Figura 11 – Exemplo de mapeamento de loteamentos impermeabilizados futuros	22
Figura 12 – Mapeamento supervisionado de áreas impermeáveis amostrais.	23
Figura 13 – Classificação das áreas impermeáveis utilizando imagens de satélite.	23
Figura 14 – Mapeamento dos níveis de impermeabilização de uma bacia urbana.....	24
Figura 15 – Curva densidade demográfica versus a área impermeável.	24
Figura 16 – Curvas densidade de domicílios versus a área impermeável.	25
Figura 17 – Curvas densidade de domicílios versus a área impermeável.	25
Figura 18 – Curvas densidade de domicílios versus a área impermeável.	26
Figura 19 – Usos dos espaços públicos.	26
Figura 20 – Exemplo da bacia hidrográfica.....	27
Figura 21 – Exemplo da sub-bacia hidrográfica.....	27
Figura 22 – Exemplo da sub-bacia hidrográfica.....	28
Figura 23 – Governança e gestão no saneamento básico.	32
Figura 24 – Exemplo de DMAPU sustentável.	33
Figura 25 – Integração dos planos para atendimento da DMAPU.	35
Figura 26 – Integração dos planos para atendimento da DMAPU.	36
Figura 27 – Ilustração das cidades inteligentes.	37
Figura 28 – Ilustração do fluxograma dos processos de ouvidoria.....	39
Figura 29 – Triângulo da Regulação.	40
Figura 30 – Ciclo da regulação	41
Figura 31 – Concepção estratégica da gestão integrada das águas urbanas	42
Figura 32 – Relações dos sistemas das águas urbanas	42
Figura 33 – Planejamento de sistemas de drenagem urbana	45
Figura 34 – Planejamento de sistemas de drenagem urbana.	46
Figura 35 – Fluxograma para adoção do Plano diretor	46
Figura 36 – Etapas para o desenvolvimento do PMSB.	47
Figura 37 – Processo de gestão de serviços de DMAPU.....	50
Figura 38 – Seção transversal de uma sarjeta.	56
Figura 39 – Ilustração da posição da guia.	57
Figura 40 – Ilustração das bocas de lobo.	58
Figura 41 – Ilustração das bocas de lobo.	59
Figura 42 – Ilustração dos trechos de galerias.	60
Figura 43 – Ilustração das redes coletoras.	61
Figura 44 – Ilustração da localização das caixas de ligação.	62
Figura 43 – Ilustração do poço de visita no sistema.	62
Figura 46 – Ilustração da estação elevatória da microdrenagem.	63
Figura 47 – Exemplo de dissipador de energia.....	63
Figura 48 – Grandes galerias.....	64
Figura 49 – Canais artificiais.....	65

Figura 50 – Exemplo de canal natural.	66
Figura 51 – Ilustração dos reservatórios em linha e fora de linha.	67
Figura 52 – Ilustração de uma bacia de acumulação com dissipador de energia.	67
Figura 53 – Infraestrutura verde de Fortaleza.	68
Figura 54 – Green Street em Portland no Oregon (EUA).	69
Figura 55 – Praça das Corujas em Vila Madalena em São Paulo.	70
Figura 56 – Liberty Center Parking Garage em Portland no Oregon (EUA).	70
Figura 57 – Meadowbrook Pond em Seattle no Washington (EUA).	71
Figura 58 – Matriz orgânica das técnicas LID e da MPM.	71
Figura 59 – Consequências das chuvas no litoral gaúcho.	74
Figura 60 – Consequências das chuvas no litoral gaúcho.	74
Figura 61 – Planejamento e dimensionamento dos sistemas de transporte.	76
Figura 62 – Manutenção preventiva nas redes pluviais.	77
Figura 63 – Transporte das águas das chuvas para o piscinão.	77
Figura 64 – Monitoramento das chuvas.	78
Figura 65 – Conscientização do saneamento para a população.	78
Figura 66 – Limpeza do canal de drenagem.	80
Figura 67 – Estação de Tratamento de Águas Pluviais.	81
Figura 68 – Técnica de recarga de aquífero.	81
Figura 69 – Ilustração dos usuários formados por residências.	83
Figura 70 – Ilustração dos usuários formados por comércios.	84
Figura 71 – Ilustração dos usuários formados pelo setor público.	84
Figura 72 – Ilustração dos usuários formados pelo setor público.	85
Figura 73 – Ilustração dos usuários formados pelo setor público.	85
Figura 74 – Ilustração dos usuários formados pelo setor público.	86
Figura 75 – Alternativas de soluções de esgotamento sanitário e tipos de sistemas.	95
Figura 76 – Ilustração do sistema de separador de esgotos.	96
Figura 77 – Ilustração do sistema de misto.	97
Figura 78 – Componentes do sistema de combinado.	98
Figura 79 – Fluxograma ideal para implementação dos serviços de DMAPU.	122
Figura 80 – Atuação do regulador.	125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Orientações do diagnóstico do DMAPU para o PMSB.	48
Quadro 2 – Agrupamento de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos	109
Quadro 3 – Agrupamento dos Indicadores de Monitoramento.	109
Quadro 4 – Agrupamento dos Indicadores da rede existente.	109
Quadro 5 – Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos.....	110
Quadro 6 – Indicadores de sustentabilidade da drenagem urbana	110
Quadro 7 – Agrupamento de qualidade da água	110
Quadro 8 – Indicadores de alagamento e inundações ribeirinhas.....	111
Quadro 9 – Indicadores relacionados ao prestador de serviço de DMAPU.	111
Quadro 10 – Proposta de fonte de informações para cálculo dos indicadores	112
Quadro 11 – Checklist da gestão e planejamento	117
Quadro 12 – Checklist da microdrenagem.....	118
Quadro 13 – Checklist da microdrenagem.....	119
Quadro 14 – Checklist do manejo das águas pluviais.	120

SUMÁRIO

TITULO I – INTRODUÇÃO E CONCEITOS BÁSICOS	10
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	11
TÍTULO II – CICLO HIDROLÓGICO E BACIAS	13
2. CICLO HIDROLÓGICO.....	14
2.1. PRECIPITAÇÃO.....	15
2.2. ESCOAMENTO SUPERFICIAL	18
3. BACIAS URBANAS.....	20
4. BACIAS HIDROGRÁFICAS	27
4.1. PRINCIPAIS LEGISLAÇÕES NACIONAIS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	29
4.2. PRINCIPAIS LEGISLAÇÕES ESTADUAIS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	29
4.3. ESPECIFICAÇÕES DA LEI FEDERAL Nº 11.445/2007.....	30
TITULO III – PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO	31
5. PLANEJAMENTO DA PRESTAÇÃO DO SERVIÇOS DE DMAPU.....	32
5.1. DEMANDAS DA SOCIEDADE.....	33
5.2. RESPONSABILIDADES DO TITULAR	34
5.3. RESPONSABILIDADES DO PRESTADOR DE SERVIÇO	36
5.4. GESTÃO TÁTICA E OPERACIONAL DO PRESTADOR DE SERVIÇO.....	37
5.5. INSTÂNCIAS INTERNAS E EXTERNAS DE APOIO À GOVERNANÇA.....	38
5.6. RESPONSABILIDADES DA AGÊNCIA REGULADORA	40
6. GOVERNANÇA DA DMAPU.....	41
6.1. PLANO DIRETOR	42
6.1.1. FORMULAÇÃO DO PLANO DIRETOR.....	45
6.2. PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO.....	47
6.2.1. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE DMAPU	47
6.3. PLANO DE BACIA HIDROGRÁFICA	49
7. GESTÃO DA DRENAGEM	50
7.1. PROCESSO DE GESTÃO DA MICRODRENAGEM	51
7.2. PRINCIPAIS ASPECTOS DA GESTÃO DA MACRODRENAGEM.....	52
7.3. GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA.....	53
TITULO IV – SISTEMAS DE DMAPU.....	54
8. SISTEMAS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS – DMAPU.....	55
8.1. MICRODRENAGEM.....	55
8.1.1. SARJETA.....	55
8.1.2. GUIA:	56
8.1.3. BOCA DE LOBO.....	57
8.1.4. GALERIA	59
8.1.5. TRECHO DE GALERIA	60
8.1.6. CONDUTO DE LIGAÇÃO.....	60
8.1.7. CAIXA DE LIGAÇÃO	61
8.1.8. POÇO DE VISITA.....	62
8.1.9. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	62
8.1.10. ELEMENTOS DE DISSIPACÃO DE ENERGIA.....	63
8.2. MACRODRENAGEM	64
8.2.1. GALERIAS DE GRANDES DIMENSÕES	64
8.2.2. CANAIS ARTIFICIAIS.....	65

8.2.3. CANAIS NATURAIS	66
8.2.4. RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO	66
8.2.5. ESTRUTURAS AUXILIARES DE CONTROLE	67
9. DRENAGEM SUSTENTÁVEL	68
TITULO V – SERVIÇOS DE DMAPU	72
10. PRESTAÇÃO DO SERVIÇO DE DMAPU	73
10.1.1. DRENAGEM URBANA	73
10.1.2. TRANSPORTE DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS	75
10.1.3. DETENÇÃO OU RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS PARA AMORTECIMENTO DE VAZÕES E CHEIAS	79
10.1.4. TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS	80
10.2. FORMAS DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE DMAPU DEFINIDAS PELO TITULAR	82
10.2.1. GESTÃO DIRETA	82
10.2.2. CONCESSÃO OU TERCEIRIZAÇÃO	82
10.2.3. CONSÓRCIO	82
10.2.4. PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS – PPP	82
10.3. USUÁRIOS DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DA DMAPU	83
10.3.1. RESIDÊNCIAS URBANAS	83
10.3.2. COMÉRCIOS E ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS	84
10.3.3. INFRAESTRUTURA PÚBLICA	84
10.3.4. INSTITUIÇÕES DE ENSINO E SAÚDE	85
10.3.5. SETOR RURAL	85
10.3.6. SETOR INDUSTRIAL	86
10.4. OPEX E CAPEX PARA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO DE DMAPU	86
10.4.1. CUSTOS OPERACIONAIS (OPEX)	87
10.4.2. CUSTOS DE CAPITAL (CAPEX)	87
10.5. RELAÇÃO COMERCIAL ENTRE O USUÁRIO E O PRESTADOR DE SERVIÇO	88
10.5.1. CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO	88
10.5.2. TAXAS E TARIFAS	88
10.5.3. PREÇOS PÚBLICOS E MULTAS	88
10.5.4. TRANSPARÊNCIA E COMUNICAÇÃO	89
10.5.5. OUVIDORIA	89
10.6. REGULAMENTO DOS SERVIÇOS DE DMAPU	90
10.6.1. SISTEMA DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS	90
10.6.2. REDE DE DMAPU	90
10.6.3. PARCELAMENTO DO SOLO	90
10.6.4. DRENAGENS PARTICULARES	90
10.6.5. IMÓVEIS	91
10.6.6. RAMAIS	91
10.6.7. ÁREAS IMPERMEÁVEIS PARTICULARES	91
10.6.8. SOLEIRA NEGATIVA	91
10.6.9. CONTENÇÕES DE DRENAGENS PARTICULARES	92
10.6.10. CONDIÇÕES DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO	92
10.6.11. CLASSIFICAÇÃO DAS ECONOMIAS	92
10.6.12. CADASTRO	92
10.6.13. LIGAÇÕES	92
10.6.14. LIGAÇÕES DEFINITIVAS	92
10.6.15. LIGAÇÕES DE USO TEMPORÁRIO	93
10.6.16. RELAÇÕES CONTRATUAIS	93
10.6.17. APURAÇÃO DO FATURAMENTO	93

10.6.18.	APURAÇÃO DE IRREGULARIDADES	93
10.6.19.	PARCELAMENTO DE DÍVIDAS	93
10.6.20.	DEVERES, OBRIGAÇÕES, DIREITOS E PENALIDADES	93
11.	SISTEMAS MISTOS	94
11.1.	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	94
11.2.	SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO	95
11.3.	SISTEMA MISTO OU PARCIAL	96
11.4.	SISTEMA UNITÁRIO OU COMBINADO	98
TITULO VI – SUSTENTABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA DMAPU		99
12.	SUSTENTABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA	100
12.1.	EXPERIÊNCIAS NA COBRANÇA DE DMAPU	101
12.2.	CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELA LEI FEDERAL Nº 11.445	104
12.3.	LEGALIDADE TARIFA DA DMAPU	105
TITULO VII – INDICADORES, PLANOS DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA E FISCALIZAÇÃO		107
13.	INDICADORES E METAS	108
14.	PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA	113
14.1.	OBJETIVO DA RESOLUÇÃO	114
14.2.	ESTRUTURA DOS PLANOS DE CONTINGÊNCIA	114
14.3.	PROCEDIMENTO ADICIONAIS	115
15.	FISCALIZAÇÃO	116
15.1.	CHECKLIST DA GESTÃO E PLANEJAMENTO DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	116
15.2.	CHECKLIST DA MICRODRENAGEM	118
15.3.	CHECKLIST DA MACRODRENAGEM	119
15.4.	CHECKLIST DO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	120
TITULO VIII – FLUXO REGULATÓRIO, LIMITAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS		121
16.	FLUXO REGULATÓRIO SUGERIDO PARA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DO DMAPU.....	122
17.	DAS LIMITAÇÕES DA REGULAÇÃO DE DRENAGEM	124
18.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
19.	REFERÊNCIAS	127

TITULO I – INTRODUÇÃO E CONCEITOS BÁSICOS



1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A prestação do serviço da drenagem e manejo das águas pluviais urbanas – DMAPU está entre os desafios, que garantiram a sustentabilidade¹ nos municípios. Logo, o manual de regulação da prestação dos serviços de DMAPU desempenha um papel fundamental ao fornecer orientações técnicas e boas práticas para reguladores, profissionais, gestores municipais, planejadores urbanos e comunidades locais. Desta forma, a AGESAN-RS, reguladora dos serviços de DMAPU, desenvolveu um manual de boas práticas para orientar os titulares e os prestadores de serviço para melhor atender aos usuários do sistema.

O objetivo principal deste manual é oferecer diretrizes claras e práticas para a regulação, o planejamento, projeto, a implementação e a manutenção de sistemas de drenagem urbana e manejo de águas pluviais, promovendo abordagens sustentáveis e integradas, especialmente focadas em governança e gestão, que ajudem a minimizar inundações, erosão do solo, poluição hídrica e outros problemas associados às águas pluviais em áreas urbanas, apresentando uma melhor interface com os usuários do sistema.

O manual foi estruturado de forma a abordar os seguintes aspectos:

- Introdução à Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas: Uma visão geral dos desafios enfrentados pelos municípios em relação à DMAPU, incluindo os impactos das mudanças climáticas e do crescimento urbano desordenado;
- Princípios Fundamentais da DMAPU: Exploração dos princípios básicos de hidrologia urbana, incluindo as diferentes fontes de água pluvial, as etapas do ciclo hidrológico urbano e os conceitos de controle de enchentes e controle de qualidade da água;
- Planejamento Integrado e Gerenciamento de Bacias Hidrográficas: Discussão sobre a importância do planejamento integrado das bacias hidrográficas urbanas, envolvendo a coordenação entre diferentes atores e a consideração dos aspectos sociais, econômicos e ambientais;
- Técnicas de Controle de Águas Pluviais: Apresentação de uma variedade de técnicas de controle de DMAPU, incluindo infraestrutura verde, pavimentos permeáveis, telhados verdes, bacias de retenção, valas de infiltração e outros dispositivos de gestão de águas pluviais;
- Legislação e Regulamentação: Exploração das leis, regulamentos e normas técnicas relacionadas à DMAPU, destacando a importância da conformidade regulatória para garantir a eficácia e a sustentabilidade das práticas de drenagem;

¹ **Sustentabilidade: um conceito relacionado ao desenvolvimento sustentável, ou seja, formado por um conjunto de ideias, estratégias e demais atitudes ecologicamente corretas, economicamente viáveis, socialmente justas e culturalmente diversas.**

- Público-Alvo: Este manual destina-se a profissionais e gestores envolvidos na regulação do saneamento, no planejamento urbano, engenharia civil, arquitetura, economia, paisagismo, ambientalismo, além de representantes da sociedade civil interessados na promoção de práticas sustentáveis de manejo de águas pluviais urbanas.

Este manual é uma ferramenta informativa, educacional e regulatória sobre drenagem urbana e controle de inundações e alagamentos, fornecendo orientações úteis, mas não substitui a consulta a especialistas ou a avaliação técnica específica de cada contexto urbano. As práticas recomendadas devem considerar as condições locais, os recursos disponíveis e as necessidades da comunidade. Essas considerações iniciais são fundamentais para o desenvolvimento de um manual completo que contribua para a melhoria da gestão da drenagem urbana e para a construção de cidades mais resilientes e sustentáveis. O manual aborda os principais tópicos relacionados ao sistema de drenagem urbana, visando sintetizar a relação entre usuários, prestadores de serviço e titulares, com a Agência Reguladora atuando de forma equidistante entre essas partes.

Portanto, o objetivo principal deste manual é fornecer uma estrutura abrangente e detalhada para a organização e gestão dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (DMAPU), estabelecendo a todas as partes envolvidas (titulares, prestadores de serviços, usuários e agências reguladoras) a compreensão clara suas responsabilidades e deveres. A gestão eficiente e sustentável dos sistemas de drenagem é crucial para prevenir inundações, proteger o meio ambiente e garantir a segurança e bem-estar das comunidades urbanas.

O titular, geralmente representado pelo município desempenha um papel vital na governança e na supervisão dos serviços de DMAPU. Os prestadores de serviço de DMAPU, que podem ser entidades públicas ou privadas, têm a responsabilidade de operar e manter os sistemas de drenagem de acordo com os padrões estabelecidos pelo titular. Os usuários dos serviços de DMAPU, que incluem residências, estabelecimentos comerciais, infraestruturas públicas e outras entidades, também têm e possuem suas contribuições na gestão da drenagem urbana. A agência reguladora exerce um papel de supervisão e fiscalização, assegurando que todas as atividades relacionadas aos serviços de DMAPU sejam conduzidas de acordo com as leis e regulamentações vigentes.

Este manual visa estabelecer uma base sólida para a gestão integrada e eficiente dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Ao delinear claramente os deveres e responsabilidades de cada parte envolvida, busca-se promover a sustentabilidade, a segurança e a qualidade de vida nas áreas urbanas, assegurando que os sistemas de drenagem sejam capazes de atender às necessidades atuais e futuras das comunidades.

TÍTULO II – CICLO HIDROLÓGICO E BACIAS



2. CICLO HIDROLÓGICO

A prestação eficiente do serviço de DMAPU traz qualidade de vida e segurança dos habitantes dos municípios. No entanto, para alcançar esse objetivo, é fundamental compreender o ciclo hidrológico, um processo complexo que influencia diretamente a dinâmica das águas na paisagem urbana. O ciclo hidrológico abrange uma série de fenômenos naturais, como precipitação, evaporação, infiltração, escoamento superficial e subterrâneo, os quais interagem de maneira intrincada com as intervenções humanas no ambiente urbano.

O ciclo hidrológico, também conhecido como ciclo da água, é um conceito fundamental da hidrologia que descreve o movimento contínuo e cíclico da água na Terra, desde a atmosfera até a superfície terrestre e de volta à atmosfera. Esse ciclo envolve uma série de processos físicos e químicos que ocorrem naturalmente e que garantem o equilíbrio hídrico do planeta. Os principais componentes do ciclo hidrológico são: evaporação, transpiração, condensação, precipitação, escoamento superficial, infiltração e armazenamento.

A obra de Collischonn & Dornelles (2021) descreve que a energia do sol resulta no aquecimento do ar, do solo e da água superficial, sendo responsável pela evaporação da água líquida e pela evapotranspiração da água do solo, através das plantas. O vapor de água é transportado pelo ar e pode condensar, formando nuvens. Em circunstâncias específicas, o vapor do ar condensado nas nuvens pode voltar à superfície da Terra na forma de precipitação. A evaporação dos oceanos é a maior fonte de vapor para a atmosfera e para a posterior precipitação, mas a evaporação de água dos solos, rios e lagos e a transpiração de vegetação contribuem como fontes de vapor de água para a atmosfera. A precipitação que atinge a superfície pode infiltrar no solo ou escoar sobre o solo até atingir um curso d'água. A água que infiltra umedece o solo, alimenta os aquíferos e cria o fluxo de água subterrânea. A Figura 1 apresenta a ilustração do ciclo hidrológico de forma resumida.

Figura 1 – Ilustração do ciclo hidrológico resumido



FONTE: COLLISCHONN & DORNELLES (2021)

O ciclo hidrológico possui diversos componentes que acabam influenciando direta ou indiretamente os serviços de DMAPU, podendo elencar a precipitação e o escoamento superficial como os principais componentes que mais impactam os sistemas de DMAPU, na qual a AGESAN-RS adotou-se os critérios de importância para o contexto deste manual, as responsabilidades do Titular, do Prestador de Serviço, do Usuário e da Agência Reguladora para definição de exploração destas componentes.

A quantidade e intensidade da precipitação influenciam diretamente o volume e a velocidade do escoamento superficial nas áreas urbanas, sendo as chuvas intensas podem sobrecarregar os sistemas de drenagem urbana, levando a inundações e danos. O escoamento superficial nas áreas urbanas, a impermeabilização do solo por estruturas como edifícios, estradas e estacionamentos aumenta significativamente o escoamento superficial, podendo levar a inundações, erosão do solo e transporte de poluentes para os corpos d'água.

Portanto, o manual aprofundou-se na análise destes 2 principais componentes, pelo critério da AGESAN-RS, com objetivo de explorar as melhores práticas para os serviços de DMPAU.

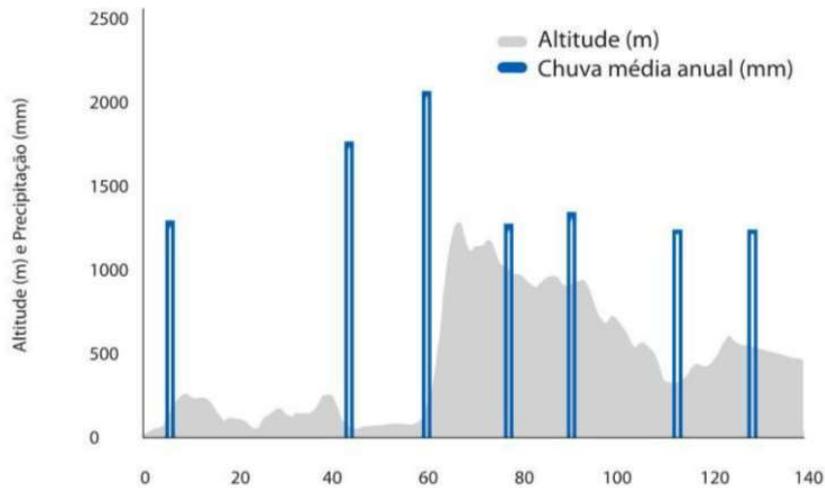
2.1. PRECIPITAÇÃO

A obra de Collischonn & Dornelles (2021) apresenta que a água da atmosfera que atinge a superfície na forma de chuva, granizo, neve, neblina é denominada precipitação, sendo a chuva a forma mais importante de precipitação ocorrida no Brasil. Logo, os autores apresentam que a precipitação é a principal forma de entrada de água em uma bacia hidrográfica.

Collischonn & Dornelles (2021) apresentam a medição da chuva com pluviômetros de forma padronizada, destacando os pluviômetros da rede de observação mantida pela Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) no Brasil, a medição da chuva é realizada uma vez por dia, sempre às 7 horas. A ANA tem uma rede de 2.473 estações pluviométricas distribuídas em todo o Brasil. Além da ANA existem outras instituições e empresas que mantêm pluviômetros, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Collischonn & Dornelles (2021) mostram a importância de análise de dados das chuvas, destacando as variáveis que caracterizam a chuva, que são: a sua altura, a intensidade, a duração e a frequência de excedência. Também, apresentam que a variável utilizada na hidrologia para avaliar eventos extremos como chuvas muito intensas é o Tempo de Retorno (TR), expresso em anos. A Figura 2 apresenta um exemplo de análise da chuva comparando a quantidade de chuva média com a altitude.

Figura 2 – Análise da chuva média anual com a altitude.

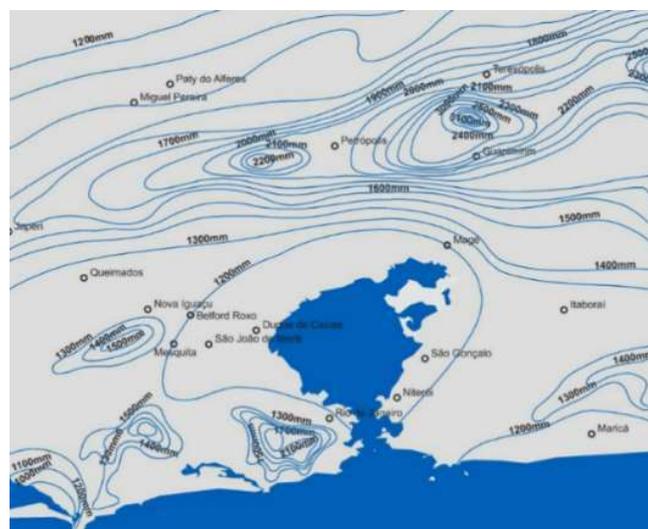


FONTE: COLLISCHONN & DORNELLES (2021)

O tempo de retorno é uma estimativa do tempo em que um evento é igualado ou superado, em média, sendo definido como o inverso da probabilidade de excedência de um determinado evento em um qualquer ano (COLLISCHONN & DORNELLES, 2021).

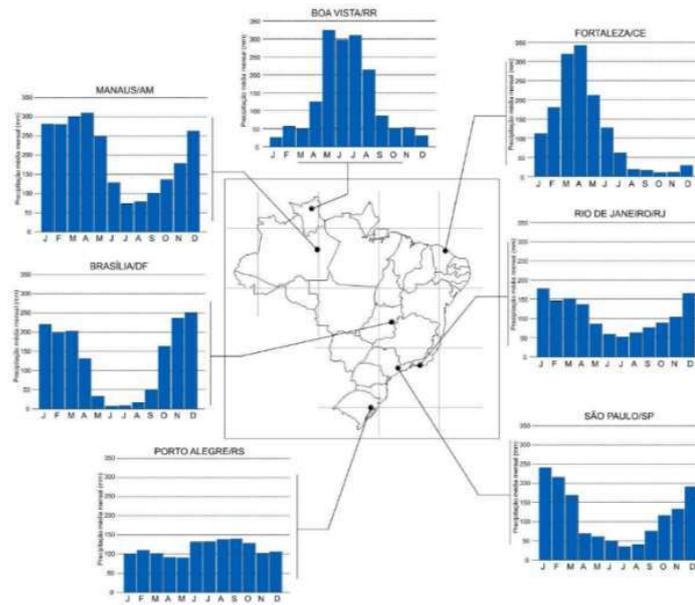
Collischonn & Dornelles (2021) apresentam a variabilidade espacial e sazonal da chuva. A variabilidade espacial da chuva é apresentada para uma sequência inteira de dados são por linhas de mesma precipitação (isoietas) desenhadas sobre um mapa. Também, a variabilidade sazonal da chuva é representada por gráficos da chuva média mensal, mostrando os valores típicos de chuva em cada mês do ano. A Figura 3 apresenta um exemplo de mapa de isoietas de chuva média anual. A Figura 4 apresenta um exemplo de análise por sazonalidade das precipitações.

Figura 3 – Exemplo de mapa de isoietas.



FONTE: COLLISCHONN & DORNELLES (2021)

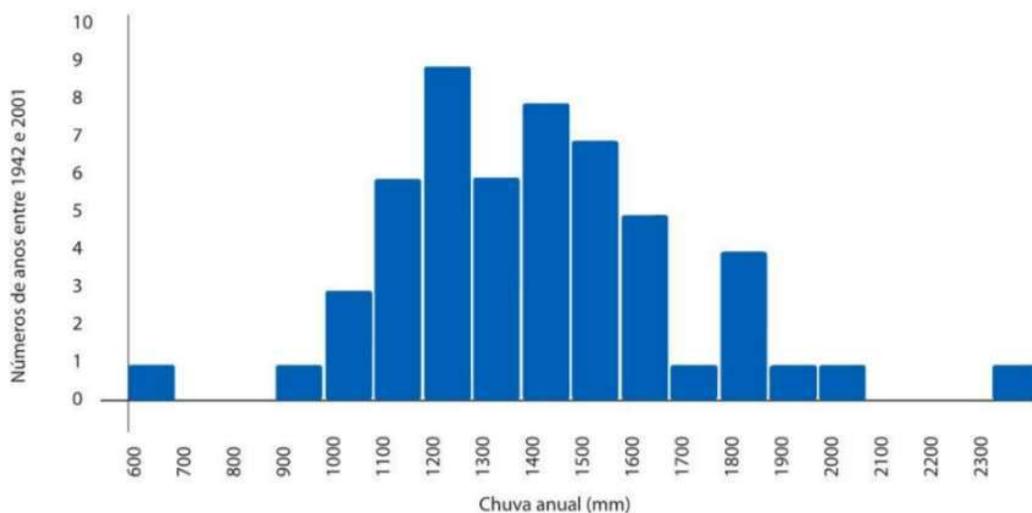
Figura 4 – Exemplo de análise de sazonalidade das precipitações.



FONTE: COLLISCHONN & DORNELLES (2021)

Collischonn & Dornelles (2021) apresentam a chuva média anual é uma das variáveis mais importantes na definição do clima de uma região, bem como sua variabilidade sazonal. Conhecendo o desvio padrão das chuvas e considerando que a distribuição é Normal, podemos estimar que 68% dos anos apresentam chuvas entre a média menos um desvio padrão e a média mais o desvio padrão. Da mesma forma, pode-se considerar que 95% dos anos apresentam chuvas entre a médias menos duas vezes o desvio padrão e a média mais duas vezes o desvio padrão. A Figura 5 apresenta-se um histograma de frequência das precipitações.

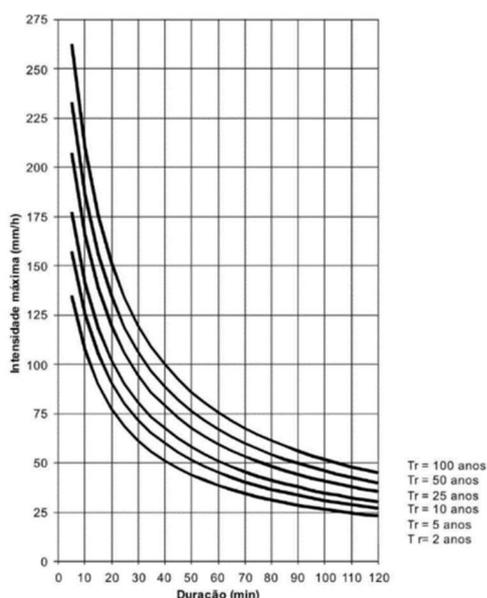
Figura 5 – Exemplo de histograma de frequência das precipitações anuais.



FONTE: COLLISCHONN & DORNELLES (2021)

Collischonn & Dornelles (2021) destacam as chuvas intensas são causas das cheias, e as cheias geram grandes prejuízos quando os rios transbordam e inundam casas, ruas, estradas, escolas, podendo destruir plantações, edifícios, pontes, etc. e interrompendo o tráfego. As cheias podem trazer sérios prejuízos à saúde pública ao disseminar doenças de veiculação hídrica. Por esses motivos, é importante ter o conhecimento detalhado da intensidade de chuvas no projeto e na análise de estruturas hidráulicas como bueiros, pontes, canais e vertedores. O problema da análise de frequência de chuvas máximas é calcular a precipitação P que atinge uma área A em uma duração D com uma dada probabilidade de ocorrência em um ano qualquer. A forma de relacionar quase todas essas variáveis é a curva de Intensidade – Duração – Frequência (curva IDF). A Figura 6 apresenta uma análise de intensidade da chuva.

Figura 6 – Exemplo de curvas de relação Intensidade-Duração-Frequência.

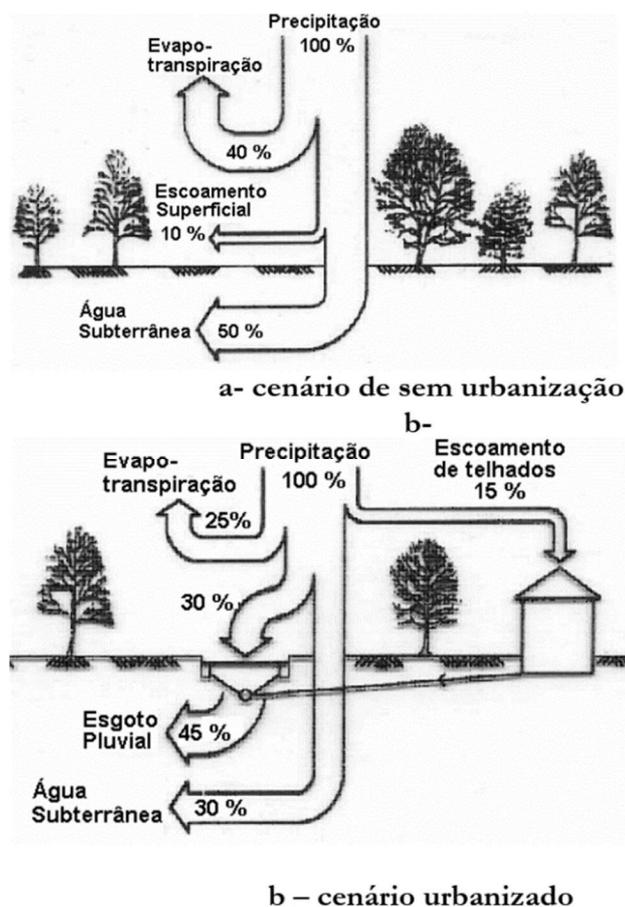


FONTE: COLLISCHONN & DORNELLES (2021)

2.2. ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A obra de Tucci (2005) apresenta que a impermeabilização do solo por meio de telhados, ruas, calçadas e pátios, impede a infiltração da água no solo, que passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, pelos efeitos da urbanização, passa a escoar através de superfícies impermeáveis, condutos e canais, exigindo maior capacidade de escoamento e aumento das seções e declividade do conduto ou canal. A Figura 7 apresenta o efeito da urbanização sobre as variáveis do ciclo hidrológico.

Figura 7 – Balanço hídrico numa bacia urbana

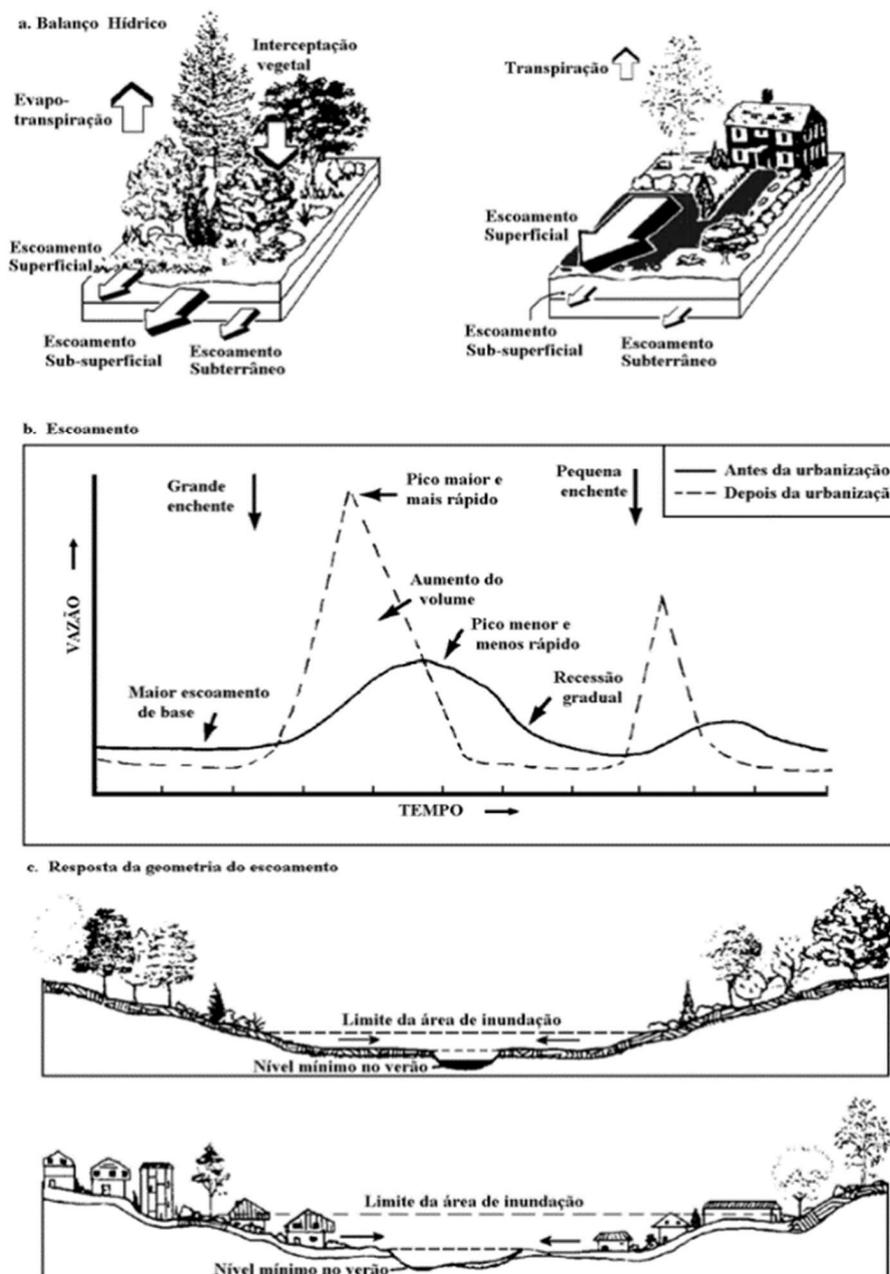


FONTE: TUCCI (2005).

O hidrograma típico de uma bacia natural e aquele resultante da urbanização são apresentados na Figura 8, na qual, segundo Tucci (2005), com a urbanização são introduzidas as seguintes alterações no ciclo hidrológico:

- Redução da infiltração no solo;
- O volume que deixa de infiltrar fica na superfície, aumentando o escoamento superficial, com os condutos pluviais, aumenta a velocidade do escoamento superficial, reduzindo o tempo de deslocamento, as vazões máximas também aumentam, antecipando seus picos no tempo e a vazão máxima média de inundação pode aumentar de seis a sete vezes;
- Com a redução da infiltração, o aquífero tende a diminuir o nível do lençol freático por falta de alimentação (principalmente quando a área urbana é muito extensa), reduzindo o escoamento subterrâneo;
- Por conta da substituição da cobertura natural por áreas impermeáveis, ocorre uma redução da evapotranspiração, já que a superfície urbana não retém água, como a cobertura vegetal, e não permite a evapotranspiração, como ocorre pelas folhagens e do solo.

Figura 8 – Impactos devido a urbanização

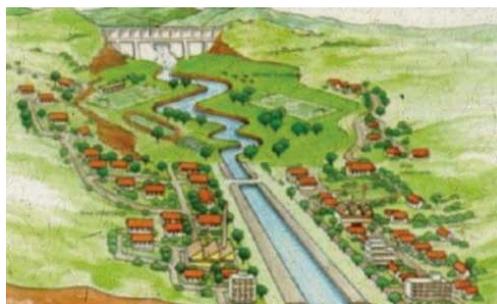


FONTE: TUCCI (2005).

3. BACIAS URBANAS

A FUNASA (2016) apresenta que ao contrário de uma bacia tipicamente rural, na qual a rede hidrográfica é visível e bem definida pela topografia do terreno, as bacias urbanas, na maioria das vezes, apresentam limites imperceptíveis e sua água pode ser vista quando há precipitação ou encontra-se confinada por tubulações subterrâneas. A Figura 9 apresenta a ilustração de uma bacia urbana.

Figura 9 – Ilustração da bacia urbana



FONTE: FUNASA (2016)

Com alterações substanciais em decorrência do processo de urbanização, (impermeabilização da superfície, densidade das construções, desmatamento, ocupação indisciplinada de várzeas e margens, etc.), o comportamento do escoamento superficial direto da bacia produz maiores picos e vazões. Assim, os problemas do planejamento inadequado ou mal elaborado não ficam restritos somente ao local, uma vez que pode ocasionar considerável diminuição no tempo de concentração do escoamento e maiores picos à jusante.

Os problemas relacionados à DMAPU têm sua origem na deterioração da qualidade dos cursos receptores das águas pluviais, pois além de aumentar o volume do escoamento superficial direto, a impermeabilização do solo faz com que a recarga de mananciais diminua, restringindo-as a vazões que podem comprometer os corpos receptores (TUCCI, 2005).

Segundo Tucci (2005), o planejamento e o projeto de medidas de controle devem considerar os condicionantes urbanos, que vão definir suas características como: localização, tipo de dispositivo, forma, dimensões, vazões afluentes, entre outras. O autor acrescenta que os mais importantes condicionantes urbanos a serem considerados são os relacionados a seguir:

a) **Espaços apropriados:** Uma das características das águas pluviais é de ocuparem os espaços que lhes são disponíveis, sejam eles adequados ou não (Figura 10). Nas áreas urbanas, a identificação de espaços para a construção de dispositivos de controle de inundações e alagamentos é uma tarefa que requer um trabalho atento de pesquisa.

Figura 10 – Exemplo de ocupação da água pluviais



FONTE: RIGHETTO (2009)

A escolha dos espaços propícios à implantação de medidas de controle é realizada após o pré-dimensionamento do volume e da área a ser ocupada pelas MCs, considerando cenários futuros de urbanização e de impermeabilização:

- Áreas não edificadas, como praças e parques, próximas aos pontos de concentração de escoamento;
- Áreas onde é possível uma solução compatível com eventuais restrições legais;
- Áreas onde é possível efetuar a composição com a urbanização para o caso de reservatórios abertos, trincheiras, valas, poços e faixas gramadas;
- Onde isso não é possível, adotam-se reservatórios enterrados, com a reconstituição das características originais da superfície após sua construção, ou reservatórios construídos por processos subterrâneos, não destrutivos.

b) **Impermeabilização futura:** Uma obra de drenagem deve ser dimensionada para atender as vazões pluviais durante toda sua vida útil. Portanto, é imprescindível um projeto considerando-se os cenários futuros de impermeabilização (Figura 11).

Figura 11 – Exemplo de mapeamento de loteamentos impermeabilizados futuros



Fonte:
Prefeitura Municipal de Uberlândia

Adaptação: Justino (2003)

Escala: 1:55000

FONTE: JUSTINO, PAULA & PAIVA (2005)

A vantagem dessa prática é a precificação do impacto das leis de uso do solo sobre a infraestrutura de manejo de águas pluviais, constando a mitigação desse impacto é economicamente inviável, devem-se considerar, como soluções:

- A redução da impermeabilização máxima por meio da readequação da legislação;
- A implantação das obras em etapas vinculadas ao desenvolvimento urbano;

- A metodologia geral para a estimativa dos índices futuros de impermeabilização em uma bacia urbana segue os seguintes passos:

- 1) Estimativa da área impermeável atual, por meio de técnicas de geoprocessamento:

- Por amostragens de áreas representativas, como ilustrado na Figura 12, quando a escala de trabalho exige resolução mais detalhada;

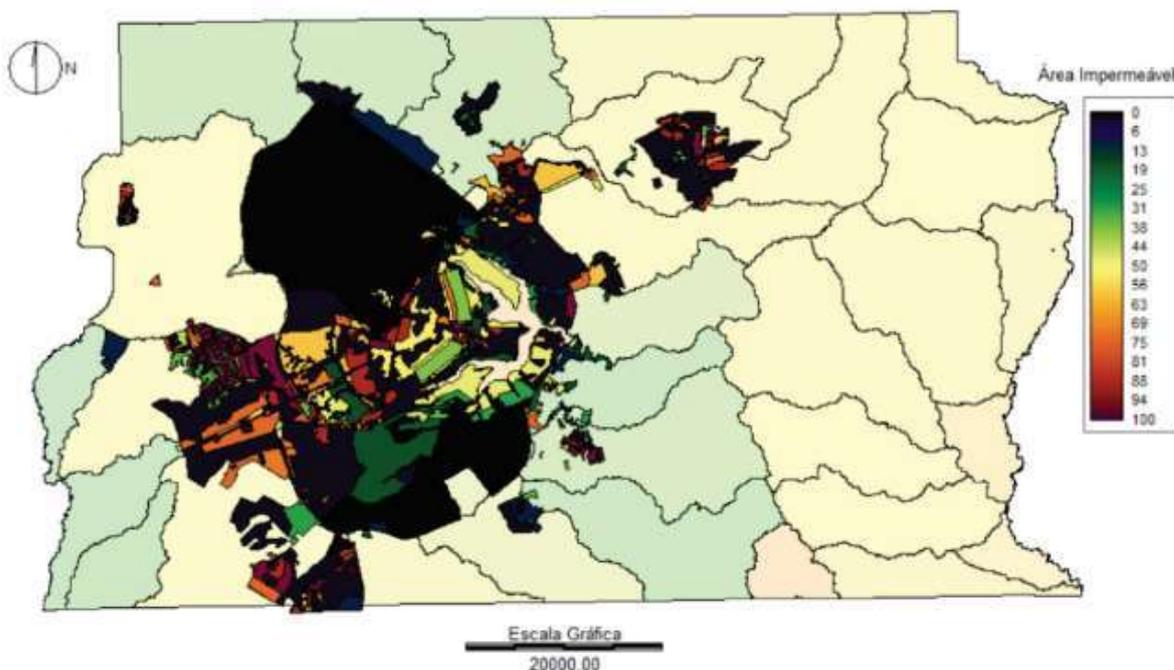
Figura 12 – Mapeamento supervisionado de áreas impermeáveis amostrais.



FONTE: TUCCI (2005)

- Por classificação da área total ilustrado na Figura 13, para os estudos em que não é exigida alta resolução.

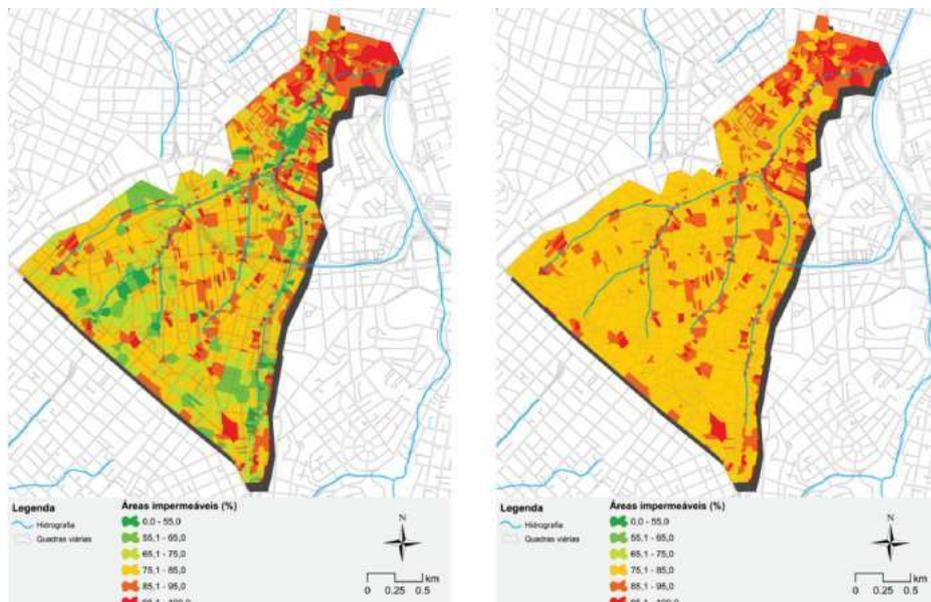
Figura 13 – Classificação das áreas impermeáveis utilizando imagens de satélite.



FONTE: TUCCI (2005)

2) Estimativa da área impermeável de saturação considerada igual à máxima permitida pela legislação de usos do solo em vigor, como ilustrado na Figura 14.

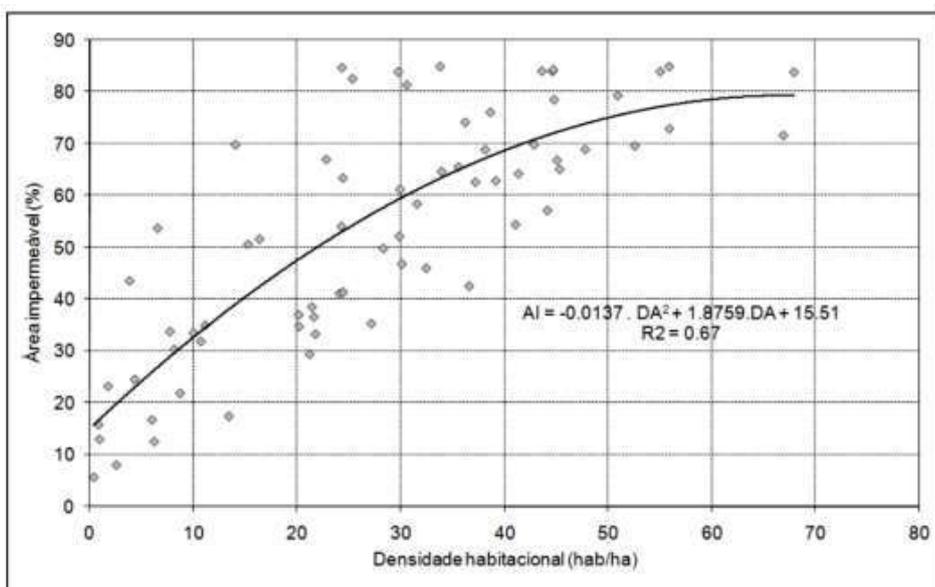
Figura 14 – Mapeamento dos níveis de impermeabilização de uma bacia urbana.



FONTE: TUCCI (2005)

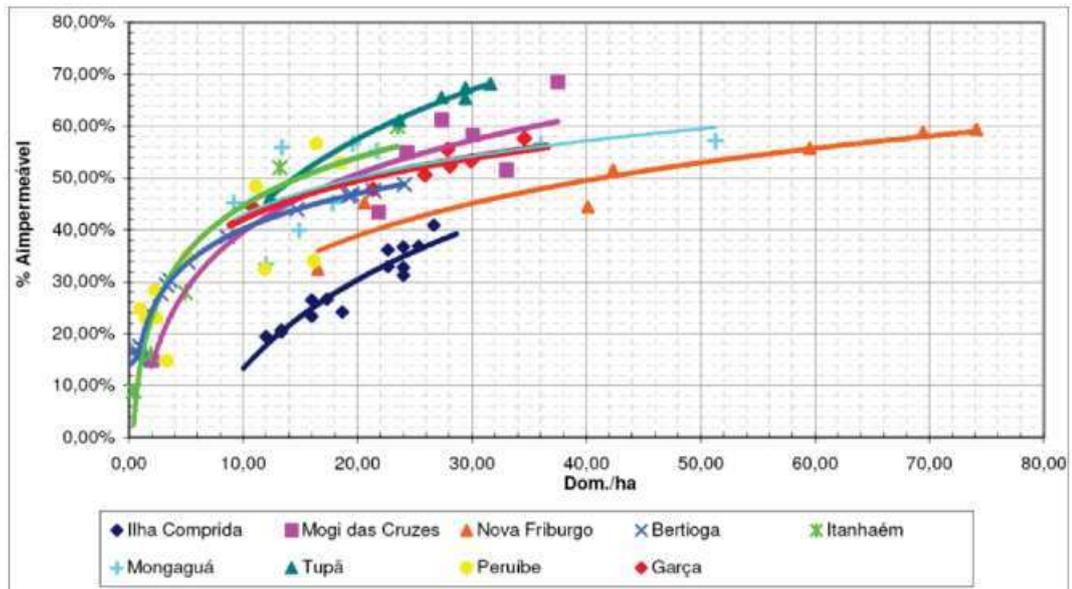
3) Determinação da relação da área impermeável *versus* a densidade demográfica ou da área impermeável *versus* a densidade de domicílios para a data-base do projeto, correlacionando os dados de população (ou domicílios) dos setores censitários com os índices de impermeabilização obtidos no passo anterior, como mostrado nas Figuras 15 e 16.

Figura 15 – Curva densidade demográfica *versus* a área impermeável.



FONTE: TUCCI (2005)

Figura 16 – Curvas densidade de domicílios versus a área impermeável.

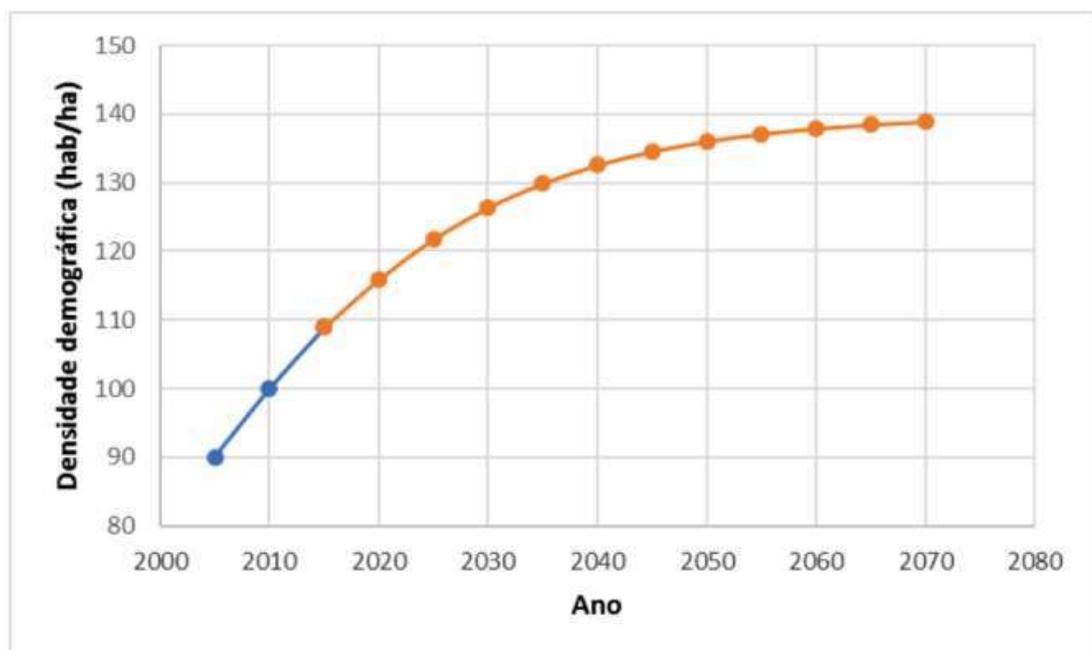


FONTE: TUCCI (2005)

4) Determinação da densidade demográfica (ou de domicílios) de saturação considerando-se o índice de urbanização máximo possível, de acordo com o Plano Diretor de Ordenamento Territorial e legislação pertinente.

5) Projeção da evolução populacional ou de número de domicílios, feita com técnicas de estudos demográficos, como a da curva logística, conforme exemplifica a Figura 17.

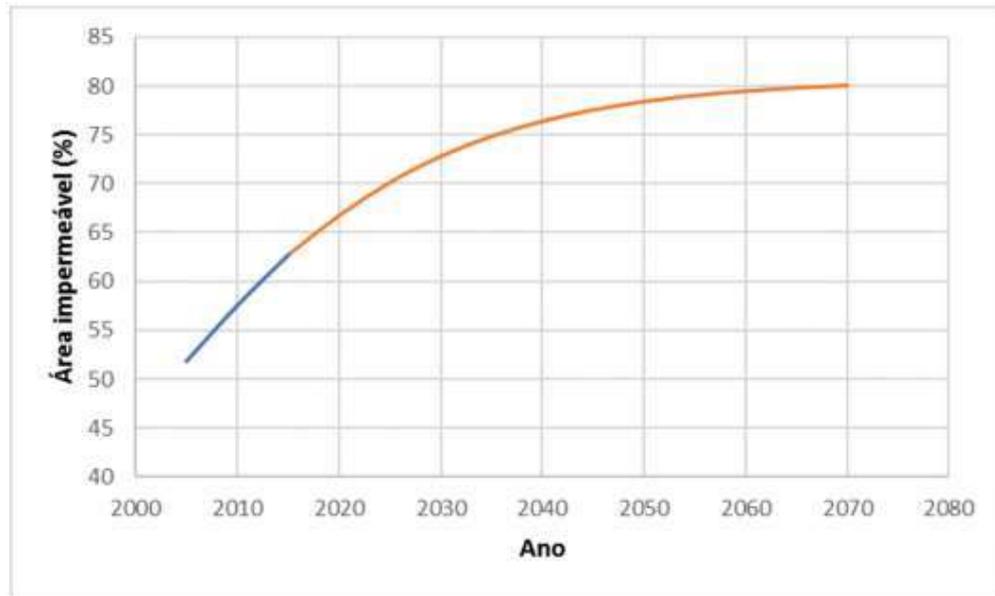
Figura 17 – Curvas densidade de domicílios versus a área impermeável.



FONTE: TUCCI (2005)

6) Projeção da evolução da área impermeável no tempo, como mostrado na Figura 18.

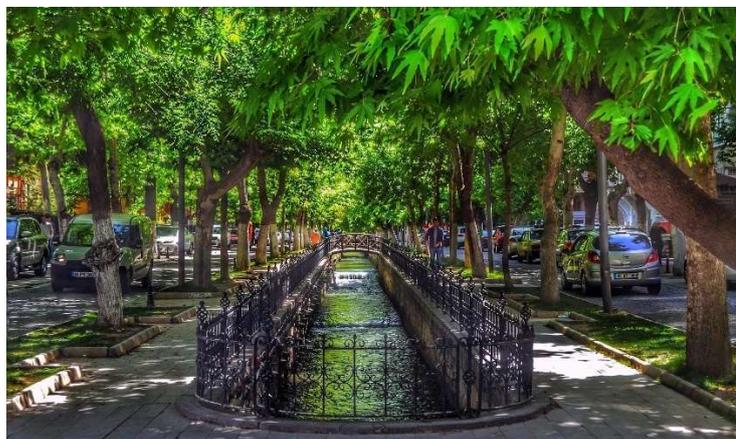
Figura 18 – Curvas densidade de domicílios versus a área impermeável.



FONTE: TUCCI (2005)

c) **Aspirações da população em relação aos espaços públicos:** O sucesso de uma intervenção urbanística está associado à possibilidade de apropriação da população pela solução adotada. Através desse processo são discutidos os objetivos do empreendimento, as diversas alternativas técnicas, os respectivos riscos envolvidos, impactos positivos e negativos, custos, atividades de manutenção e operação além de outras informações. Em conjunto com os urbanistas da equipe de projeto, são definidos os usos dos espaços públicos afetados pelas obras que atendam as aspirações da população, como apresentado pela Figura 19. Os dados levantados por meio desse procedimento são incorporados ao projeto.

Figura 19 – Usos dos espaços públicos.



FONTE: CIVILIZAÇÃO ENGENHARIA (2024)

4. BACIAS HIDROGRÁFICAS

A obra de Piroli (2022) apresenta a bacia hidrográfica como uma área drenada por determinado rio ou rede fluvial, cuja área de drenagem é constituída por um conjunto de canais de escoamento interligados, definindo como bacia de drenagem, e essa rede de drenagem depende não só do total e do regime das precipitações, como também das perdas por evapotranspiração e infiltração. A Figura 20 apresenta um exemplo de bacia hidrográfica.

Figura 20 – Exemplo da bacia hidrográfica.



FONTE: VACACAI (2024)

Já a sub-bacia é toda área com drenagem direta no curso principal da bacia e várias sub-bacias formam uma bacia, alcançando uma área de aproximadamente 700 km² (PIROLI, 2022). A Figura 21 apresenta um exemplo de sub-bacias.

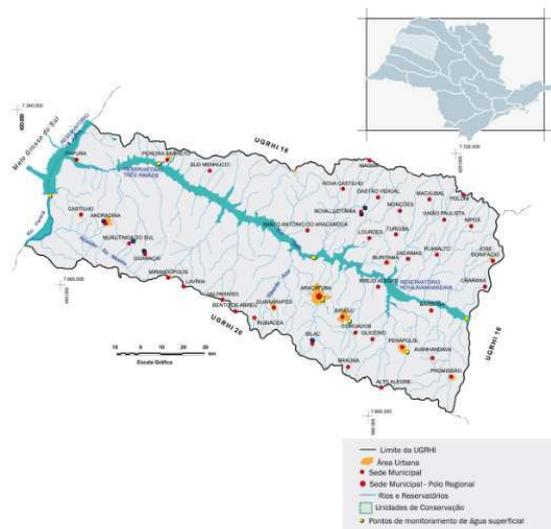
Figura 21 – Exemplo da sub-bacia hidrográfica.



FONTE: RIO DE JANEIRO (2024)

Agora, a microbacia é toda área com drenagem direta no curso principal de uma sub-bacia e várias microbacias formam uma sub-bacia, devendo ter uma área menor do que 100 km² (PIROLI, 2022). A Figura 22 apresenta um exemplo de microbacia.

Figura 22 – Exemplo da sub-bacia hidrográfica.



FONTE: GUARARAPES (2024)

As bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas por muitas vezes localizam-se dentro de áreas urbanas, na qual as águas da chuva e escoamento superficial se reúnem em uma rede de drenagem natural, gerando enchentes e inundações.

Com o aumento da urbanização, as superfícies impermeáveis, como ruas, calçadas e edifícios, substituem a vegetação natural, aumentando do escoamento superficial e diminuição da infiltração no solo, resultando em enchentes mais frequentes e intensas. Conseqüentemente, as bacias hidrográficas urbanas enfrentam desafios significativos relacionados à poluição da água, incluindo escoamento de águas pluviais contaminadas com produtos químicos, óleo de motor, metais pesados, resíduos de fertilizantes e dejetos de animais, esses poluentes podem ter impactos devastadores na qualidade da água e no ecossistema aquático local.

O gerenciamento sustentável da água em bacias urbanas é essencial para garantir o abastecimento de água potável, proteger ecossistemas aquáticos e minimizar os riscos de enchentes, envolvendo a implementação de infraestrutura verde, como áreas de infiltração, telhados verdes e parques urbanos, que ajudam a absorver e filtrar a água da chuva.

A integração de princípios de gestão de bacias hidrográficas nas práticas de planejamento urbano é fundamental para mitigar os impactos negativos da urbanização na água, incluindo o zoneamento adequado, controle de erosão, proteção de áreas úmidas e conservação de cursos d'água naturais.

4.1. PRINCIPAIS LEGISLAÇÕES NACIONAIS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

No Brasil, as legislações relacionadas às bacias hidrográficas são fundamentais para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos. Aqui estão algumas das principais leis e regulamentações:

- Lei Federal nº 9.433/1997 (Lei das Águas ou Lei dos Recursos Hídricos): Esta lei institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecendo diretrizes para a gestão dos recursos hídricos no Brasil. Ela cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e os instrumentos de gestão, como os Comitês de Bacias Hidrográficas e os Planos de Recursos Hídricos;
- Lei Federal nº 12.651/2012 (Código Florestal): Esta lei dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, incluindo as áreas de preservação permanente (APPs) e as reservas legais, que desempenham um papel importante na conservação das bacias hidrográficas;
- Lei Federal nº 9.984/2000 (Agência Nacional de Águas – ANA): Esta lei cria a ANA, responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos em nível federal, incluindo a coordenação e supervisão dos Comitês de Bacias Hidrográficas e a gestão dos recursos hídricos de domínio da União;
- Lei Federal nº 7.661/1988 (Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro): Esta lei estabelece diretrizes para a gestão das zonas costeiras e estuarinas, incluindo a proteção dos recursos hídricos nessas áreas e sua integração com as bacias hidrográficas adjacentes.

4.2. PRINCIPAIS LEGISLAÇÕES ESTADUAIS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

No Estado do Rio Grande do Sul várias leis e regulamentações são relevantes para a gestão das bacias hidrográficas. Aqui estão algumas das principais legislações referentes a esse tema:

- Constituição do Estado do Rio Grande do Sul: Art. 171. Fica instituído o sistema estadual de recursos hídricos, integrado ao sistema nacional de gerenciamento desses recursos, adotando as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento e gestão, observados os aspectos de uso e ocupação do solo;
- Lei Estadual nº 10.350/1994: Estabelece a Política Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, instituindo o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e o Fundo Estadual de Recursos Hídricos. Essa lei tem como objetivo promover a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos no estado, incluindo as bacias hidrográficas. Regulamenta a cobrança pelo uso dos recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul, visando promover a conservação e o uso sustentável da água. Os recursos arrecadados com a cobrança são

destinados ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos para financiar programas e projetos relacionados à gestão dos recursos hídricos, incluindo ações nas bacias hidrográficas.

- Lei Estadual nº 9.748/1992: Dispõe sobre a proteção das águas superficiais e subterrâneas no estado do Rio Grande do Sul. Esta lei estabelece diretrizes para a proteção e conservação dos corpos d'água e do meio ambiente aquático, incluindo medidas para prevenir a poluição e degradação das bacias hidrográficas.

- Lei Estadual nº 10.330/1994: Institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, estabelecendo diretrizes e metas para a gestão dos recursos hídricos no estado. O plano inclui ações específicas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas, visando garantir a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos.

4.3. ESPECIFICAÇÕES DA LEI FEDERAL Nº 11.445/2007

As prestações de serviço de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos urbanos e a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas estão relacionadas direta e indiretamente com as bacias hidrográficas. Desta forma, a análise da Lei Federal nº 11.445, de 2007 se faz necessária, pois estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil, embora não mencione especificamente a gestão de bacias hidrográficas inseridas na drenagem urbana de municípios, fornece um arcabouço legal importante que pode orientar as ações relacionadas à gestão das águas pluviais e à drenagem urbana. A Lei Federal nº 11.445, de 2007 faz as seguintes definições:

- estabelece a necessidade de planejamento integrado e participativo das ações de saneamento básico, o que inclui a drenagem urbana, implicando nas características das bacias hidrográficas urbanas durante o processo de planejamento, levando em conta a interação entre o uso do solo, o escoamento de águas pluviais e a preservação dos recursos hídricos.

- apresenta em seu §3º do artigo 29, que os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas e com planos diretores dos Municípios em que estiverem inseridos, ou com os planos de desenvolvimento urbano integrado das unidades regionais por eles abrangidas.

- atribui aos municípios a responsabilidade pela prestação dos serviços de saneamento básico, incluindo a drenagem urbana, que os municípios devem desenvolver políticas, planos e programas para o manejo adequado das águas pluviais, levando em consideração as características específicas das bacias hidrográficas urbanas em seu território.

TITULO III – PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO

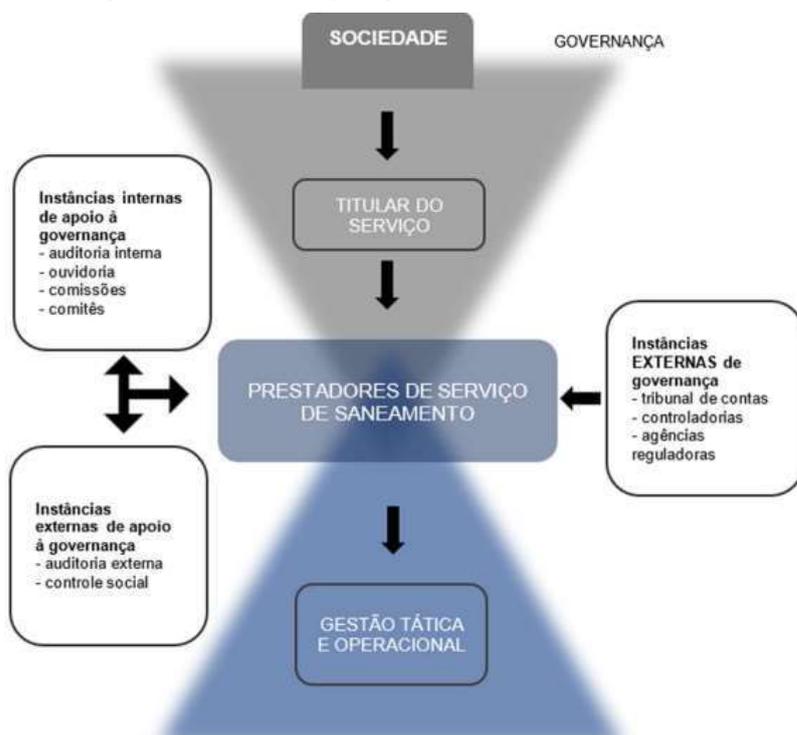


5. PLANEJAMENTO DA PRESTAÇÃO DO SERVIÇOS DE DMAPU

A obra de Gonzalez (2023) apresenta que a gestão pública seria a função do órgão ou servidor responsável pela execução da política pública, ou seja, é o órgão ou o grupo de pessoas que faz a situação ocorrer, através de planejamentos prévios e controlados, fiscalizados e geridos pela governança pública. Gonzalez (2023), também, acrescenta que no caso de infraestruturas públicas, faz-se necessária a junção entre governança e gestão, visando não somente a efetividade (governança), mas também a eficiência e eficácia (gestão). À governança cabe também a avaliação e auditoria do sistema de gestão, bem como a condução ou recondução para o traçado definido no planejamento estratégico, de modo a permitir que a gestão implemente programas e busque a sua eficiência.

Para Gonzalez (2023), no campo de atuação do saneamento básico, todos os agentes envolvidos podem estar inseridos no grupo da governança ou da gestão. Por exemplo, os municípios podem ser os executores da governança e da gestão, quando exercem a função de prestadores de serviço por autarquias ou departamentos. No entanto, o que se observa costumeiramente é a preocupação com as atividades de gestão e o sombreamento das atividades de governança, em especial quando se trata do estabelecimento e do monitoramento dos indicadores e metas. A Figura 23 apresenta o esquema de governança e gestão no saneamento básico.

Figura 23 – Governança e gestão no saneamento básico.



FONTE: GONZALEZ (2023)

Gonzalez (2023) reforça que essa separação entre a governança e a gestão, no caso do saneamento básico, é fundamental para garantir a segurança na prestação do serviço. Os atores envolvidos na gestão não podem ser os mesmos que são responsáveis pelo controle, fiscalização e regulação da governança, caso contrário, propiciarão um serviço focado somente na prestação diária e não nas melhorias, sejam operacionais, técnicas ou expansão dos sistemas.

Gonzalez (2023) conclui que existe a necessidade de, na mesma companhia ou do mesmo lado, ter atores focados na gestão e atores focados na governança, pois um irá avaliar, auditar e certificar o que o outro está fazendo. Essa auditoria e certificação acaba culminando em um cenário, no qual os indicadores e metas definidos são cumpridos, com técnica e equidistância, visando à universalização do saneamento básico.

5.1. DEMANDAS DA SOCIEDADE

As demandas fundamentais da sociedade em relação aos serviços de DMAPU, com base na análise apresentada por Gonzalez (2023), são destacadas como as principais preocupações e expectativas para enfrentar os desafios crescentes associados ao gerenciamento de águas pluviais em ambientes urbanos.

A sustentabilidade ambiental e resiliência climática da sociedade contemporânea está cada vez mais consciente da necessidade de práticas sustentáveis no DMAPU. Portanto, exige-se que os sistemas de DMAPU sejam projetados não apenas para lidar com as águas pluviais, mas também para promover a recarga de aquíferos, reduzir a poluição e mitigar os impactos das mudanças climáticas, incluindo inundações e enchentes. A Figura 24 apresenta o *Fenway Victory Gardens* em *Boston* (EUA).

Figura 24 – Exemplo de DMAPU sustentável.



FONTE: BONZI (2015)

A participação comunitária e transparência nas decisões relacionadas à gestão das DMAPU devem ser fomentadas pelo Titular, ou seja, a sociedade busca oportunidades para contribuir com ideias e soluções, garantindo que as políticas e projetos reflitam as necessidades e preocupações locais.

Os cidadãos esperam sistemas de DMAPU que sejam eficientes em termos de custo, manutenção e operação, incluindo a implementação de tecnologias inovadoras e práticas de gestão que garantam a funcionalidade contínua dos sistemas, mesmo em face de eventos climáticos extremos.

Além de mitigar os riscos de inundação, os serviços de drenagem devem contribuir para a melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas, buscando os espaços públicos mais seguros e saudáveis, promovendo o desenvolvimento urbano sustentável e a valorização das comunidades locais.

Assim como Gonzalez (2023) destaca a importância da separação entre governança e gestão no campo do saneamento básico, essa distinção também é relevante para os serviços de DMAPU, sendo que a sociedade demanda uma abordagem integrada que envolva tanto a definição e regulação de políticas (governança) quanto a execução e operação de sistemas de DMAPU (gestão).

Portanto, a obra de Gonzalez (2023) oferece *insights* valiosos sobre as demandas da sociedade em relação aos serviços de DMAPU. À luz dessas demandas, torna-se evidente a necessidade de uma abordagem holística e colaborativa, que integre considerações ambientais, sociais e econômicas na concepção e implementação de soluções eficazes e sustentáveis para os desafios associados às águas pluviais urbanas.

5.2. RESPONSABILIDADES DO TITULAR

As obrigações do titular dos serviços de saneamento básico, conforme estabelecido no artigo 9º e no artigo 19º da Lei Federal nº 11.445, de 2007, bem como as considerações apresentadas por Gonzalez (2023), no que diz respeito das responsabilidades do Titular, são o plano diretor, o plano municipal de saneamento básico – PMSB, integrados ao plano de bacia hidrográfica.

As obrigações do Plano Diretor, de acordo com o artigo 9º da Lei Federal nº 11.445, de 2007, são que o titular dos serviços de saneamento básico deve assegurar a integração do plano diretor do município com o PMSB, garantindo que as diretrizes relacionadas ao saneamento básico estejam contempladas no plano diretor, de forma a promover a sinergia entre as políticas e planos municipais, também, integrando-se aos planos de bacias hidrográficas.

Gonzalez (2023) ressalta a importância de uma abordagem integrada entre o plano diretor e o plano municipal de saneamento básico, destacando a necessidade de alinhar as estratégias de desenvolvimento urbano com as metas de universalização dos serviços de saneamento. A Figura 25 apresenta a ilustração da integração dos planos municipais.

Figura 25 – Integração dos planos para atendimento da DMAPU.



FONTE: Elaborado pelos Autores.

As obrigações em relação ao PMSB, conforme o Artigo 19º, são de responsabilidade do titular dos serviços formular o PMSB, contemplando diagnóstico, objetivos, metas e programas para o saneamento básico no município, garantindo a compatibilidade do PMSB com o plano diretor e com outros planos municipais, conforme previsto na legislação.

Gonzalez (2023) destaca a importância do PMSB como instrumento de planejamento e gestão integrada do saneamento básico, enfatizando a necessidade de estabelecer metas claras e programas específicos para alcançá-las.

As obrigações em relação ao plano de bacia hidrográfica, estabelecem que o titular dos serviços de saneamento básico deve colaborar com os órgãos responsáveis pela gestão das bacias hidrográficas na elaboração e implementação dos planos de bacias, conforme o Artigo 19 da Lei Federal nº 11.445, de 2007, implicando fornecer informações relevantes sobre o saneamento básico no território abrangido pela bacia e garantir a integração entre o PMSB e os planos de bacias hidrográficas.

Gonzalez (2023) ressalta a importância da gestão integrada dos recursos hídricos e do saneamento básico, destacando a necessidade de uma abordagem colaborativa entre os diferentes atores envolvidos na gestão das bacias hidrográficas.

Portanto, o titular dos serviços de saneamento básico possui obrigações claras em relação ao plano diretor e ao PMSB, devendo garantir a integração e compatibilidade entre esses instrumentos de planejamento e gestão, inclusive aos planos de bacias hidrográficas, conforme estabelecido na legislação e destacado por Gonzalez (2023).

5.3. RESPONSABILIDADES DO PRESTADOR DE SERVIÇO

As principais responsabilidades que recaem sobre o prestador de serviços de DMAPU, incluindo-as com base na análise apresentada por Gonzalez (2023), são de planejar, projetar e implementar infraestrutura adequada para a DMAPU, incluindo a construção e manutenção de sistemas de DMAPU, bacias de retenção, canais, entre outros elementos necessários para mitigarem os impactos das águas pluviais.

Além de construir a infraestrutura, o prestador de serviços deve garantir a manutenção regular e a operação eficiente dos sistemas de drenagem, incluindo a limpeza de canais, desobstrução de bueiros, inspeção de estruturas de contenção, entre outras atividades para garantir o funcionamento adequado dos sistemas. A Figura 26 apresenta as instruções da prestação do serviço aos usuários do DMAPU.

Figura 26 – Integração dos planos para atendimento da DMAPU.



FONTE: ÁGUAS DE MATÃO (2024).

O prestador de serviços é responsável por monitorar e controlar a qualidade da água nas áreas urbanas, especialmente durante eventos de chuva, envolvendo a implementação de medidas para reduzir a poluição das águas pluviais, como a instalação de filtros, ações de educação ambiental e o controle de lançamentos de resíduos.

O prestador de serviços deve educar e engajar a comunidade sobre questões relacionadas à DMAPU, incluindo a conscientização sobre práticas sustentáveis, a divulgação de informações sobre riscos de inundação e a promoção da participação da comunidade na identificação de problemas e soluções.

O prestador de serviço deve cooperar com órgãos governamentais e entidades reguladoras para garantir o cumprimento das normas e regulamentos relacionados à DMAPU,

incluindo a participação em processos de licenciamento ambiental, a prestação de informações técnicas e o cumprimento de metas e indicadores de desempenho estabelecidos.

O prestador de serviços da DMAPU possui a responsabilidade que abrange desde o planejamento e implementação de infraestrutura até a operação, manutenção, controle da qualidade da água, educação da comunidade e cooperação com órgãos reguladores, cumprindo eficazmente essas responsabilidades, o prestador de serviços contribui para reduzir os impactos das inundações e melhorar a qualidade de vida nas cidades.

5.4. GESTÃO TÁTICA E OPERACIONAL DO PRESTADOR DE SERVIÇO

A gestão tática e operacional do prestador de serviço da DMAPU, com base nas reflexões apresentadas por Gonzalez (2023), deve apresentar as táticas e as operacionalizações eficazes para lidar com os desafios enfrentados na gestão.

O prestador de serviço deve implementar sistemas de monitoramento contínuo das condições hidrológicas e do desempenho dos sistemas de drenagem, incluindo a coleta de dados sobre o volume e a qualidade das águas pluviais, bem como o acompanhamento de indicadores de eficiência e eficácia operacional.

Uma gestão operacional eficaz requer a implementação de programas de manutenção preventiva e corretiva dos sistemas da DMAPU, envolvendo a realização regular de inspeções, limpeza de canais, desobstrução de bueiros e reparos de infraestrutura danificada para garantir o funcionamento adequado. A Figura 27 apresenta a tecnologia das cidades inteligentes que podem contribuir na gestão tática e operacional da DMAPU.

Figura 27 – Ilustração das cidades inteligentes.



FONTE: FIA BUSINESS SCHOOL (2024).

O prestador de serviço deve desenvolver planos de emergência e contingência e protocolos de resposta rápida para lidar com os eventos extremos, como enchentes e

inundações, incluindo a mobilização de equipes de emergência, o fornecimento de assistência às comunidades afetadas e a implementação de medidas de mitigação de danos.

Uma gestão tática eficaz requer a capacitação e o treinamento adequados das equipes responsáveis pela operação e manutenção dos sistemas de drenagem, incluindo a atualização constante de habilidades técnicas e o desenvolvimento de conhecimentos sobre melhores práticas de gestão de águas pluviais.

O prestador de serviço deve explorar e implementar tecnologias inovadoras para otimizar a gestão operacional das águas pluviais urbanas, incluindo o uso de sistemas de drenagem inteligente, sensores de monitoramento remoto, modelos de previsão de enchentes e soluções baseadas na natureza para o gerenciamento de águas pluviais.

A gestão tática e operacional eficaz requer o engajamento ativo da comunidade e o estabelecimento de parcerias institucionais com outras entidades públicas e privadas, envolvendo programas de educação ambiental, campanhas de conscientização pública e colaboração em projetos de infraestrutura de águas pluviais.

Portanto, a gestão tática e operacional do prestador de serviço de DMAPU desempenha um papel crucial na garantia da funcionalidade e eficiência dos sistemas de drenagem, por meio da implementação de estratégias de monitoramento, manutenção, resposta a emergências, capacitação de equipes e adoção de tecnologias inovadoras, o prestador de serviço pode melhorar significativamente a resiliência e a qualidade dos serviços de DMAPU.

5.5. INSTÂNCIAS INTERNAS E EXTERNAS DE APOIO À GOVERNANÇA

A relevância das instâncias internas e externas de apoio à governança na gestão eficaz dos serviços de DMAPU, conforme discutido por Gonzalez (2023), desempenha um papel fundamental desempenhado por instâncias como auditoria, ouvidoria, comitês e comissões na promoção da transparência, prestação de contas e melhoria contínua na gestão das DMAPU.

A auditoria interna desempenha um papel crucial na avaliação da conformidade dos processos, procedimentos e práticas de gestão relacionados à DMAPU. Ajuda a identificar falhas, deficiências e oportunidades de melhoria na prestação dos serviços, garantindo assim a eficiência e eficácia dos sistemas de drenagem. Além disso, a auditoria externa, realizada por órgãos independentes, contribui para a avaliação imparcial e objetiva da gestão dos serviços de DMAPU, fornecendo uma perspectiva externa sobre o desempenho e a conformidade dos prestadores de serviços, promovendo a transparência e a prestação de contas perante a sociedade.

A ouvidoria desempenha um papel para a promoção da participação e engajamento da comunidade nas questões relacionadas à DMAPU, funcionando como um canal de comunicação entre os usuários dos serviços e as autoridades responsáveis, permitindo o recebimento de reclamações, sugestões e *feedback* da população. A Figura 28 apresenta uma sugestão dos processos de ouvidoria.

Figura 28 – Ilustração do fluxograma dos processos de ouvidoria.



FONTE: UNIRAXÁ (2024).

Além disso, a ouvidoria contribui para a identificação de problemas e lacunas na prestação dos serviços, facilitando a resolução de conflitos e a implementação de medidas corretivas para melhorar a qualidade e eficiência dos sistemas de DMAPU.

A criação de comitês e comissões específicas dedicadas à gestão de DMAPU permite a colaboração e consulta entre diferentes partes interessadas, incluindo órgãos governamentais, instituições acadêmicas, organizações da sociedade civil e setor privado. Esses comitês e comissões desempenham um papel importante na formulação de políticas, planejamento estratégico, tomada de decisões e monitoramento do desempenho dos sistemas de drenagem, facilitando o compartilhamento de conhecimentos, experiências e recursos, promovendo assim uma abordagem integrada e sustentável na gestão da DMAPU.

Portanto, as instâncias internas e externas de apoio à governança, como auditoria, ouvidoria, comitês e comissões, desempenham papéis complementares e interdependentes na gestão eficaz dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Ao promover a transparência, prestação de contas, participação da comunidade e colaboração entre diferentes partes interessadas, essas instâncias contribuem para a melhoria contínua e sustentabilidade dos sistemas de drenagem nas áreas urbanas.

5.6. RESPONSABILIDADES DA AGÊNCIA REGULADORA

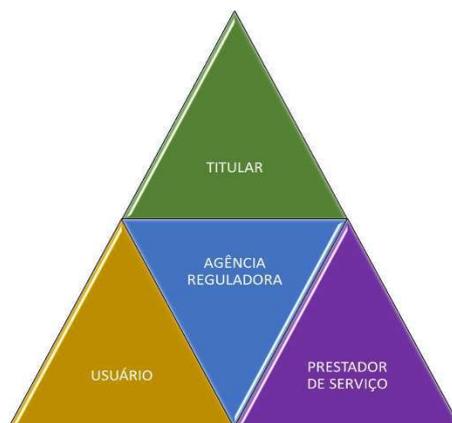
A agência reguladora apresenta os limites e diretrizes para a governança e gestão dos serviços de DMAPU, com base nas reflexões apresentadas por Gonzalez (2023). A presença e atuação eficaz da agência reguladora são fundamentais para garantir a qualidade, eficiência e sustentabilidade desses serviços nas áreas urbanas.

Uma das principais funções da agência reguladora é o estabelecimento de normas, padrões e regulamentos técnicos para os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, incluindo fiscalização do dimensionamento de infraestruturas, qualidade da água, controle de poluição, entre outros aspectos fundamentais para a operação dos sistemas.

A agência reguladora é responsável por fiscalizar e monitorar o cumprimento das normas e padrões estabelecidos pelos prestadores de serviços de DMAPU, realizando inspeções, auditorias e análises para garantir que as atividades estejam em conformidade com as regulamentações e atendam aos requisitos de qualidade e segurança.

Outra função da agência reguladora é trazer o equilíbrio sobre os interesses dos usuários, do prestador de serviço e do Titular da DMAPU, atuando como mediadora em conflitos, recebe reclamações e sugestões dos usuários, e busca soluções para garantir a qualidade e acessibilidade dos serviços prestados, conforme ilustra a Figura 29.

Figura 29 – Triângulo da Regulação.



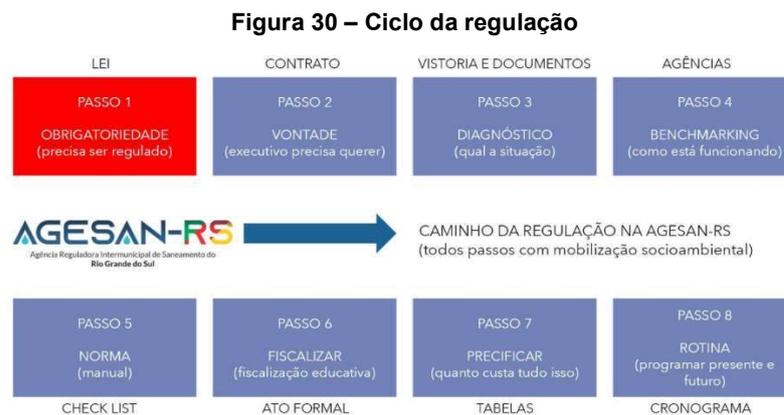
FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES.

A agência reguladora incentiva a melhoria contínua na prestação dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, estabelecendo as metas de desempenho, os indicadores de qualidade e os incentivos, por meio de tarifa, para estimular os prestadores de serviços a investirem em inovação, eficiência operacional e sustentabilidade.

Outra competência da agência reguladora é instituir tarifa para os serviços da DMAPU, assegurando a sustentabilidade econômica-financeira e a qualidade desses serviços. As

tarifas devem ser módicas e justas, transparentes e proporcionais aos custos e benefícios, garantindo que os serviços sejam acessíveis à população e viáveis para os prestadores.

A agência reguladora deve contribuir para promoção e a transparência e prestação de contas na gestão dos serviços da DMAPU, publicando relatórios de desempenho, realiza audiências públicas e mantém canais de comunicação abertos com a sociedade para garantir a transparência e responsabilidade na tomada de decisões. A Figura 30 apresenta o ciclo da regulação, que são os passos para a instituição da regulação em um município.



FONTE: GONZALEZ (2023)

Em síntese, a presença de uma agência reguladora garante a qualidade, eficiência e sustentabilidade dos serviços da DMAPU, por meio do estabelecimento de normas, fiscalização, defesa dos interesses dos usuários, estímulo à melhoria contínua e promoção da transparência, a agência reguladora desempenha um papel essencial na gestão adequada desses serviços e na garantia do bem-estar das comunidades urbanas.

6. GOVERNANÇA DA DMAPU

A gestão eficaz do saneamento básico garante a qualidade de vida das comunidades urbanas e a sustentabilidade. Nesse contexto, a governança envolve a coordenação de diferentes instrumentos de planejamento. As principais ações da governança estão relacionadas ao Plano Diretor e ao PMSB, integrados aos Planos de Bacias Hidrográficas, na qual com base nas reflexões apresentadas por Gonzalez (2023), serão apresentadas neste capítulo.

A promoção da governança integrada para o saneamento básico requer a coordenação eficaz entre diferentes instrumentos de planejamento, incluindo o Plano Diretor, o PMSB, integrados aos Planos de Bacias Hidrográficas, garantindo a integração e compatibilidade entre esses instrumentos, promovendo uma abordagem holística e

sustentável para o desenvolvimento urbano e a gestão dos recursos hídricos. Essas ações de governança são essenciais para garantir a efetividade, a eficiência e a eficácia dos serviços de saneamento básico e promover o bem-estar das comunidades atendidas.

6.1. PLANO DIRETOR

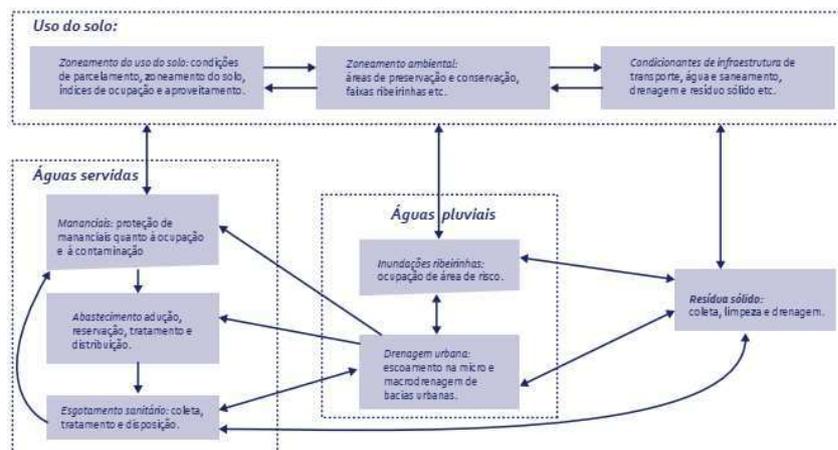
A obra de Tucci (2012) apresenta o planejamento urbano definido como espaços e a densidade de ocupação, que se reflete na demanda de água, na produção de esgoto, na geração de resíduos sólidos e impermeabilização do solo que afeta a gestão da drenagem urbana. Portanto, para Tucci (2012) o uso do solo é o agente potencial, que pode afetar os serviços se não tiver uma integração com os outros componentes. Estes fatores podem ser sustentáveis se o Plano Diretor de Uso do Solo contemplar a infraestrutura de saneamento de forma a conservar a água e a eficiência do seu uso e mitigar seus impactos. A Figura 31 apresenta a estratégia da gestão integrada das águas urbanas. A Figura 32 apresenta as relações dos sistemas de águas urbanas.

Figura 31 – Concepção estratégica da gestão integrada das águas urbanas



FONTE: TUCCI (2012)

Figura 32 – Relações dos sistemas das águas urbanas



FONTE: TUCCI (2012)

O “uso do solo” trata do planejamento urbano que define a demanda pelos serviços em função dos usuários pela densidade habitacional, o uso de áreas impermeáveis públicas e privadas, as áreas verdes e de conservação e as outras infraestruturas que, de alguma forma, demandam os recursos hídricos (TUCCI, 2012).

O “abastecimento urbano” (águas servidas) são as principais interfaces com os outros sistemas (TUCCI, 2012), que são:

a) os esgotos sanitário e pluvial contaminam os mananciais superficiais e subterrâneos;

b) depósito de resíduos sólidos, como aterros, podem contaminar as áreas de mananciais;

c) inundações podem deixar sem funcionamento o sistema de abastecimento e destruir a infraestrutura das redes pluvial e sanitária, além da estação de tratamento de esgoto (ETE).

O “esgoto sanitário e drenagem urbana” são as principais inter-relações (TUCCI, 2012), que são:

a) quando o sistema é misto, o sistema de transporte é o mesmo, com comportamento diverso nos períodos sem e com chuva, a sua gestão deve ser integrada;

b) quando o sistema é separador, existem interferências de gestão e construtivas devido à ligação de esgoto sanitário na rede de drenagem e águas pluviais no sistema de esgoto, produzindo ineficiências de funcionamento.

A “drenagem urbana, resíduo sólido e esgotamento sanitário” são à medida que o sistema de coleta e limpeza dos resíduos é ineficiente, ocorre grande prejuízo para o sistema de escoamento pluvial, que são devidos:

a) obstrução de condutos, canais e riachos urbano;

b) erosão urbana modifica o sistema de drenagem e pode destruir o sistema de esgotamento sanitário.

As “inundações ribeirinhas” envolvem a ocupação do solo em áreas de risco, e o planejamento urbano deve procurar mitigar esse impacto pelo planejamento preventivo desses espaços (TUCCI, 2012).

O desenvolvimento urbano sustentável depende de um planejamento integrado e abrangente, que considere não apenas o crescimento demográfico e econômico, mas também a gestão adequada dos recursos hídricos e a mitigação dos impactos das águas pluviais nas áreas urbanas. Neste contexto, o Plano Diretor deve estabelecer diretrizes e políticas para a DMAPU, garantindo a eficiência dos sistemas e a proteção do meio ambiente, na qual para este tema devem ter ações consolidadas para os seguintes temas: ordenamento do território, controle do uso do solo, gestão ambiental, infraestruturas urbanas e política urbana.

O Plano Diretor deve:

- definir áreas adequadas para a DMAPU, considerando a topografia, a permeabilidade do solo e a suscetibilidade a inundações, estabelecendo normas para o uso do solo, que promovam a redução da impermeabilização, incentivando práticas de permeabilização e retenção de águas pluviais;
- incorporar medidas de gestão ambiental que visem à proteção e conservação dos recursos hídricos urbanos, incluindo a preservação de áreas de recarga de aquíferos, a proteção de cursos d'água e a criação de espaços verdes que favoreçam a infiltração e a retenção das águas pluviais;
- orientar a implantação de infraestrutura de DMAPU, definindo diretrizes para a construção e manutenção de redes de drenagem pluvial, bacias de retenção, áreas de infiltração e outros dispositivos que contribuam para o manejo sustentável das águas pluviais.

Uma das formas de prestação de serviço frequentemente abordada pelo plano diretor é a gestão pública direta, na qual o poder público municipal assume a responsabilidade pela operação, manutenção e expansão dos sistemas de DMAPU, permitindo um controle direto sobre a infraestrutura urbana, facilitando a implementação de políticas e investimentos alinhados com as necessidades da comunidade

Além disso, o plano diretor pode prever a utilização de parcerias público-privadas (PPP) como uma forma de prestação de serviço de DMAPU. Por meio de concessões ou contratos de parceria, o setor privado pode ser envolvido na operação, manutenção e até mesmo na construção de infraestrutura de drenagem, podendo trazer benefícios como financiamento privado, inovação tecnológica e eficiência na gestão dos sistemas. No entanto, é importante que o plano diretor estabeleça critérios claros e mecanismos de controle para garantir que os interesses públicos sejam protegidos e que os serviços prestados atendam às necessidades da comunidade.

Outra forma de prestação de serviço que pode ser considerada no contexto do plano diretor é a cooperação intermunicipal. Especialmente em áreas metropolitanas ou regiões com múltiplos municípios, a colaboração entre as autoridades locais pode ser essencial para a gestão eficaz dos sistemas de DMAPU. O plano diretor pode incentivar a integração e coordenação entre os municípios, estabelecendo mecanismos de colaboração e compartilhamento de recursos para enfrentar desafios comuns, como enchentes e poluição hídrica.

Independentemente da forma escolhida, é fundamental que o plano diretor leve em consideração os princípios de sustentabilidade, resiliência e equidade na gestão dos serviços de DMAPU, estabelecendo diretrizes claras e objetivos específicos para a prestação desses serviços, o plano diretor pode contribuir para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis, seguras e habitáveis para todos os seus cidadãos.

A proposta de Plano Diretor para DMAPU apresentada neste capítulo busca integrar as contribuições das obras de Tucci (2012) e Gonzalez (2023), visando promover um desenvolvimento urbano sustentável e resiliente aos desafios climáticos. Por meio de um planejamento participativo e integrado, é possível garantir a eficiência dos sistemas de drenagem e a proteção do meio ambiente, contribuindo para uma melhor qualidade de vida nos municípios.

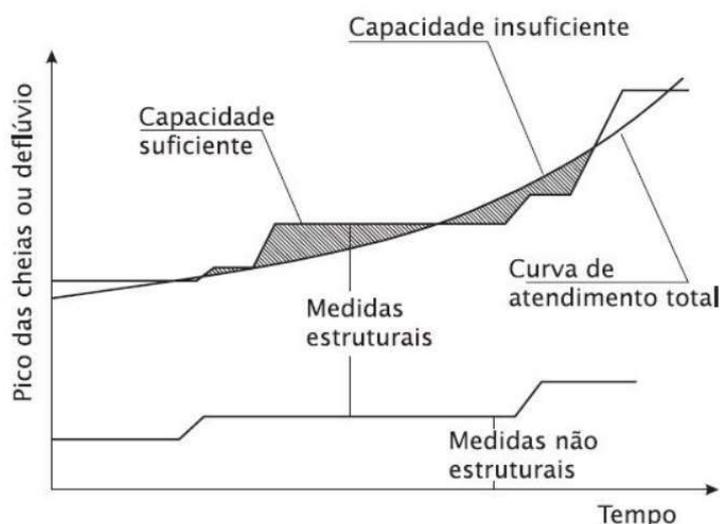
6.1.1. FORMULAÇÃO DO PLANO DIRETOR

A obra de Canholi (2014) apresenta que um abrangente plano de drenagem urbana de compreender o levantamento das características físicas da bacia de drenagem, principalmente aqueles que influenciam os deflúvios (*run-off*), a formulação de planos alternativos de controle do sistema de drenagem, a análise da viabilidade técnica, econômica, sociopolíticas e ambientais das alternativas ótima.

Canholi (2014) apresenta que em um planejamento consistente de ações de melhoria e controle dos sistemas de drenagem urbana, deve estar prevista uma combinação adequada de recursos humanos e materiais, e um balanceamento harmonioso entre medidas estruturais e não estruturais. A Figura 33 apresenta as curvas de atendimento às demandas da drenagem urbana a partir das ações referentes às medidas estruturais e não estruturais.

Canholi (2014) apresenta que as medidas estruturais compreendem as obras de engenharia, que podem ser caracterizadas como medidas intensivas e extensivas. Em contraposição as medidas não estruturais, que podem criar uma sensação de falsa segurança e até induzir a ocupação das áreas inundáveis.

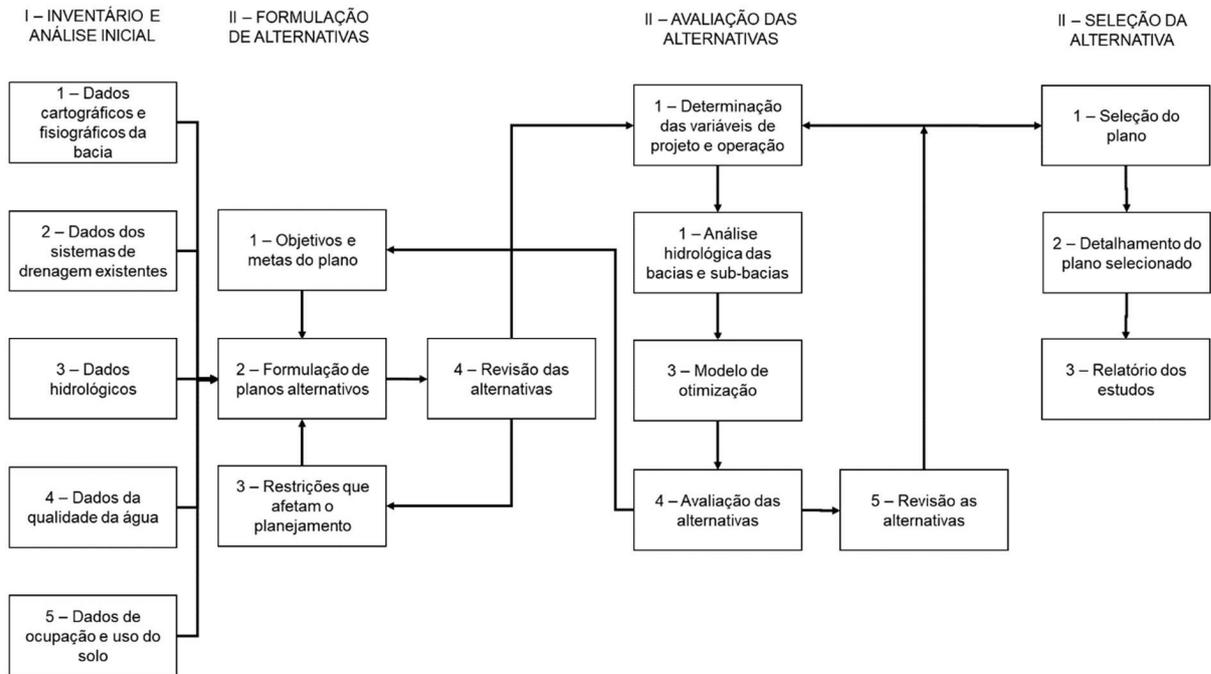
Figura 33 – Planejamento de sistemas de drenagem urbana



FONTE: CANHOLI (2014)

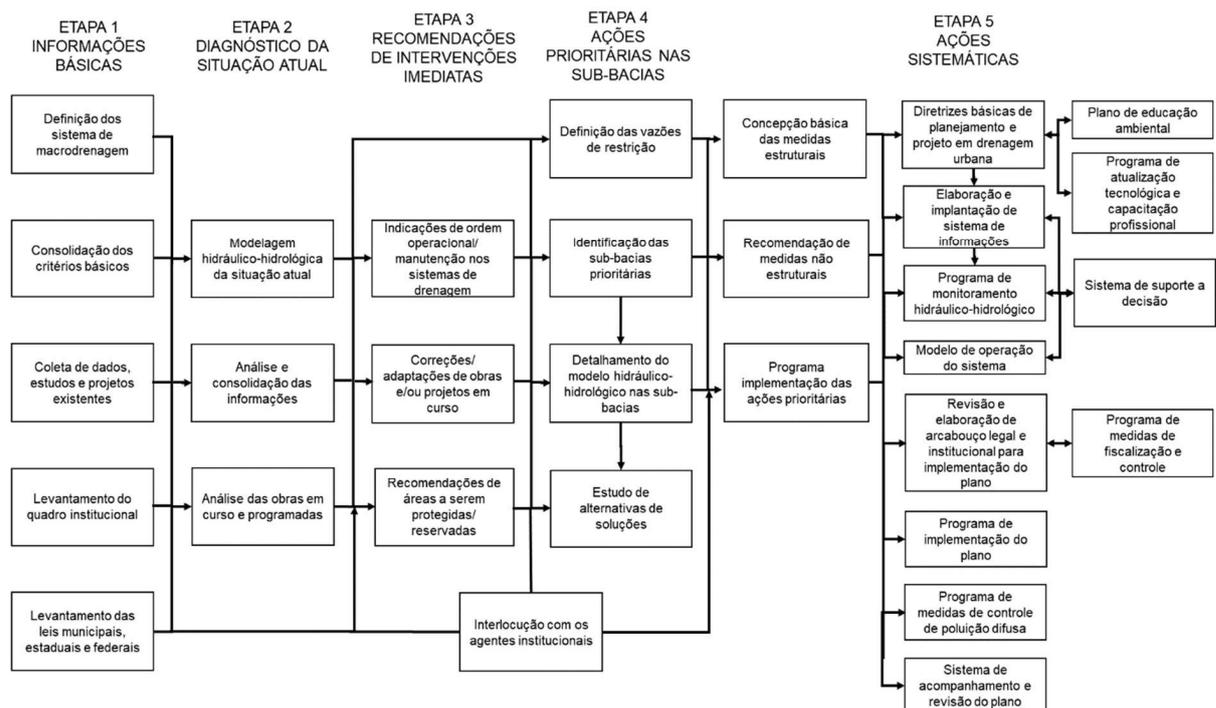
Canholi (2014) apresenta os cumprimentos necessários de um plano diretor de macrodrenagem, de acordo com as premissas e atividades enumeradas, sendo esquematizados pelos fluxogramas das Figuras 34 e 35.

Figura 34 – Planejamento de sistemas de drenagem urbana.



FONTE: CANHOLI (2014)

Figura 35 – Fluxograma para adoção do Plano diretor

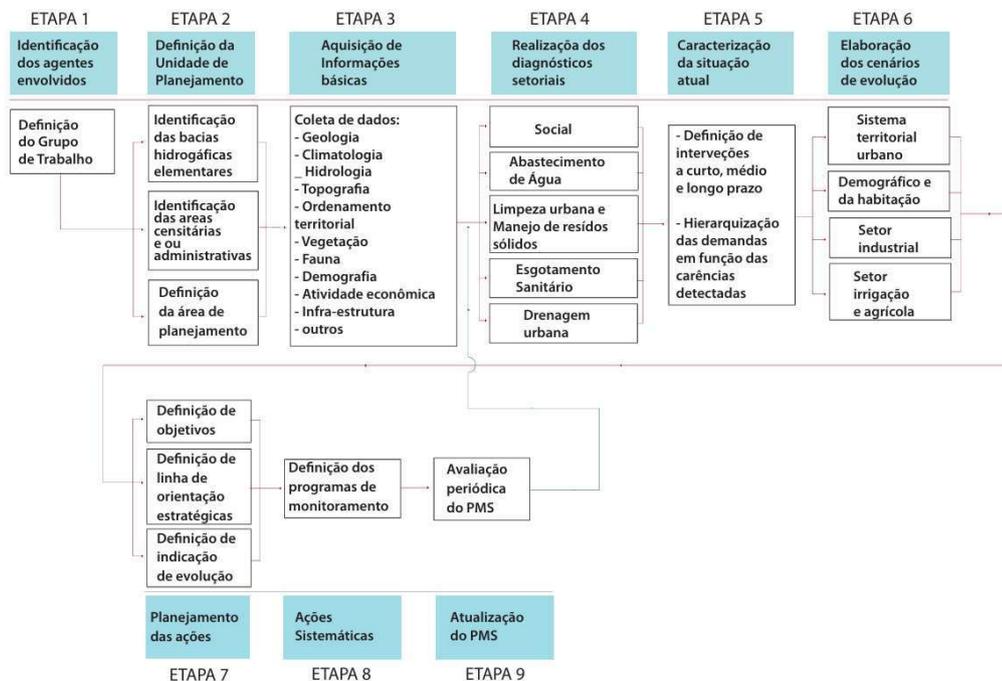


FONTE: CANHOLI (2014)

6.2. PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

A elaboração de um PMSB integrado se torna uma ferramenta fundamental para abordar de maneira abrangente e sustentável as questões relacionadas à drenagem urbana. Em Brasil (2011), de forma genérica, apresenta os tópicos necessários para um PMSB, que são os seguintes: diagnósticos setoriais; definição dos objetivos de curto, médio e longo prazos; proposta de intervenções com base na análise de diferentes cenários alternativos, e estabelecimento de prioridades; programação física, financeira e institucional da implantação das intervenções; programação e critérios de revisão e atualização. A Figura 36 mostra um fluxograma com a sequência cronológica das etapas para a elaboração do PMSB.

Figura 36 – Etapas para o desenvolvimento do PMSB.



FONTE: BRASIL (2011)

6.2.1. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE DMAPU

O objetivo desta atividade é coletar informações sobre a situação atual do município no que diz respeito às enchentes urbanas e à DMAPU para subsidiar, numa etapa posterior, o desenvolvimento de ações e alocação de recursos a fim de mitigar os problemas causados pelas enchentes e as deficiências do sistema de drenagem (BRASIL, 2011).

Segundo Brasil (2011) deve-se destacar como impacto negativo da urbanização de uma bacia hidrográfica não apenas as enchentes e o aumento do volume escoado superficialmente, mas também outros impactos ambientais como a piora na qualidade das

águas dos córregos e arroios que atravessam a cidade; o aumento na produção de sedimentos; a contaminação dos aquíferos; além da disseminação de doenças relacionadas com água.

Brasil (2011) conclui que são três os aspectos indesejáveis mais preocupantes derivados do fenômeno de ocupação do solo: aumento considerável no volume e velocidade do escoamento superficial; aumento na produção de sedimentos devido à erosão; e deterioração da qualidade das águas drenadas pelos esgotos pluviais. O quadro 1 apresenta a orientação do diagnóstico do DMAPU.

Quadro 1 – Orientações do diagnóstico do DMAPU para o PMSB.

Ação necessária	Objetivo
Planejamento urbano.	Verificar a existência de Plano Diretor Municipal e/ ou do sistema. Verificar o conhecimento da legislação existente sobre parcelamento e uso do solo urbano. Verificar a existência de fiscalização do cumprimento da legislação vigente.
Atuação da administração municipal.	Identificar o nível de atuação em drenagem urbana. Identificar os órgãos municipais com alguma provável ação em controle de enchentes e drenagem urbana e verificar suas atribuições.
Normas e regulação relativas ao sistema de drenagem e manejo de águas pluviais.	Verificar a obrigatoriedade da microdrenagem para implantação de loteamentos ou abertura de ruas e exigências para construção de imóveis e ocupação de terrenos. Verificar a diferenciação entre sistema de drenagem e esgotamento sanitário. Verificar a existência de ligações clandestinas de esgotos sanitários ao sistema de drenagem.
Problemas de inundações e enchentes.	Identificar os principais tipos de problemas (alagamentos, transbordamento de córregos, capacidade das tubulações insuficientes, etc.) observados na área urbana. Verificar a frequência de ocorrência desses problemas. Verificar a relação entre a evolução populacional, da densidade de ocupação, da expansão da área urbana e a quantidade de ocorrências de inundações.
Manutenção do sistema de drenagem.	Verificar a existência de manutenção e limpeza da drenagem natural e artificial e a frequência com que são feitas.
Croqui, se possível georreferenciado, das principais bacias contribuintes para a microdrenagem.	Análise da capacidade limite.
Informações sobre componentes existentes, mapas cadastros (lagoas ou barragens de retenção, galerias, bocas-de-lobo e órgãos acessórios) Análise de pontos de estrangulamento.	Prefeitura municipal.
Croqui, se possível georreferenciado, dos principais lançamentos na macrodrenagem.	Análise de pontos de estrangulamento e áreas críticas de inundação.

FONTE: BRASIL (2011)

6.3. PLANO DE BACIA HIDROGRÁFICA

A gestão eficaz da DMAPU é uma preocupação das autoridades responsáveis pelo gerenciamento das bacias hidrográficas. A obra de Tucci (2012) e Gonzalez (2023) destacam a importância de uma abordagem integrada e sustentável para lidar com os desafios relacionados à DMAPU. Nesse contexto, um plano de bacia hidrográfica pode desempenhar um papel fundamental na promoção da gestão adequada desses recursos hídricos.

A proposta de integração do Plano Diretor e do PMSB ao Plano de Bacia Hidrográfica vinculada à DMAPU, sugere as seguintes ações:

- Realizar um levantamento detalhado da situação atual das águas pluviais urbanas na bacia hidrográfica, identificando áreas de risco de inundação, pontos críticos de drenagem e principais fontes de poluição;
- Definir metas e objetivos claros para melhorar a gestão das águas pluviais urbanas, visando à redução de enchentes, a melhoria da qualidade da água e a promoção da sustentabilidade ambiental;
- Proporcionar diretrizes para o zoneamento e uso do solo que levem em consideração a drenagem urbana, incentivando práticas de desenvolvimento sustentável e a conservação de áreas verdes para a infiltração de água pluvial;
- Estabelecer um sistema eficaz de monitoramento das condições hidrológicas e da qualidade da água, permitindo uma avaliação contínua do desempenho das medidas adotadas para o manejo das águas pluviais urbanas;
- Promover programas de educação ambiental e engajamento comunitário para conscientizar a população sobre a importância da drenagem urbana sustentável e incentivar a participação ativa na preservação dos recursos hídricos;
- Estabelecer mecanismos de cooperação e coordenação entre os diversos órgãos e entidades envolvidos na gestão das águas pluviais urbanas, garantindo uma abordagem integrada e sinérgica para enfrentar os desafios;
- Realizar avaliações periódicas do plano de bacia hidrográfica, revisando e ajustando as estratégias conforme necessário para garantir sua eficácia e adaptabilidade às mudanças ambientais e urbanas.

Um plano de bacia hidrográfica integrado a DMAPU representa uma ferramenta essencial para promover a gestão sustentável dos recursos hídricos em uma região. Ao integrar os princípios e diretrizes apresentados por Tucci (2012) e Gonzalez (2023), esse plano pode contribuir significativamente para a redução de enchentes, a melhoria da qualidade da água e o desenvolvimento urbano sustentável nas áreas urbanas abrangidas pela bacia hidrográfica.

7. GESTÃO DA DRENAGEM

O processo de gestão desses serviços envolve uma série de etapas e estratégias, conforme discutido na obra de Gonzalez (2023), que oferece *insights* valiosos sobre como lidar com os desafios associados à DMAPU. Neste manual, explorou-se as principais fases do processo de gestão da prestação de serviço da DMAPU, com base nas contribuições de Gonzalez (2023).

Figura 37 – Processo de gestão de serviços de DMAPU.



FONTE: ELABORADOR PELOS AUTORES.

O processo de gestão da DMAPU começa com um planejamento integrado que envolve a articulação entre diferentes instrumentos de planejamento urbano, como o plano diretor, o PMSB e os planos de bacias hidrográficas. Essa integração permite uma abordagem holística e coordenada para enfrentar os desafios relacionados à drenagem urbana.

Um diagnóstico abrangente das condições existentes de DMAPU identificam áreas críticas, vulnerabilidades e necessidades de intervenção, incluindo o mapeamento das áreas sujeitas a alagamentos, a análise da capacidade dos DMAPU e a avaliação dos impactos das atividades urbanas no ciclo hidrológico.

Com base no diagnóstico, são elaborados planos estratégicos que definem metas, objetivos e ações prioritárias para melhorar a eficiência e a resiliência dos sistemas de DMAPU, considerando não apenas aspectos técnicos, mas também questões sociais, econômicas e ambientais, visando promover o desenvolvimento urbano sustentável.

A implementação de medidas preventivas e corretivas envolvem a construção, manutenção e melhoria da infraestrutura de drenagem, bem como a adoção de práticas de uso do solo que promovam a redução do escoamento superficial e o aumento da infiltração de água no solo.

O monitoramento contínuo dos sistemas de DMAPU acompanha o progresso das ações implementadas, identificar problemas emergentes e avaliar a eficácia das estratégias adotadas, baseados nos resultados do monitoramento, ajustes podem ser feitos para garantir a eficiência e a sustentabilidade dos sistemas.

7.1. PROCESSO DE GESTÃO DA MICRODRENAGEM

O processo de gestão da microdrenagem começa com a identificação dos problemas específicos em áreas urbanas, como inundações em determinadas ruas, erosão em encostas ou alagamentos em locais de difícil acesso. Essa fase envolve levantamentos de campo, análise de dados e consulta à comunidade local para compreender os desafios enfrentados.

Uma vez identificados os problemas, é realizada uma análise detalhada das vulnerabilidades existentes, considerando fatores como topografia, cobertura do solo, uso da terra, padrões de precipitação e capacidade dos sistemas de drenagem existentes. Essa análise ajuda a priorizar as áreas mais críticas que requerem intervenção imediata.

Com base na análise de vulnerabilidades, são desenvolvidas soluções customizadas para cada área específica, levando em conta as características locais e as necessidades da comunidade, podendo incluir a implementação de medidas de controle de erosão, construção de pequenas barragens ou bacias de retenção, e o uso de técnicas de pavimentação permeável.

A gestão da microdrenagem requer o engajamento com a comunidade local, envolvendo os moradores no processo de identificação de problemas, desenvolvimento de soluções e implementação de medidas. O diálogo aberto e a participação ativa da comunidade são essenciais para garantir a aceitação e o sucesso das intervenções.

Após a implementação das soluções de microdrenagem, estabelece-se os programas de monitoramento e manutenção para garantir a eficácia contínua das medidas adotadas, envolvendo a inspeção regular das estruturas de drenagem, limpeza de canais e dispositivos de controle de erosão, e ações preventivas para evitar a obstrução dos sistemas.

O processo de gestão da prestação de serviço da DMAPU, com foco na microdrenagem, conforme delineado por Gonzalez (2023), destaca a importância de abordagens personalizadas e adaptadas às condições locais. Ao adotar uma abordagem centrada na comunidade e na resolução de problemas em escala local, as autoridades públicas podem melhorar significativamente a capacidade das cidades de lidar com os impactos das águas pluviais, promovendo a resiliência urbana e o bem-estar dos cidadãos.

A gestão eficaz da prestação de serviço da DMAPU é essencial para mitigar os riscos de enchentes, erosão e poluição hídrica em áreas urbanas. Neste artigo, explorou-se o processo de gestão com foco na microdrenagem, conforme discutido por Gonzalez (2023), destacando as principais etapas e considerações relevantes para lidar com os desafios em uma escala mais ampla.

7.2. PRINCIPAIS ASPECTOS DA GESTÃO DA MACRODRENAGEM

O processo de gestão da macrodrenagem começa com uma análise abrangente da bacia hidrográfica correspondente à área urbana em questão, envolvendo a identificação das principais características geográficas, como topografia, padrões de precipitação e redes de drenagem naturais, para compreender melhor o comportamento hidrológico da região.

Com base na análise da bacia hidrográfica, são realizadas modelagens hidráulicas e hidrológicas para simular o escoamento de água durante eventos de chuva e prever possíveis impactos, como inundações e erosão, ajudando a orientar o planejamento de infraestrutura e a tomada de decisões sobre medidas de controle de enchentes.

A gestão da macrodrenagem requer um planejamento integrado de infraestrutura que considere não apenas os sistemas de drenagem urbanos, mas também outras formas de uso do solo e desenvolvimento urbano, incluindo a coordenação com planos diretores, políticas de uso do solo e regulamentações ambientais para garantir uma abordagem sustentável.

Com base nas análises e modelagens realizadas, são identificadas as necessidades de investimento em infraestrutura de macrodrenagem, como a construção de canais, reservatórios, bacias de retenção e estações de bombeamento, visando melhorar a capacidade de escoamento de água e reduzir os riscos de enchentes.

Uma vez implementadas as medidas de infraestrutura, é fundamental estabelecer programas de monitoramento e manutenção contínua para garantir a eficácia e a operação adequada dos sistemas de macrodrenagem, envolvendo a inspeção regular de estruturas, limpeza de canais e dispositivos de controle de enchentes, e ações corretivas.

O processo de gestão da prestação de serviço da DMAPU, com enfoque na macrodrenagem, conforme discutido por Gonzalez (2023), destaca a importância de uma abordagem abrangente e integrada para lidar com os desafios em uma escala mais ampla. Ao considerar cuidadosamente as características da bacia hidrográfica e coordenar os esforços de planejamento e investimento em infraestrutura, as autoridades públicas podem melhorar significativamente a resiliência das cidades diante dos eventos climáticos extremos e promover o desenvolvimento urbano sustentável.

A gestão eficaz da prestação de serviços de DMAPU é uma preocupação fundamental para garantir o desenvolvimento sustentável das cidades. Sob a perspectiva da sustentabilidade econômico-financeira, é essencial que os sistemas de macrodrenagem sejam projetados, implementados e operados de maneira a garantir sua viabilidade financeira a longo prazo, sem comprometer a qualidade dos serviços prestados.

7.3. GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

Segundo as reflexões de Gonzalez (2023), a sustentabilidade econômico-financeira da DMAPU envolve diversos aspectos inter-relacionados. Em primeiro lugar, é necessário considerar a equidade no acesso aos serviços, garantindo que todas as áreas urbanas sejam atendidas de maneira adequada, independentemente de sua localização socioeconômica. Logo, requer uma distribuição justa dos investimentos em infraestrutura de DMAPU, de modo a evitar disparidades e assegurar que os benefícios alcançados sejam compartilhados por toda a população.

Além disso, a eficiência na gestão dos recursos financeiros é crucial para garantir a sustentabilidade dos sistemas de DMAPU, incluindo a adoção de práticas de gestão transparentes e responsáveis, o estabelecimento de tarifas módicas e justas, e a busca por fontes de financiamento diversificadas e sustentáveis. Nesse sentido, é fundamental promover parcerias entre o setor público, o setor privado e a sociedade civil, visando mobilizar recursos e compartilhar responsabilidades na implementação e manutenção dos sistemas de DMAPU.

Outro aspecto relevante é a incorporação de princípios de economia circular e sustentabilidade ambiental na gestão da DMAPU, incluindo a promoção de práticas de gestão integrada das águas pluviais, como a reutilização de águas pluviais, a implantação de técnicas de drenagem sustentável e o uso de infraestruturas verdes. Essas medidas não apenas contribuem para reduzir os impactos ambientais da urbanização, como também podem gerar economias significativas a longo prazo, reduzindo a demanda por investimentos em infraestrutura convencional de drenagem.

Por fim, é importante ressaltar a necessidade de planejamento e monitoramento contínuo dos sistemas de DMAPU, de modo a garantir sua eficácia e adaptabilidade às mudanças climáticas e às transformações urbanas, requerendo o desenvolvimento de instrumentos de gestão adequados, como planos diretores de drenagem e sistemas de monitoramento e avaliação de desempenho, que permitam uma tomada de decisão informada e orientada para resultados.

Portanto, a gestão da prestação de serviços de DMAPU sob a ótica da sustentabilidade econômico-financeira demanda uma abordagem integrada e multifacetada, que leve em consideração não apenas aspectos técnicos e operacionais, mas também questões sociais, ambientais e econômicas. A obra de Gonzalez (2023) fornece *insights* valiosos sobre os desafios e oportunidades associados a essa complexa tarefa, destacando a importância de políticas e práticas inovadoras que promovam um desenvolvimento urbano mais sustentável e resiliente.

TITULO IV – SISTEMAS DE DMAPU



8. SISTEMAS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS – DMAPU

A obra de DAEE/CETESB (1980) apresenta o planejamento da drenagem urbana deve ser feito de forma integrada, considerando os outros melhoramentos urbanos e os planos existentes. Logo, o planejamento deve levar sempre ao projeto de um sistema de drenagem exequível, técnica e economicamente eficiente, maximizando os benefícios e minimizando os custos, coerentemente com os demais planos.

DAEE/CETESB (1980) apresenta que o sistema de drenagem deve ser considerado como composto por dois sistemas distintos, que devem ser planejados e projetados sob critérios distintos, que são: a microdrenagem e a macrodrenagem.

8.1. MICRODRENAGEM

O sistema de microdrenagem é aquele composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais e canais de pequenas dimensões, na qual são dimensionados para o escoamento de águas pluviais cuja ocorrência tem período de retorno entre 2 a 10 anos (DAEE/CETESB, 1980)

O sistema microdrenagem compreende um agrupamento de elementos essenciais, cada um com sua característica e terminologia própria (TUCCI, 2000; TOMINAGA, 2013): sarjeta, guia, boca de lobo, galeria, trechos de galeria, condutos de ligação, caixa de passagem, poço de visita, conduto forçado, estação elevatória e elementos de dissipação de energia.

8.1.1. SARJETA

As sarjetas são construídas ao longo das vias públicas, geralmente localizadas nas bordas das calçadas ou ao lado das pistas de tráfego, formando uma espécie de canal aberto que captura a água pluvial e a direciona para os bueiros ou sistemas de drenagem subterrâneos. Esse *design* permite que a água seja rapidamente removida das superfícies pavimentadas, minimizando os riscos de acúmulo e consequentes danos à infraestrutura e ao ambiente.

A obra de São Paulo (2012) apresenta que as águas ao caírem nas áreas urbanas escoam inicialmente pelos terrenos até chegarem às ruas, sendo as ruas abauladas (declividade transversal), e tendo inclinação longitudinal, as águas escoarão rapidamente para as sarjetas e, destas às ruas abaixo. Se a vazão for excessiva ocorrerá:

- (I) alagamento e seus reflexos;

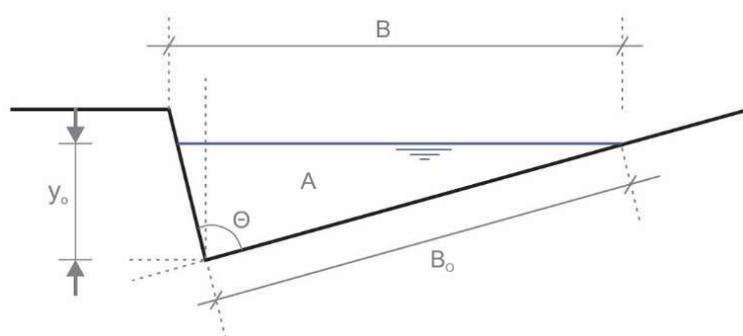
- (II) inundação das calçadas;
- (III) velocidades exageradas com erosão do pavimento.

A capacidade de condução da rua ou da sarjeta pode ser calculada a partir de duas hipóteses:

- 1) a água escoando por toda a calha da rua; ou
- 2) a água escoando somente pelas sarjetas.

Para a primeira hipótese, admite-se a declividade transversal da rua a 3% (ver Figura 38) e a altura da água na sarjeta de 0,15 m. Para a segunda hipótese, admite-se declividade transversal também de 3% e altura de água na sarjeta de 0,10 m. É importante que se atente para o fato de que, quando a vazão calculada for maior do que a capacidade da sarjeta, é necessário que se utilizem as bocas de lobo para retirar o excesso, evitando assim que se causem os transtornos anteriormente mencionados.

Figura 38 – Seção transversal de uma sarjeta.



onde:

Q vazão escoada;

A área da seção da sarjeta;

R_h raio hidráulico em m;

i declividade longitudinal da rua;

n coeficiente de Manning que, para concreto liso, pode-se adotar o valor de 0,018.

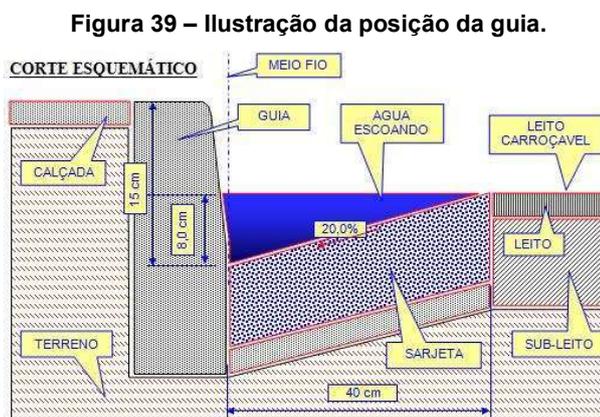
FONTE: SÃO PAULO (2012)

8.1.2. GUIA:

As guias, também conhecidas como meio-fio, são estruturas elevadas ao longo das calçadas ou bordas das estradas, projetadas para conter e direcionar as águas pluviais para as sarjetas, contribuindo significativamente para a prevenção de inundações e alagamentos nas áreas urbanas.

A função primordial das guias é orientar o fluxo da água da chuva, evitando que ela se espalhe descontroladamente pela superfície das vias e calçadas. Ao canalizar as águas pluviais para as sarjetas, as guias garantem um escoamento mais eficaz, reduzindo o risco de acúmulo e alagamento em áreas urbanas densamente povoadas.

Em São Paulo (2012) apresenta a altura mínima da guia em zona urbana é de 0,10 m e o máximo de 0,15 m. Em certas circunstâncias, são usadas guias com 0,20 m, que causam desconforto aos pedestres e atrapalham os motoristas ao abrirem as portas dos carros. A Figura 39 apresenta a vista transversal com a posição guia.



FONTE: WATANABE (2024)

8.1.3. BOCA DE LOBO

Dentro do sistema intrincado de drenagem urbana, a boca de lobo emerge como uma peça fundamental para o gerenciamento eficaz das águas pluviais nas áreas urbanas. Também conhecida como bueiro, a boca de lobo é uma estrutura essencialmente projetada para permitir a entrada da água pluvial nos sistemas subterrâneos de drenagem, desempenhando um papel vital na prevenção de inundações e no controle do escoamento em vias públicas.

A função primordial da boca de lobo é capturar as águas pluviais que se acumulam na superfície das ruas e estradas e direcioná-las para o sistema de drenagem subterrâneo, evitando assim alagamentos e danos à infraestrutura urbana. Localizada em pontos estratégicos ao longo das vias, a boca de lobo atua como uma entrada para o escoamento das águas pluviais, permitindo que sejam conduzidas de forma eficiente e segura para fora das áreas urbanas.

Além de sua função básica de drenagem, a boca de lobo desempenha um papel crucial na preservação da qualidade da água e na prevenção da erosão do solo. Ao capturar as águas pluviais antes que elas sejam contaminadas por resíduos sólidos e poluentes das ruas, a boca de lobo contribui para a proteção dos ecossistemas aquáticos e dos recursos hídricos locais. Além disso, ao evitar o acúmulo de água nas vias, ajuda a manter a integridade do pavimento e reduzir os riscos de erosão do solo.

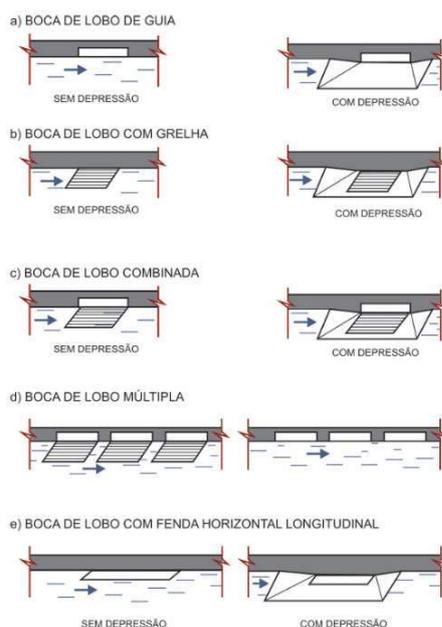
No entanto, para que a boca de lobo cumpra eficazmente sua função na drenagem urbana, é essencial que seja devidamente dimensionada, instalada e mantida. O dimensionamento adequado leva em consideração fatores como o volume de água a ser drenado, a intensidade das chuvas locais e a capacidade de vazão do sistema de drenagem subterrâneo.

Em São Paulo (2012) apresenta a locação das bocas de lobo deve considerar as seguintes recomendações:

- 1) serão locadas em ambos os lados da rua quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;
- 2) serão locadas nos pontos baixos das quadras;
- 3) recomenda-se adotar um espaçamento máximo de 60 m entre as bocas de lobo caso não seja analisada a capacidade de descarga da sarjeta;
- 4) a melhor solução para a instalação de bocas de lobo é que esta seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas;
- 5) não é aconselhável a sua localização junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes pelos seguintes motivos: (I) os pedestres, para cruzarem uma rua, teriam que saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial e (II) as torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam como resultante um escoamento de velocidade contrária ao da afluência para o interior da boca de lobo.

São Paulo (2021) apresenta basicamente existem quatro tipos de bocas de lobo (Figura 40): simples; com grelha; combinada; múltipla.

Figura 40 – Ilustração das bocas de lobo.



FONTE: SÃO PAULO (2012)

8.1.4. GALERIA

As galerias, também conhecidas como sistemas de drenagem subterrânea, desempenham um papel vital na coleta, condução e armazenamento temporário das águas pluviais, contribuindo significativamente para a prevenção de inundações e alagamentos em períodos de chuvas intensas.

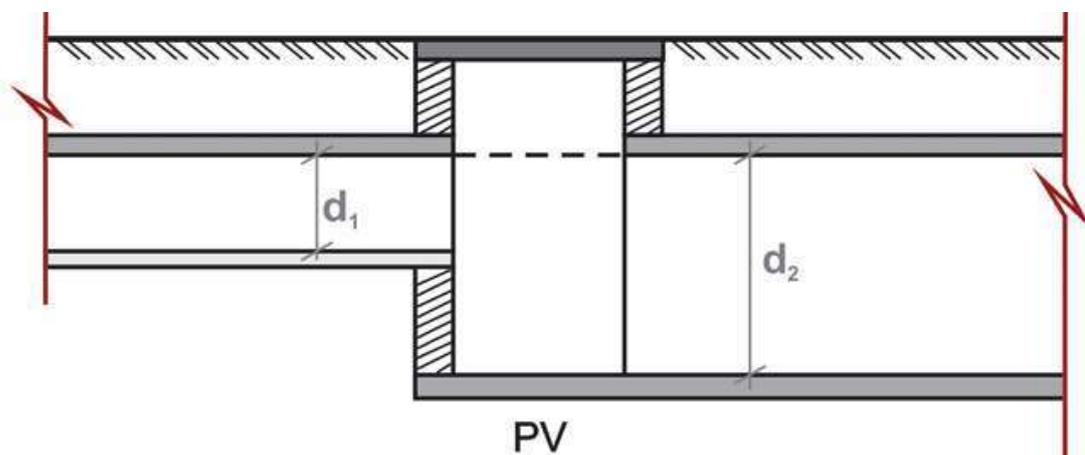
A função primordial das galerias é coletar as águas pluviais que se acumulam nas vias públicas e direcioná-las para áreas de descarga adequadas, longe das áreas urbanas densamente povoadas.

Geralmente compostas por tubos ou canais subterrâneos, as galerias são projetadas para garantir um escoamento eficiente e seguro das águas pluviais, minimizando os riscos de danos à infraestrutura urbana e ao meio ambiente.

Em São Paulo (2012) apresenta que o diâmetro mínimo das galerias de seção circular deve ser de 0,50 m. Os diâmetros correntes são: 0,50; 0,60; 1,00; 1,20; 1,50 m. Alguns dos critérios básicos de projeto são os seguintes:

- 1) as galerias pluviais são projetadas para funcionar a seção plena com vazão de projeto. A velocidade máxima admissível determina-se em função do material a ser empregado na rede.
- 2) o recobrimento mínimo da rede deve ser de 1,0 m, quando forem empregadas tubulações sem estruturas especiais. Quando forem utilizados recobrimentos menores, as canalizações deverão ser projetadas do ponto de vista estrutural;
- 3) nas mudanças de diâmetro, os tubos deverão ser alinhados pela geratriz superior, tal qual indicado na Figura 41.

Figura 41 – Ilustração das bocas de lobo.



FONTE: SÃO PAULO (2012)

8.1.5. TRECHO DE GALERIA

No contexto da drenagem urbana, os trechos de galeria se destacam como elementos fundamentais para o gerenciamento eficiente das águas pluviais nas áreas urbanas, são parcelas de canalizações, que formam as galerias, alocadas entre duas caixas de passagem ou poços de visita. Esses trechos, que compõem o sistema de drenagem subterrânea, desempenham um papel crucial na coleta, condução e direcionamento das águas pluviais, contribuindo para evitar inundações e alagamentos em períodos de chuvas intensas. A Figura 42 ilustra os trechos de galerias.

Figura 42 – Ilustração dos trechos de galerias.



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES.

A função primordial dos trechos de galeria é integrar-se a um sistema maior de drenagem, coletando as águas pluviais das ruas e direcionando-as para pontos de descarga adequados. Esses trechos são segmentos individuais da rede de galerias subterrâneas, interligando-se para formar um sistema completo de escoamento das águas pluviais. Ao longo desses trechos, a água é conduzida de maneira eficiente, minimizando os riscos de alagamentos e danos à infraestrutura urbana.

8.1.6. CONDUTO DE LIGAÇÃO

Os condutos de ligação são os responsáveis por direcionar a água pluvial captada pelas bocas coletoras até as galerias, ou ainda para os poços de visita. Esses condutos, compostos por uma série de tubulações e canais subterrâneos, desempenha um papel essencial na coleta, transporte e direcionamento das águas pluviais para locais apropriados de descarga, contribuindo significativamente para prevenir inundações e alagamentos.

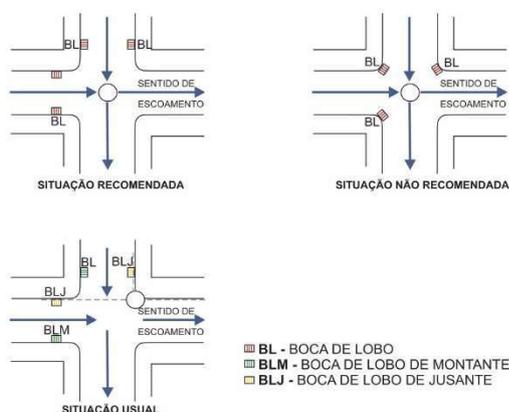
A função primordial da rede coletora é capturar as águas pluviais que se acumulam nas ruas, estradas e demais superfícies pavimentadas e conduzi-las de maneira eficiente para fora das áreas urbanas densamente povoadas.

Em São Paulo (2012) apresenta a rede coletora deve ser lançada em planta baixa (escala 1:2.000 ou 1:1.000) de acordo com as condições naturais de escoamento superficial. Algumas regras básicas para o traçado da rede são:

- 1) os divisores de bacias e as áreas contribuintes a cada trecho deverão ficar convenientemente marcadas nas plantas;
- 2) os trechos em que o escoamento se dê apenas nas sarjetas devem ficar identificados por meio de setas;
- 3) as galerias pluviais, sempre que possível, deverão ser lançadas sob os passeios;
- 4) o sistema coletor em uma determinada via poderá constar de uma rede única, recebendo ligações de bocas de lobo de ambos os passeios;
- 5) a solução mais adequada em cada rua é estabelecida economicamente em função da sua largura e condições de pavimentação.

São Paulo (2012) apresenta duas hipóteses para a locação da rede coletora de águas pluviais: (I) sob a guia (meio-fio), a mais utilizada e (II) sob o eixo da via pública (Figura 43). O recobrimento mínimo deve ser de um metro sobre a geratriz superior do tubo. Além disso, deve possibilitar a ligação das canalizações de escoamento (recobrimento mínimo de 0,60 m) das bocas de lobo.

Figura 43 – Ilustração das redes coletoras.

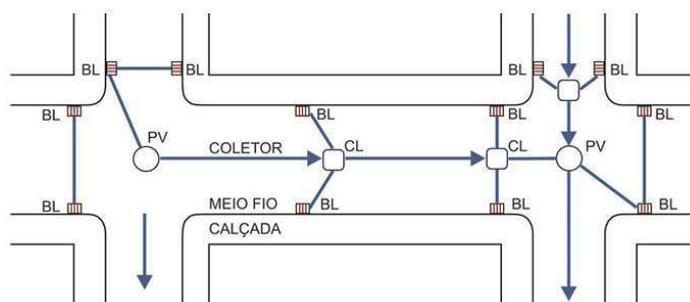


FONTE: SÃO PAULO (2012)

8.1.7. CAIXA DE LIGAÇÃO

As caixas de ligação são utilizadas quando se faz necessária a locação de bocas de lobo intermediárias ou para se evitar a chegada em um mesmo poço de visita de mais de quatro tubulações. Sua função é similar à do poço de visita, dele diferenciando-se por não serem visitáveis. Na Figura 44 são mostrados exemplos de localização de caixas de ligação. Por dificuldade de manutenção, essa configuração está em desuso.

Figura 44 – Ilustração da localização das caixas de ligação.

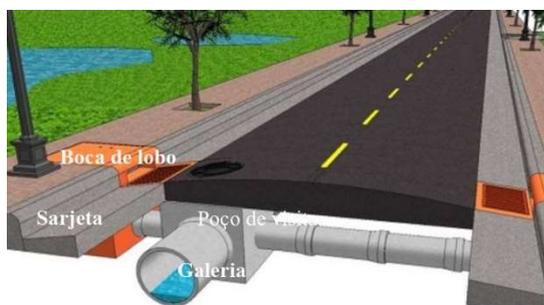


FONTE: SÃO PAULO (2012)

8.1.8. POÇO DE VISITA

O poço de visita tem a função primordial de permitir o acesso às canalizações para limpeza e inspeção, de modo que se possa mantê-las em bom estado de funcionamento. Sua locação é sugerida nos pontos de mudanças de direção, cruzamento de ruas (reunião de vários coletores), mudanças de declividade e mudanças de diâmetro. Quando as diferenças de nível do tubo afluente e o efluente forem superiores a 0,70 m, o poço de visita será denominado de queda. A Figura 43 apresenta a posição de um poço de visita.

Figura 45 – Ilustração do poço de visita no sistema.



FONTE: SÃO PAULO (2012)

8.1.9. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

Também conhecida como estação de bombeamento, essa componente, muitas vezes indispensável em regiões com topografia desfavorável ou com limitações naturais de escoamento, desempenha um papel crucial na elevação do fluxo de água em sistemas de drenagem, contribuindo significativamente para prevenir inundações e alagamentos.

A função primordial da estação elevatória é bombear as águas pluviais coletadas em áreas de baixa altitude para locais de descarga mais elevados, onde o escoamento natural não é viável. Isso é especialmente relevante em áreas urbanas onde o terreno plano ou a

presença de obstáculos físicos dificultam o escoamento gravitacional das águas pluviais. A Figura 46 apresenta a ilustração de uma estação elevatória da microdrenagem.

Figura 46 – Ilustração da estação elevatória da microdrenagem.



FONTE: Elaborado pelos Autores.

8.1.10. ELEMENTOS DE DISSIPÇÃO DE ENERGIA

Dentro do amplo espectro da drenagem urbana, o dissipador de energia surge como uma peça fundamental para garantir a eficiência e a segurança no gerenciamento das águas pluviais nas áreas urbanas. Essa componente desempenha um papel crucial na redução da velocidade do fluxo de água, minimizando assim o impacto erosivo e o risco de danos às estruturas de drenagem, além de contribuir para a preservação dos ecossistemas aquáticos locais. A Figura 47 apresenta um exemplo de dissipador de energia.

Figura 47 – Exemplo de dissipador de energia.



FONTE: WASAKI ENGENHARIA (2024).

A função primordial do dissipador de energia é dissolver a energia cinética da água antes que ela seja descarregada em corpos d'água naturais ou em outros sistemas de drenagem. Isso é particularmente importante em locais onde o escoamento das águas pluviais ocorre em alta velocidade, o que pode resultar em erosão do solo, assoreamento de rios e riachos, e até mesmo danos às estruturas próximas.

8.2. MACRODRENAGEM

A obra de DAEE/CETESB (1980) apresenta que o sistema de macrodrenagem é constituído por canais de maiores dimensões, projetados para cheias cujo período de retorno deve estar próximo de 100 anos. Quando o sistema é bem projetado pode-se obter diminuição considerável do custo da microdrenagem, como por exemplo, a diminuição das tubulações enterradas.

Em Funasa (2016) apresenta que a macrodrenagem se constitui em um conjunto de componentes artificiais, além daqueles naturais (fundos de vale e cursos d'água) que deverão ser construídos ou executados conforme a necessidade verificada. Assim conformam o sistema: galerias de grandes dimensões, canais artificiais, canais naturais, reservatórios de detenção e estruturas auxiliares.

8.2.1. GALERIAS DE GRANDES DIMENSÕES

A obra da FUNASA (2016) apresenta as galerias de grandes dimensões, são condutos destinados ao transporte das águas captadas pelo sistema de microdrenagem até os pontos de lançamento. Um dos principais motivos para a utilização dessas galerias em áreas muito urbanizadas é a restrição imposta pelo sistema viário e a limitação de espaço. Em regiões onde a urbanização é densa, o espaço disponível para a instalação de sistemas de drenagem pode ser bastante restrito. Nesses casos, as galerias de grandes dimensões tornam-se uma solução viável, pois podem ser instaladas sob vias públicas, calçadas ou áreas verdes, otimizando o aproveitamento do espaço disponível. A Figura 48 apresenta uma galeria de macrodrenagem.

Figura 48 – Grandes galerias.



FONTE: FUNASA (2016)

8.2.2. CANAIS ARTIFICIAIS

A obra da FUNASA (2016) apresenta os canais artificiais (Figura 49), uma das estruturas fundamentais da drenagem urbana, consistem em valas escavadas, podendo ou não estar revestidas com materiais que lhes conferem sustentação, e são projetados para a condução das águas pluviais. A seleção adequada da seção transversal, declividade longitudinal e inclinação dos taludes é crucial e depende de diversos fatores. Entre esses fatores, destacam-se a natureza do solo, que influencia na estabilidade da estrutura e na permeabilidade do terreno, a topografia do terreno, que determina a velocidade e o direcionamento do fluxo de água, e o tipo de escoamento, que pode variar de acordo com as características hidrológicas da região.

Figura 49 – Canais artificiais.



FONTE: FUNASA (2016)

A seção transversal do canal influencia diretamente na capacidade de vazão e na eficiência do escoamento das águas pluviais, sendo projetada de forma a otimizar o transporte dessas águas e minimizar o risco de erosão e sedimentação. A declividade longitudinal, por sua vez, determina a velocidade do fluxo de água ao longo do canal e é ajustada de acordo com as características do terreno e o volume de água a ser drenado.

A inclinação dos taludes, que são as paredes laterais do canal, também é um aspecto importante a ser considerado no projeto, pois influencia na estabilidade da estrutura e na prevenção de deslizamentos de solo. Em conjunto, esses fatores são cuidadosamente analisados e projetados para garantir a eficiência e a segurança dos canais artificiais na drenagem urbana.

8.2.3. CANAIS NATURAIS

A obra de São Paulo (2012) apresenta que os canais naturais são um sério desafio para o desempenho do bueiro. Quando a declividade do canal a montante se reduz, existe possibilidade de ocorrer sedimentação. A implantação de um bueiro em um canal natural deve ser precedida de uma inspeção local, para que fique estabelecido se as condições naturais do canal são de deposição, erosão ou de estabilidade.

A obra da FUNASA (2016) apresenta que um canal tem sua geometria controlada pela carga e descarga de água submetidas ao clima e à geologia da bacia hidrográfica. A alteração da capacidade do canal incide diretamente na ampliação da forma e tamanho da seção transversa. A Figura 50 apresenta um exemplo de canal natural.

Figura 50 – Exemplo de canal natural.



FONTE: FUNASA (2016)

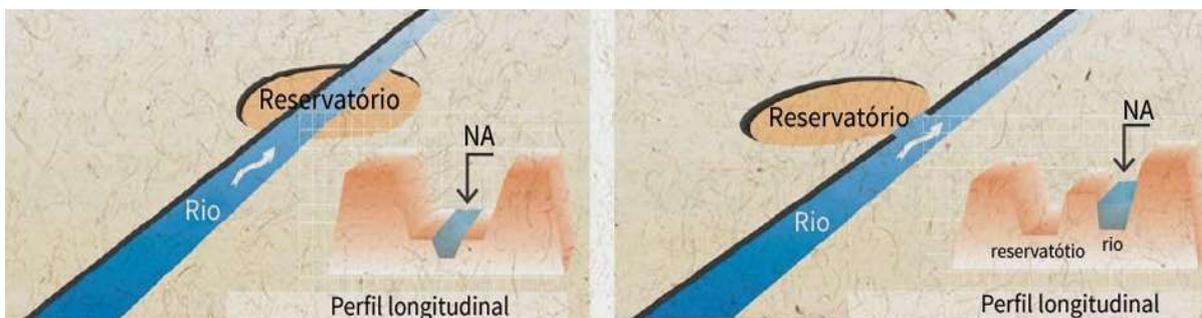
8.2.4. RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO

A obra de FUNASA (2016) apresenta o reservatório de retenção (piscinão) é um reservatório aberto ou fechado que tem por função regular a vazão de saída num valor desejado, de maneira a atenuar os efeitos a jusante da vazão de entrada (Figura 51).

FUNASA (2016) apresenta os reservatórios de retenção podem ser em linha ou fora de linha (Figura 48):

- Reservatórios em linha: executados ao longo do curso fluvial, com a função de retardar o tempo de escoamento, amortecendo as vazões de pico. O volume de água armazenado é devolvido ao canal por meio de gravidade;
- Reservatórios fora de linha: executados fora do curso do canal fluvial, geralmente em cotas mais baixas, e retiram os volumes que excedem a capacidade de escoamento do canal. Parte do volume de água armazenado é devolvido ao canal por gravidade ou por meio de bombas.

Figura 51 – Ilustração dos reservatórios em linha e fora de linha.



FONTE: FUNASA (2016)

8.2.5. ESTRUTURAS AUXILIARES DE CONTROLE

A obra de FUNASA (2016) apresenta outras estruturas desempenham um papel fundamental no controle das águas no âmbito da macrodrenagem (conforme ilustrado na Figura 48). Entre essas estruturas, destacam-se os dissipadores de energia, que reduzem a velocidade do fluxo de água e minimizam a erosão; a proteção de cortes e aterros, que evita deslizamentos de terra e danos à infraestrutura; e a proteção contra erosões e assoreamento, que preserva a integridade do solo e dos cursos d'água.

Outras estruturas importantes incluem as travessias (Figura 52), que permitem a passagem segura de veículos e pedestres sobre cursos d'água; as estações de bombeamento, que elevam o fluxo de água em áreas de baixa altitude; entre outros dispositivos e técnicas de engenharia hidráulica. Essas estruturas são essenciais para garantir a eficácia e a segurança dos sistemas de macrodrenagem, ajudando a prevenir inundações, proteger a infraestrutura urbana e promover o uso sustentável dos recursos hídricos.

Figura 52 – Ilustração de uma bacia de acumulação com dissipador de energia.



FONTE: FUNASA (2016)

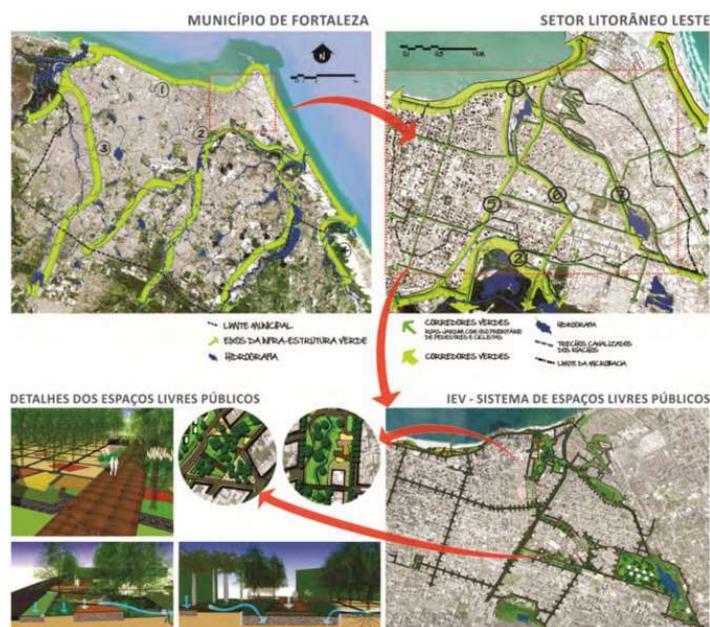
9. DRENAGEM SUSTENTÁVEL

A obra de Moura (2013) apresenta os conceitos de infraestrutura verde. O primeiro que citamos é que a infraestrutura verde tem sido usada em relação às paisagens e aos sistemas físicos que proveem os processos ecológicos e ambientais e os serviços que contribuem à condição de paisagem sustentável, agregando outro sentido ao significado estritamente administrativo e funcional da infraestrutura. Outro conceito apresentado traz que a infraestrutura verde é a moldura ecológica para a saúde ambiental, social e econômica.

Moura (2013) apresenta a leitura da paisagem a partir das infraestruturas verdes aplicada em qualquer escala: ao lote individual, à comunidade local, ao estado ou à região. Assim, estratégias para a conformação dessa estrutura dependem do seu contexto. Num cenário urbano a infraestrutura verde pode incluir o *habitat* do quintal, as árvores das ruas ou as várzeas ao longo dos rios e córregos, que protegem a cidade contra as enchentes. Portanto, criar essa rede interconectada significa olhar para onde as oportunidades existem.

Moura (2013) apresenta a infraestrutura verde constitui uma poderosa ferramenta de planejamento e projeto a ser aplicada pelas engenharias, arquitetura, arquitetura paisagística e planejamento urbano como estratégia de sustentabilidade dos ambientes urbanos. Nesse contexto, as cidades devem ser entendidas como ecossistemas urbanos, com diversos processo e ecológicos, direcionados significativamente pelas atividades humanas. A Figura 53 apresenta a infraestrutura verde de Fortaleza, sendo composta pela rede de livres espaços públicos da cidade e tendo a hidrografia como elemento central.

Figura 53 – Infraestrutura verde de Fortaleza.



FONTE: MOURA (2013)

Moura (2013) apresenta que as melhores práticas de manejo de água de chuva têm sido utilizadas como alternativa para tratar as questões de quantidade e qualidade de escoamento superficial, sendo enquadrado nos moldes do *Low Impact Development* – LID. As práticas do LID procuram reduzir o volume escoado através de sistemas de retenção e infiltração que mimetizam as condições pré-urbanas e promovem o incremento de áreas naturalizadas, ao mesmo tempo em que removem nutrientes, metais e patogênicos.

Moura (2013) apresenta as técnicas de LID de manejo de águas de chuva como sistema não convencionais de controle na fonte, que abrange soluções práticas para o problema dos deflúvios urbanos, podem utilizar dois tipos de técnicas, que são:

- Estruturais: englobam obras de engenharia destinadas à retenção temporária do escoamento, podendo-se promover o tratamento da água. Esses sistemas permitem o controle quali-quantitativo da vazão gerada na bacia, seja pelo armazenamento temporário do volume escoado, seja pela redução da carga poluidora;

- Não-estruturais: não contemplam grandes obras e envolvem ações de cunho social para modificar comportamentos e disseminar o uso racional urbano. Englobam as regras de controle de uso e de ocupação do solo, de esforços de conscientização, de fiscalização do uso e de ocupação dos espaços urbanos, de manutenção regular dos elementos estruturais, de controle de conexões ilegais e de desconexão entre áreas impermeáveis.

Moura (2013) apresenta estratégias projetuais baseadas de biorretenção para manejo do volume precipitado, que podem ser assim descritas:

- Jardins de chuva (sistemas de biorretenção ou bacias de infiltração): são depressões topográficas, que recebem o escoamento da água pluvial. O solo tratado com compostos e demais insumos, que aumentam sua porosidade, absorvendo a água, enquanto micro-organismos e bactérias removem os poluentes difusos trazidos. A adição de plantas aumenta a evapotranspiração e a remoção de nutrientes (Figura 54);

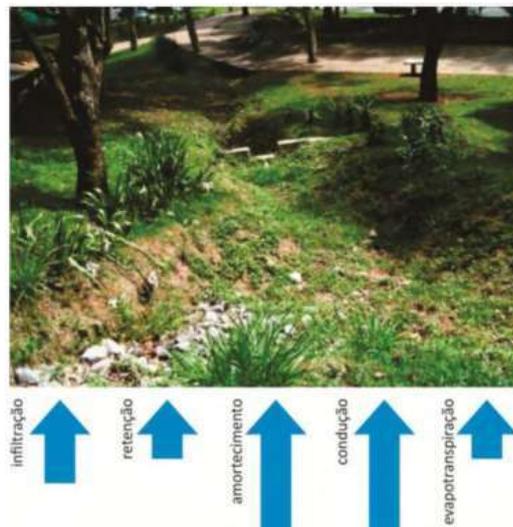
Figura 54 – Green Street em Portland no Oregon (EUA).



FONTE: MOURA (2013)

- Biovaletas (canais ou trincheiras verdes): são semelhantes aos jardins de chuva, mas geralmente se referem a depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes, que processam a limpeza da água da chuva, ao mesmo tempo em que aumentam seu tempo de escoamento, dirigindo este para os jardins de chuva (Figura 55).

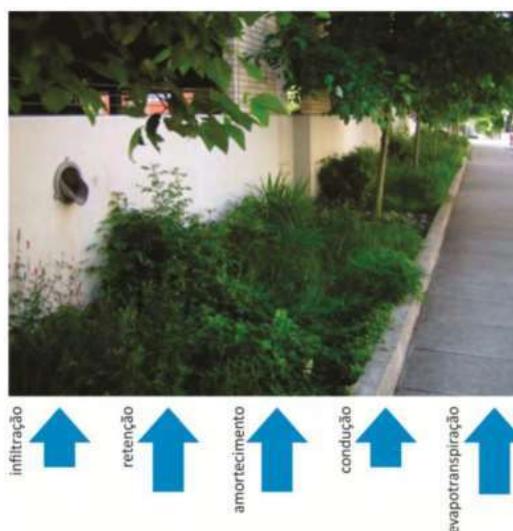
Figura 55 – Praça das Corujas em Vila Madalena em São Paulo.



FONTE: MOURA (2013)

- Canteiros pluviais: são basicamente jardins de chuva que foram compactados em pequenos espaços urbanos. Um canteiro pode contar, além de sua capacidade de infiltração, com um extravasador, ou, em exemplos sem infiltração, contar só com a evaporação, a evapotranspiração e o transbordamento (Figura 56);

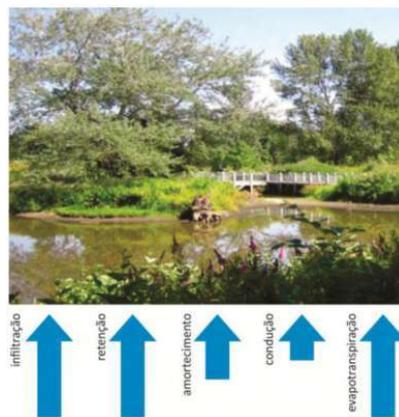
Figura 56 – Liberty Center Parking Garage em Portland no Oregon (EUA).



FONTE: MOURA (2013)

- Lagoas pluviais (bacias de retenção ou *wetlands*): funcionam como bacias de retenção e recebem o escoamento superficial por drenagens naturais ou tradicionais. Uma parte da água pluvial captada permanece retida entre os eventos de precipitação das chuvas. Dessa forma, essas tipologias paisagísticas acabam se caracterizando com um alagado construído, mas que não está destinado a receber efluentes de esgotos domésticos ou industriais (Figura 57).

Figura 57 – Meadowbrook Pond em Seattle no Washington (EUA).



FONTE: MOURA (2013)

Moura (2013) acrescenta que a infraestrutura verde e seu método de planejamento e projeto, as tipologias de manejo das águas de chuva, especialmente as que utilizam biorretenção, consistem em importantes estratégias paisagísticas embasadas nos princípios das melhores práticas de manejo e do LID, além de satisfazerem os demais conceitos interligados a infraestrutura verde: serviços ecológicos, resiliência, adaptabilidade, conectividade, modulação e redundância, multifuncionalidade e biodiversidade. Ao fazer uso das já citadas técnicas compensatórias estruturais de controle na fonte, configura-se uma rede de espaços abertos que desempenham funções infraestruturais relacionadas não apenas às águas urbanas, mas ao conforto ambiental, ao ecossistema, às alternativas de circulação, à acessibilidade e à margem local, conforme apresenta a Figura 58.

Figura 58 – Matriz orgânica das técnicas LID e da MPM.



FONTE: MOURA (2013)

TITULO V – SERVIÇOS DE DMAPU



10. PRESTAÇÃO DO SERVIÇO DE DMAPU

A Lei Federal nº 11.445, de 2007 define claramente esses serviços como sendo compostos por uma série de atividades, infraestrutura e instalações operacionais que englobam desde a coleta e transporte das águas pluviais até seu tratamento e disposição final, incluindo a limpeza e fiscalização das redes de drenagem. Essa legislação também estabelece a importância da integração dos serviços de DMAPU com o planejamento urbano e ambiental, reconhecendo a necessidade de uma abordagem holística e sustentável para lidar com os desafios relacionados à gestão das águas pluviais nas áreas urbanas.

O artigo 3º-D da Lei Federal nº 11.445, de 2007 define que os serviços públicos de DMAPU são aqueles constituídos por um ou mais das seguintes atividades:

- I – drenagem urbana;
- II – transporte de águas pluviais urbanas;
- III – detenção ou retenção de águas pluviais urbanas para amortecimento de vazões de cheias; e
- IV – tratamento e disposição final de águas pluviais urbanas.

10.1. ATIVIDADES DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DE DMAPU

As atividades relacionadas à prestação de serviços de DMAPU englobam diferentes aspectos da gestão desses recursos hídricos em ambientes urbanos. Desde a coleta e o transporte até o tratamento e a disposição final das águas pluviais, são apresentados diretrizes e procedimentos para garantir a eficiência e a sustentabilidade desses serviços. A compreensão e a aplicação adequada dessas atividades são fundamentais para minimizar os impactos das chuvas e promover a resiliência das cidades diante dos desafios climáticos e ambientais contemporâneos.

10.1.1. DRENAGEM URBANA

A drenagem urbana desempenha um papel crucial na gestão das águas pluviais, especialmente em áreas urbanizadas. Em eventos de precipitação intensa, a ausência de um sistema de drenagem eficiente pode resultar na acumulação de água nas ruas, calçadas e quintais residenciais. Tal acumulação pode levar a inundações que não apenas causam danos materiais a edificações e infraestruturas, mas também representam riscos significativos à segurança das pessoas. A Figura 59 ilustra os potenciais impactos adversos decorrentes de uma drenagem inadequada.

Figura 59 – Consequências das chuvas no litoral gaúcho.



FONTE: CORREIO DO POVO (2013)

Um sistema de drenagem adequado contribui não apenas para a prevenção de inundações, mas também para a manutenção da limpeza e da saúde urbana. Poças de água estagnada, formadas após a chuva, podem se tornar focos de proliferação de mosquitos e outros vetores de doenças. Assim, a rápida condução das águas pluviais por meio de um sistema de drenagem bem projetado e mantido é fundamental para mitigar esses riscos, conforme ilustrado na Figura 60.

Figura 60 – Consequências das chuvas no litoral gaúcho.



FONTE: CORREIO DO POVO (2013)

Os prestadores de serviço responsáveis pela drenagem urbana possuem as atribuições relacionadas às componentes da drenagem, garantindo vias públicas seguras e adequadas para os usuários, sendo as principais atribuições:

- Coleta Eficiente de Água da Chuva: assegurar que as bocas de lobo estejam estrategicamente localizadas para coletar eficientemente a água da chuva que se acumula

nas vias públicas, garantindo que essas estruturas estejam limpas e desobstruídas para facilitar o fluxo contínuo de água durante as chuvas;

- **Manutenção Preventiva e Corretiva:** realizar manutenção preventiva regularmente, inspecionando e limpando as bocas de lobo e sarjetas para evitar obstruções que possam levar a inundações e alagamentos, realizando os reparos corretivos sempre que necessário, como consertos de danos estruturais ou substituição de componentes desgastados;
- **Inspeção e Monitoramento Constantes:** implementar programas de inspeção e monitoramento para identificar precocemente quaisquer problemas nas bocas de lobo e sarjetas, como rachaduras, entupimentos ou afundamentos, permitindo agir rapidamente para corrigir esses problemas antes que se tornem mais graves e causem danos às vias públicas;
- **Treinamento e Capacitação da Equipe:** a equipe deve estar devidamente treinada e capacitada para realizar as tarefas de manutenção, inspeção e reparo das bocas de lobo e sarjetas de forma eficiente e segura, fornecendo treinamentos regulares sobre as melhores práticas de drenagem urbana e técnicas de manutenção adequadas;
- **Comunicação Transparente:** manter uma comunicação transparente, informando sobre os serviços prestados, os horários de manutenção programados e os procedimentos em caso de emergência, ajudando a construir confiança e engajamento com os moradores, garantindo sua segurança durante eventos climáticos extremos.

Portanto, a prestação de serviço drenagem urbana e equivalente ao investimento para garantir que as cidades funcionem bem mesmo nos dias de chuva forte, protegendo as pessoas, evitar doenças, preservar o meio ambiente e manter a infraestrutura da cidade em bom estado.

10.1.2. TRANSPORTE DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

A prestação do serviço do transporte de águas pluviais urbanas garante que as chuvas sejam gerenciadas de forma eficaz nas áreas urbanas, na qual a impermeabilização do solo pelo asfalto e construções impede a absorção natural da água pelo solo. Essa impermeabilização pode levar a inundações, erosão do solo e até mesmo à contaminação da água. Aqui estão algumas razões pelas quais o transporte de águas pluviais urbanas é tão importante:

- **Prevenção de Inundações:** Quando chove muito em áreas urbanas, as águas pluviais precisam ser transportadas rapidamente para longe das ruas e dos edifícios. Caso contrário, as inundações podem ocorrer, causando danos às casas, estradas e outras estruturas;

- **Proteção da Qualidade da Água:** Se as águas pluviais não forem transportadas adequadamente, elas podem se misturar com esgotos ou outros poluentes, contaminando rios, lagos e até mesmo o abastecimento de água potável;
- **Prevenção da Erosão:** O transporte adequado das águas pluviais também ajuda a prevenir a erosão do solo. Quando a água corre livremente pelas ruas, ela pode levar consigo o solo, causando danos ao ambiente natural e às estruturas urbanas;
- **Segurança Pública:** Evitar que as ruas fiquem alagadas não é apenas uma questão de evitar transtornos. Também é uma questão de segurança pública. Inundações repentinas podem representar um perigo para os pedestres e motoristas, colocando vidas em risco;
- **Preservação da Infraestrutura Urbana:** Edifícios, estradas e outras estruturas urbanas podem ser danificados pelo acúmulo de água. O transporte eficaz das águas pluviais ajuda a proteger essa infraestrutura, economizando dinheiro em reparos e manutenção.

A prestação do de serviço de transporte de águas pluviais urbanas tem as atribuições envolvem uma série de responsabilidades essenciais, que são:

- **Planejamento e Dimensionamento de Sistemas:** realizar o planejamento e o dimensionamento adequados dos sistemas de transporte de águas pluviais, considerando as características locais, como topografia, padrões de precipitação e uso do solo, envolvendo a dimensionando cuidadosa de tubulações, canais e outros componentes para garantir a eficiência e a capacidade adequada de drenagem, conforme apresenta a Figura 61;

Figura 61 – Planejamento e dimensionamento dos sistemas de transporte.



FONTE: DOC PLAYER (2024)

- **Construção e Manutenção de Infraestrutura:** garantir a construção adequada e a manutenção regular da infraestrutura de transporte de águas pluviais, incluindo redes de tubulação, bueiros, canais e bacias de retenção, incluindo a inspeção periódica, limpeza e reparo de obstruções, danos ou desgaste da infraestrutura existente, conforme apresenta a Figura 62;

Figura 62 – Manutenção preventiva nas redes pluviais.



FONTE: AGÊNCIA BRASÍLIA (2024)

- **Controle de Inundações e Alagamentos:** implementar medidas para controlar inundações e alagamentos, garantindo que a água das chuvas seja devidamente coletada e transportada para locais apropriados, longe de áreas habitadas, envolvendo a instalação de sistemas de drenagem, como bueiros e canais, e o uso de tecnologias de controle de vazão, conforme apresenta a Figura 63;

Figura 63 – Transporte das águas das chuvas para o piscinão.



FONTE: ACEWEB (2024)

- **Monitoramento e Gerenciamento de Riscos:** monitorar constantemente as condições hidrológicas e meteorológicas, identificando potenciais riscos de inundação e tomando medidas preventivas para mitigar esses riscos, incluindo a implementação de sistemas de alerta precoce e a coordenação com outras agências de resposta a emergências, conforme apresenta a Figura 64.

Figura 64 – Monitoramento das chuvas.



FONTE: AGSOLVE (2024)

- Educação e Engajamento da Comunidade: envolver e educar a comunidade sobre a importância da gestão adequada das águas pluviais e as medidas que podem tomar para reduzir os riscos de inundação em suas propriedades, incluindo programas de conscientização pública, *workshops* e materiais educativos sobre drenagem urbana. A Figura 65 apresenta a iniciativa da ADASA.

Figura 65 – Conscientização do saneamento para a população.



FONTE: ADASA NA ESCOLA (2024)

Portanto, os prestadores de serviço de transporte de águas pluviais urbanas têm a responsabilidade de garantir sistemas eficientes e bem-mantidos para proteger a comunidade contra inundações e alagamentos, ao realizar nossas atribuições com diligência e eficiência, contribuimos para a segurança e o bem-estar das áreas urbanas que servimos.

10.1.3. DETENÇÃO OU RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS PARA AMORTECIMENTO DE VAZÕES E CHEIAS

A prestação dos serviços de transporte de detenção ou retenção de águas pluviais urbanas para amortecimento de vazões e cheias são importantes pelos seguintes aspectos:

- Transportar e gerenciar as águas pluviais em áreas urbanas garantem que as cidades permaneçam livres de inundações, sendo essencial para amortecer vazões e evitar cheias;
- Nas áreas urbanas, onde grande parte do solo é impermeabilizado por estradas, prédios e calçadas, as águas pluviais não podem ser absorvidas naturalmente pelo solo, escorrendo pelas ruas, criando riscos de inundações e sobrecarregando os sistemas de drenagem, necessitam um lugar para se acumularem;
- A detenção ou retenção de águas pluviais envolve a construção de estruturas projetadas para armazenar temporariamente a água da chuva, permitindo que ela seja liberada de forma controlada ao longo do tempo, ajudando a reduzir picos de vazão em cursos d'água e evita que os sistemas de drenagem fiquem sobrecarregados;
- Essas estruturas podem incluir bacias de detenção, tanques de retenção, valas de infiltração e áreas verdes permeáveis, essas estruturas ajudam a reduzir o volume de água transportada pelos sistemas de drenagem, diminuindo assim o risco de inundações.

O prestador de serviço responsável pela detenção ou retenção de águas pluviais urbanas para amortecimento de vazões e cheias (a Figura 66 ilustra o sistema de retenção) possui as seguintes atribuições:

- projetar, construir e manter infraestruturas adequadas para lidar com as águas pluviais nas áreas urbanas, incluindo a implementação de bacias de detenção, tanques de retenção, valas de infiltração e outras estruturas destinadas a armazenar temporariamente;
- projetar estruturas considerando fatores como capacidade de armazenamento, taxa de liberação da água retida, impacto ambiental e integração com o ambiente urbano, garantindo que as estruturas sejam dimensionadas adequadamente para lidar com as vazões máximas esperadas e que sejam construídas com materiais duráveis e resistentes;
- realizar a manutenção regular dessas estruturas, incluindo a remoção de detritos, a limpeza de canais e a inspeção periódica para garantir que as estruturas estejam funcionando corretamente, identificando problemas que devem ser corrigidos prontamente para garantir a eficácia do sistema de detenção ou retenção de águas pluviais, conforme apresentado na Figura 65 a limpeza de canal.

Figura 66 – Limpeza do canal de drenagem.



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES.

Em resumo, a prestação de serviços de transporte de detenção ou retenção de águas pluviais urbanas reduz inundações, protegendo as áreas urbanas contra os efeitos adversos das chuvas intensas, implementando essas medidas de forma eficaz, garantindo que nossas cidades sejam mais seguras, sustentáveis e resilientes às mudanças climáticas.

10.1.4. TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

O prestador de serviço do tratamento e disposição final de águas pluviais urbanas garante que águas das chuvas não contaminem os corpos d'água naturais. Durante o percurso pelas ruas e superfícies urbanas, as águas pluviais podem carregar poluentes como óleos, metais pesados e resíduos químicos.

A disposição final adequada das águas pluviais tratadas é outra responsabilidade importante do prestador de serviço, envolvendo a liberação das águas tratadas em cursos d'água, a infiltração no solo por meio de valas de infiltração ou a utilização em processos de recarga de aquíferos. Garantir que as águas pluviais tratadas sejam descartadas de maneira responsável e sustentável é essencial para proteger os recursos hídricos.

O prestador de serviço de tratamento e disposição final de águas pluviais urbanas, possui como primeira atribuição de garantir que as águas pluviais sejam tratadas adequadamente antes de serem descartadas no meio ambiente. Para isso, pode-se empregar diferentes técnicas de tratamento, como a filtração, a sedimentação e a desinfecção, dependendo do nível de poluição das águas pluviais, seguindo as normas e regulamentações ambientais vigentes para garantir que o tratamento seja eficaz e seguro. A Figura 67 apresenta uma estação de tratamento de águas pluviais.

Figura 67 – Estação de Tratamento de Águas Pluviais.



FONTE: ALLONDA (2024)

Além do tratamento, o prestador de serviço também é responsável pela disposição final adequada das águas pluviais tratadas, envolvendo a liberação das águas em cursos d'água, a infiltração no solo por meio de valas de infiltração ou a utilização em processos de recarga de aquíferos, escolhendo o método de disposição final mais adequado às características locais e garantir que ele seja realizado de forma sustentável. A Figura 68 apresenta um exemplo de técnica de recarga de aquífero.

Figura 68 – Técnica de recarga de aquífero.

PERFIL TIPO DE UN DISPOSITIVO DE RECARGA ARTIFICIAL (CANAL) EN "CONTROL LATERAL" EN UNA ZONA REGABLE



FONTE: SOS RIOS DO BRASIL (2024)

Em resumo, suas atribuições na prestação dos serviços de tratamento e disposição final de águas pluviais urbanas são fundamentais para proteger o meio ambiente, garantir a qualidade da água e promover o bem-estar das comunidades urbanas.

10.2. FORMAS DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE DMAPU DEFINIDAS PELO TITULAR

As diversas formas de prestação de serviço de DMAPU que podem ser definidas pelo Titular, abordando suas características, vantagens, desafios e exemplos práticos. Agora, vamos explorar detalhadamente as diferentes formas de prestação de serviço de DMPAU que podem ser definidas pelo Titular.

10.2.1. GESTÃO DIRETA

Na gestão direta, o órgão público responsável assume todas as etapas do processo, desde o planejamento e a construção da infraestrutura até a operação e a manutenção dos sistemas de drenagem. No entanto, pode exigir investimentos significativos em infraestrutura e recursos humanos, bem como uma supervisão rigorosa para garantir a eficiência e a transparência na gestão.

10.2.2. CONCESSÃO OU TERCEIRIZAÇÃO

Na concessão ou terceirização, o Titular contrata uma empresa privada para realizar parte ou a totalidade das atividades relacionadas à DMAPU. A empresa concessionária assume a responsabilidade pela construção, operação e manutenção dos sistemas de drenagem, enquanto o Titular mantém a supervisão e o controle regulatório sobre os serviços prestados. Essa abordagem pode trazer benefícios em termos de eficiência operacional, inovação tecnológica e transferência de riscos para o setor privado.

10.2.3. CONSÓRCIO

A gestão do consórcio envolve a colaboração entre diferentes entidades públicas para realizar em conjunto a prestação dos serviços. Os municípios se unem para compartilhar recursos, conhecimentos e experiências na gestão permitindo uma abordagem mais integrada e eficiente na gestão dos recursos hídricos em uma determinada região, além de promover a otimização de custos e a ampliação da capacidade de resposta a desafios comuns.

10.2.4. PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS – PPP

A PPP é uma forma inovadora de prestação de serviço que envolve a participação do setor privado no financiamento, construção e operação de infraestrutura de drenagem urbana

em troca de remuneração. Neste modelo, o setor privado assume parte ou a totalidade dos riscos associados à prestação dos serviços, enquanto o setor público mantém a supervisão e o controle regulatório. A PPP pode trazer benefícios em termos de eficiência, inovação e acesso a recursos financeiros, mas também apresentam desafios em relação à transparência, prestação de contas e proteção dos interesses públicos.

10.3. USUÁRIOS DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DA DMAPU

A DMAPU são aspectos vitais da infraestrutura urbana, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas. Esses serviços garantem a proteção contra inundações, a preservação da qualidade da água e a sustentabilidade ambiental das cidades. No entanto, para fornecer esses serviços de forma eficaz, é essencial entender e caracterizar os usuários envolvidos. Este texto analisará em detalhes a caracterização do usuário na prestação de serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, abordando diferentes grupos de usuários, suas necessidades específicas e os desafios enfrentados na gestão.

10.3.1. RESIDÊNCIAS URBANAS

As residências urbanas formam a base dos usuários dos serviços de DMAPU (Figura 69). Os moradores urbanos dependem desses serviços para proteger suas propriedades contra inundações e alagamentos durante eventos de chuvas intensas. As necessidades dos moradores urbanos variam de acordo com a localização geográfica, o tipo de habitação e as condições socioeconômicas. Por exemplo, áreas mais vulneráveis a inundações podem exigir medidas robustas, enquanto áreas com maior poder aquisitivo podem optar por soluções mais avançadas, como sistemas de retenção de água da chuva.

Figura 69 – Ilustração dos usuários formados por residências.



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES.

10.3.2. COMÉRCIOS E ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS

Os comércios e estabelecimentos comerciais são outro grupo importante de usuários dos serviços de drenagem urbana (Figura 70). Esses usuários dependem da infraestrutura de drenagem para proteger seus estoques, instalações e equipamentos contra os danos causados pelas inundações e alagamentos. A interrupção das operações comerciais devido a inundações pode resultar em perdas financeiras significativas, além de impactar negativamente a economia local. Portanto, é crucial que esses usuários tenham acesso a sistemas de drenagem confiáveis e eficientes.

Figura 70 – Ilustração dos usuários formados por comércios.



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES.

10.3.3. INFRAESTRUTURA PÚBLICA

A infraestrutura pública, como estradas, rodovias, ferrovias e sistemas de transporte público, também depende dos serviços de DMAPU (Figura 71). A falta de infraestrutura de drenagem adequada pode resultar em interrupções no tráfego, danos à infraestrutura e custos adicionais de manutenção. Portanto, as autoridades públicas invistam na melhoria e expansão dos sistemas de drenagem para garantir a funcionalidade e a segurança dessas estruturas.

Figura 71 – Ilustração dos usuários formados pelo setor público.



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES.

10.3.4. INSTITUIÇÕES DE ENSINO E SAÚDE

Instituições de ensino, como escolas e universidades, e instituições de saúde, como hospitais e clínicas, também são usuários importantes dos serviços de drenagem urbana (Figura 72). Essas instituições dependem da infraestrutura de drenagem para garantir a segurança, pacientes e funcionários contra os riscos associados às inundações e alagamentos. Além disso, a gestão adequada das águas pluviais é essencial para proteger as instalações e equipamentos dessas instituições contra danos causados pela água.

Figura 72 – Ilustração dos usuários formados pelo setor público.



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES.

10.3.5. SETOR RURAL

Embora menos comumente associado à drenagem urbana, o setor rural também depende dos serviços de DMAPU (Figura 73). Os agricultores precisam de sistemas de drenagem eficientes para proteger suas colheitas, animais e infraestrutura agrícola contra os impactos das chuvas intensas e da erosão do solo. Além disso, a gestão adequada das águas pluviais é importante para proteger a qualidade do solo e da água nas áreas rurais, garantindo a produtividade sustentável da agricultura.

Figura 73 – Ilustração dos usuários formados pelo setor público.



FONTE: SP TUBOS (2024).

10.3.6. SETOR INDUSTRIAL

O setor industrial desempenha um papel significativo na demanda e nas necessidades dos serviços de DMAPU (Figura 74). As indústrias dependem desses serviços para proteger suas instalações, equipamentos e operações contra os danos causados pelas inundações e alagamentos. Além disso, muitas indústrias geram águas pluviais contaminadas que exigem tratamento especializado antes de serem descarregadas no sistema de drenagem urbana. Portanto, é fundamental que as autoridades locais considerem as necessidades do setor industrial ao projetar e operar sistemas de drenagem urbana.

Figura 74 – Ilustração dos usuários formados pelo setor público.



FONTE: ACO (2024).

10.4. OPEX E CAPEX PARA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO DE DMAPU

A gestão financeira eficiente da prestação do serviço de DMAPU deve levar em consideração tanto os custos operacionais (OPEX) quanto os custos de capital (CAPEX). A sigla CAPEX vem do inglês *CAPital EXpenditure* e significa Despesas de Capitais ou Investimentos em Bens de Capitais. A sigla OPEX vem do inglês *OPerational EXpenditure* e significa Despesas e Dispendios Operacionais e no Investimento em Manutenção de Equipamentos.

A gestão financeira na prestação de serviços de DMAPU envolve desafios e considerações. Este capítulo explora os aspectos relacionados aos custos operacionais e de capital, bem como estratégias para uma gestão eficaz dos recursos financeiros disponíveis. A Estratégias de Gestão Financeira eficaz dos serviços de DMAPU envolve:

- Planejamento Financeiro: Desenvolvimento de orçamentos de curto e longo prazo que considerem tanto os custos operacionais quanto os custos de capital;
- Priorização de Investimentos: Identificação das necessidades de investimento em infraestrutura e manutenção com base em avaliações de risco.

10.4.1. CUSTOS OPERACIONAIS (OPEX)

Os custos operacionais referem-se aos gastos contínuos associados à operação e manutenção dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, podendo variar dependendo da escala e da complexidade dos sistemas, bem como das condições locais. As principais categorias de custos operacionais incluem:

- **Mão de Obra:** Os custos com pessoal representam uma parte significativa dos custos operacionais, incluindo salários, benefícios, treinamento e desenvolvimento de equipes responsáveis pela operação, manutenção e monitoramento dos sistemas de drenagem;
- **Manutenção e Reparos:** A manutenção regular é essencial para garantir o bom funcionamento dos sistemas de drenagem ao longo do tempo, incluindo as atividades como limpeza de galerias, desobstrução de canais, reparos de danos e substituição de componentes desgastados;
- **Consumíveis e Materiais:** Os custos associados à compra de consumíveis e materiais necessários para a manutenção dos sistemas também devem ser considerados, incluindo produtos químicos para tratamento de água, lubrificantes, peças de reposição e equipamentos de proteção individual (EPI);
- **Energia:** Alguns sistemas de drenagem, como bombas e estações de tratamento, consomem energia elétrica para operar. Portanto, os custos com eletricidade também são uma consideração importante nos custos operacionais;
- **Monitoramento e Controle:** Os sistemas de drenagem requerem monitoramento contínuo para avaliar o desempenho, detectar problemas e tomar medidas corretivas quando necessário, envolvendo o uso de sensores, sistemas de controle e software especializado.

10.4.2. CUSTOS DE CAPITAL (CAPEX)

Os custos de capital referem-se aos investimentos iniciais necessários para planejar, projetar, construir e instalar os sistemas de DMAPU, desenvolvendo a infraestrutura necessária para lidar com as águas pluviais de forma eficaz e sustentável. As principais categorias de custos de capital incluem:

- **Projeto e Engenharia:** Os custos iniciais incluem o desenvolvimento de estudos de viabilidade, projetos de engenharia, estudos ambientais e obtenção de licenças e aprovações necessárias para a construção dos sistemas de drenagem;
- **Aquisição de Terrenos:** Em alguns casos, pode ser necessário adquirir terrenos para a construção de infraestruturas de drenagem, como canais, bacias de retenção ou estações de tratamento de águas pluviais;

- **Construção e Instalação:** Os custos de construção incluem materiais, equipamentos, mão de obra e serviços contratados para construir e instalar os sistemas de drenagem, como tubulações, canais, reservatórios e dispositivos de controle de água;
- **Equipamentos e Tecnologia:** Além da infraestrutura física, os custos de capital também podem incluir a aquisição de equipamentos e tecnologias especializadas, como bombas, sistemas de tratamento de águas pluviais e software de monitoramento.

10.5. RELAÇÃO COMERCIAL ENTRE O USUÁRIO E O PRESTADOR DE SERVIÇO

A relação comercial entre o usuário e o prestador de serviço para DMAPU garante a eficiência, qualidade e sustentabilidade desses serviços. Neste capítulo, apresentam-se as mais importantes relações entre os usuários e os prestadores de serviço.

10.5.1. CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO

Um dos pilares dessa relação é o contrato de adesão para a prestação de serviço, que estabelece os termos e condições para a prestação dos serviços de DMAPU, definindo as responsabilidades do prestador de serviço, os direitos e deveres do usuário, as taxas ou as tarifas aplicáveis, os padrões de qualidade a serem alcançados e os mecanismos de resolução de conflitos.

10.5.2. TAXAS E TARIFAS

As taxas e tarifas cobradas pelo serviço de DMAPU são aspectos críticos da relação comercial, podendo variar dependendo de fatores como o tamanho da propriedade, a área impermeabilizada, o tipo de uso do solo e a quantidade de água pluvial gerada, sendo essencial que essas taxas e tarifas sejam justas e proporcionais aos custos associados à prestação dos serviços, preferencialmente homologadas pela agência reguladora.

10.5.3. PREÇOS PÚBLICOS E MULTAS

Os preços públicos referem-se aos preços cobradas pelo prestador de serviço para cobrir os custos de operação, manutenção e investimento na infraestrutura de drenagem. Já as multas servem como um mecanismo de incentivo para garantir o cumprimento das regras e manter a eficiência do sistema.

10.5.4. TRANSPARÊNCIA E COMUNICAÇÃO

A transparência e a comunicação aberta entre o prestador de serviço e o usuário são fundamentais para uma relação comercial saudável. O prestador de serviço deve fornecer informações claras sobre os serviços oferecidos, as taxas ou as tarifas aplicáveis, os procedimentos de pagamento e quaisquer mudanças nos serviços ou políticas relevantes. Além disso, os usuários devem ter canais de comunicação acessíveis para relatar problemas, fazer perguntas ou fornecer feedback sobre os serviços prestados.

10.5.5. OUVIDORIA

O processo de ouvidoria é projetado para fornecer aos usuários um canal direto de comunicação para expressar suas preocupações, fazer reclamações e fornecer *feedback* sobre os serviços prestados.

O prestador de serviço deve disponibilizar diferentes canais de comunicação para os usuários entrarem em contato com a ouvidoria, podendo incluir telefone, e-mail, formulários online e até mesmo atendimento presencial em escritórios físicos, sendo a ouvidoria da agência reguladora a segunda instância ao usuário (AGESAN-RS, 2019).

Quando um usuário entra em contato com a ouvidoria para fazer uma reclamação ou fornecer *feedback*, sua mensagem é registrada e documentada, devendo o prestador de serviço abrir um protocolo (AGESAN-RS, 2019).

Após receber uma reclamação ou *feedback*, a ouvidoria inicia um processo de análise e investigação para entender a natureza do problema e identificar possíveis soluções. Uma vez concluída a investigação, a ouvidoria fornece uma resposta ao usuário, explicando as conclusões alcançadas e, se aplicável, as medidas corretivas que serão tomadas para resolver o problema. Logo, o usuário poderá de forma alternativa a ouvidoria da agência reguladora, caso não seja atendido satisfatoriamente (AGESAN-RS, 2019).

Após fornecer uma resposta ao usuário, a ouvidoria acompanha de perto a implementação das medidas corretivas e monitora a situação para garantir que o problema seja resolvido de forma satisfatória ou seja a ouvidoria deve atuar a causa fundamental do problema (AGESAN-RS, 2019).

O processo de ouvidoria garante uma relação comercial saudável e transparente entre o usuário e o prestador de serviço, permitindo que as preocupações dos usuários sejam ouvidas e resolvidas de maneira eficaz e oportuna, sendo esta uma forma de aproximação da relação entre as partes.

10.6. REGULAMENTO DOS SERVIÇOS DE DMAPU

O regulamento dos serviços de DMAPU têm como objetivo estabelecer as diretrizes e normas necessárias para garantir a eficiência, qualidade e sustentabilidade desses serviços, promovendo a proteção contra inundações, preservar a qualidade ambiental, garantir o uso racional dos recursos hídricos e promover o desenvolvimento urbano sustentável.

10.6.1. SISTEMA DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

Os regulamentos definem o sistema de DMAPU, incluindo as infraestruturas necessárias para coletar, transportar, tratar e dispor das águas pluviais, podendo incluir redes de drenagem, reservatórios de amortecimento de cheias, estações de bombeamento, sistemas de tratamento de águas pluviais e áreas de infiltração. Logo, abordaremos alguns pontos importantes para integrar o regulamento.

10.6.2. REDE DE DMAPU

Os regulamentos estabelecem as diretrizes para o dimensionamento, construção, operação e manutenção da rede de drenagem urbana, incluindo tubulações, canais, galerias, bueiros e caixas de captação, definindo os padrões de qualidade e desempenho para essas estruturas, garantindo sua eficácia na gestão das águas pluviais.

10.6.3. PARCELAMENTO DO SOLO

Os regulamentos abordam o parcelamento do solo urbano e estabelecem requisitos para o manejo adequado da DMAPU em desenvolvimento, podendo incluir diretrizes para o uso de técnicas de drenagem sustentável, como telhados verdes, pavimentos permeáveis e áreas de infiltração, para minimizar o escoamento superficial e reduzir o impacto das chuvas.

10.6.4. DRENAGENS PARTICULARES

Os regulamentos devem prever as drenagens particulares, podendo ser instituído por meio de manual de projetos de drenagem do prestado de serviço, na qual estabelecerá padrões e requisitos para o dimensionamento, construção e manutenção dessas estruturas, garantindo sua eficácia e segurança.

10.6.5. IMÓVEIS

Os regulamentos definem as responsabilidades dos proprietários de imóveis em relação à gestão das águas pluviais, incluindo a manutenção de sistemas de drenagem particulares, a minimização da impermeabilização do solo e o pagamento de taxas e tarifas pelos serviços de drenagem.

10.6.6. RAMAIS

Os regulamentos estabelecem as diretrizes para a instalação, operação e manutenção de ramais de ligação entre as propriedades privadas e a rede pública de drenagem, garantindo que esses ramais estejam em conformidade com os padrões de qualidade e desempenho estabelecidos.

10.6.7. ÁREAS IMPERMEÁVEIS PARTICULARES

Os regulamentos definem critérios para a avaliação e tributação de áreas impermeáveis particulares, levando em consideração o impacto dessas áreas no escoamento das águas pluviais e na carga sobre o sistema de drenagem urbana.

10.6.8. SOLEIRA NEGATIVA

No regulamento de serviços de DMAPU, o capítulo que trata da soleira negativa é essencial para estabelecer parâmetros claros na relação entre o usuário e o prestador de serviço. Abaixo estão algumas especificações importantes que devem estar presentes neste capítulo:

- **Definição de Soleira Negativa:** É crucial que o regulamento defina claramente o que é uma soleira negativa, explicando que se trata de uma estrutura inserida no sistema de drenagem que permite a captação de águas pluviais mesmo quando o nível da água está abaixo do nível da soleira;
- **Normas de Dimensionamento:** Deve-se estabelecer normas precisas para o dimensionamento das soleiras negativas, levando em consideração o volume de água a ser captado, as características do local e as condições hidrológicas da região;
- **Localização e Instalação:** O regulamento deve especificar os critérios para definição do local de instalação das soleiras negativas, considerando aspectos como o ponto de menor cota do terreno e a proximidade de áreas sujeitas a alagamentos recorrentes.

10.6.9. CONTENÇÕES DE DRENAGENS PARTICULARES

Os regulamentos estabelecem requisitos para a instalação de contenções de drenagens particulares, como diques e barreiras de contenção, para proteger as propriedades contra inundações e erosão.

10.6.10. CONDIÇÕES DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO

Os regulamentos definem as condições para a prestação dos serviços de DMAPU, incluindo os padrões de qualidade, procedimentos de atendimento ao público, horários de funcionamento e procedimentos de emergência.

10.6.11. CLASSIFICAÇÃO DAS ECONOMIAS

Os regulamentos estabelecem critérios para a classificação das economias atendidas pelos serviços de drenagem, levando em consideração fatores como densidade populacional, uso do solo e características topográficas.

10.6.12. CADASTRO

Os regulamentos estabelecem a necessidade de um cadastro atualizado dos usuários dos serviços de drenagem, incluindo informações sobre as propriedades, ramais de ligação e áreas impermeáveis.

10.6.13. LIGAÇÕES

Os regulamentos definem as ligações das propriedades particulares à rede pública de drenagem, incluindo procedimentos, requisitos técnicos e tarifas aplicáveis, conforme as características dos usuários.

10.6.14. LIGAÇÕES DEFINITIVAS

Os regulamentos definem os procedimentos para a realização de ligações definitivas à rede pública de drenagem, incluindo a instalação de ramais de ligação e a aprovação das autoridades competentes

10.6.15. LIGAÇÕES DE USO TEMPORÁRIO

Os regulamentos estabelecem requisitos para a realização de ligações de uso temporário à rede pública de drenagem, como para obras temporárias ou eventos especiais ocorridas no município.

10.6.16. RELAÇÕES CONTRATUAIS

Os regulamentos estabelecem as relações contratuais entre o prestador de serviço e os usuários, incluindo os termos e condições para a prestação dos serviços, pagamentos, rescisões e renovações de contrato.

10.6.17. APURAÇÃO DO FATURAMENTO

Os regulamentos estabelecem os procedimentos para a apuração do faturamento dos serviços de drenagem, incluindo a forma de medição do volume de água drenada e a aplicação de tarifas e taxas.

10.6.18. APURAÇÃO DE IRREGULARIDADES

Os regulamentos estabelecem os procedimentos para a apuração e correção de irregularidades relacionadas aos serviços de drenagem, como ligações clandestinas, fraudes ou vazamentos.

10.6.19. PARCELAMENTO DE DÍVIDAS

Os regulamentos estabelecem os procedimentos para o parcelamento de dívidas relacionadas aos serviços de drenagem, incluindo o número máximo de parcelas, os juros aplicáveis e os critérios de elegibilidade.

10.6.20. DEVERES, OBRIGAÇÕES, DIREITOS E PENALIDADES

Os regulamentos definem os deveres, obrigações, direitos e penalidades dos usuários e do prestador de serviço em relação aos serviços de drenagem, garantindo a equidade, transparência e responsabilidade na prestação dos serviços.

11. SISTEMAS MISTOS

No panorama dinâmico das áreas urbanas, a gestão eficiente do esgoto se torna uma necessidade crítica. Nesse contexto, o esgoto misto emerge como uma abordagem desafiadora e inovadora. Essa configuração, que integra águas pluviais e efluentes domésticos em uma única rede de esgoto, reflete a busca por soluções práticas diante das complexidades do ambiente urbano.

O Brasil, como muitas nações, enfrenta desafios significativos na implementação de sistemas de esgotamento sanitário. O esgoto misto surge como uma alternativa que, embora apresente obstáculos, visa superar limitações físicas, antigas infraestruturas e a crescente demanda por serviços de saneamento. Este texto explorará as nuances do esgoto misto, analisando seus motivos, desafios e as oportunidades que essa abordagem proporciona para uma gestão mais eficiente e sustentável das águas urbanas.

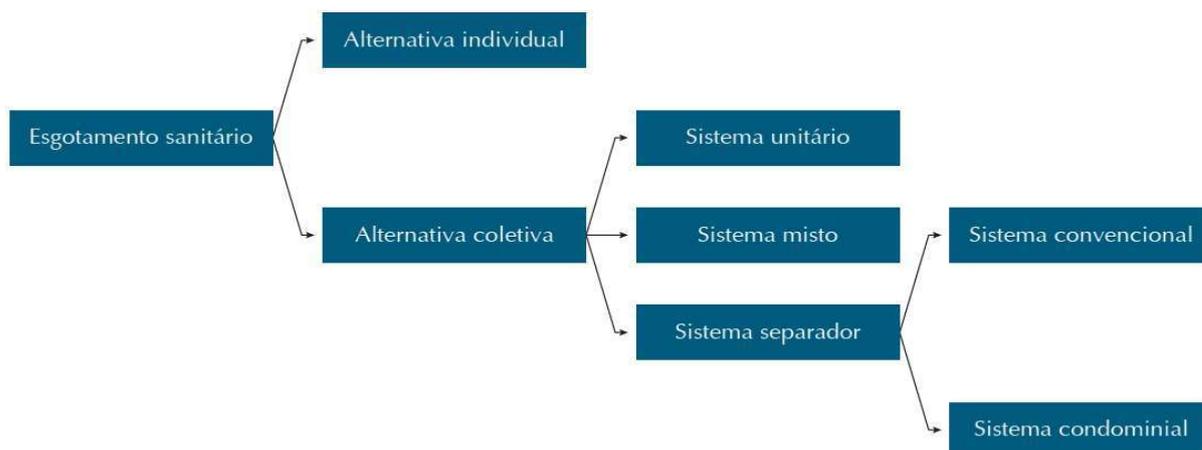
11.1. SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Os esgotos domésticos geralmente são perenes, sendo sua composição essencialmente orgânica e seu fluxo relativamente constante, quando há controle domiciliar de água por meio de medidores. Os esgotos industriais podem ser perenes, mas são resultado do trabalho da própria indústria, o que os torna intermitentes e com contribuições localizadas de grandes volumes, ao contrário dos esgotos domésticos. Os esgotos provenientes da infiltração são extremamente variáveis, dependendo, principalmente, do tipo de solo, do nível do lençol freático e das condições climáticas. Os esgotos provenientes das águas pluviais são tipicamente intermitentes e sazonais, variando de acordo com a precipitação atmosférica e com a cultura da população. Sua composição varia também segundo a duração das chuvas (MENDONÇA & MENDONÇA, 2016).

Os sistemas de esgotamento sanitário consistem em um conjunto de infraestruturas e instalações operacionais que visam coletar, transportar, tratar e dispor de forma adequada os esgotos sanitários, considerando aspectos ambientais e de saúde pública (MACHADO, BORJA & MORAES, 2013).

A amplitude de alternativas técnicas adequadas para evitar o contato do esgoto doméstico com as pessoas, fazendo o afastamento seguro, promovendo o tratamento e a sua disposição final é bastante extensa (BRASIL, 2019). A Figura 75 apresenta as alternativas de soluções de esgotamento sanitário e tipos de sistemas.

Figura 75 – Alternativas de soluções de esgotamento sanitário e tipos de sistemas



FONTE: BRASIL (2019)

Bernardes & Soares (2004) apresentam diferentes configurações do sistema de esgotamento sanitário, passando por quatro situações distintas são possíveis, desde a situação de total ausência de infraestrutura sanitária, passando pelas soluções individuais e sistema misto (coletor de tempo seco), até ao separador absoluto (condição ideal).

De acordo com Mendonça & Mendonça (2016) o tipo de despejos coletados, os sistemas de esgotamento podem ser classificados em:

- **Sistema separador absoluto:** as águas pluviais e os esgotos domésticos são conduzidos em tubulações independentes.
- **Sistema misto ou parcial:** no qual é admitida na rede apenas a fração das águas pluviais provenientes de telhados e pisos dos domicílios, também conhecido como coletor de tempo seco;
- **Sistema unitário ou combinado:** as águas pluviais e os esgotos domésticos são transportados conjuntamente pelo mesmo sistema;

11.2. SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO

O sistema separador absoluto (Figura 76) é amplamente adotado no Brasil e reconhecido por especialistas como uma solução eficaz para o saneamento básico (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO 2000). Machado, Borja & Moraes (2013) apresentam, que nesse modelo, as águas residuais, acompanhadas por uma parcela das águas de infiltração, são transportadas em um sistema independente da rede de drenagem de águas pluviais. Machado, Borja & Moraes (2013) ainda acrescentam que o sucesso do sistema depende de uma fiscalização eficiente e controle rigoroso para evitar ligações clandestinas, especialmente das águas pluviais provenientes de telhados e pátios dos domicílios.

Figura 76 – Ilustração do sistema de separador de esgotos.



FONTE: SILVEIRA (2006)

Tsutiya & Alem Sobrinho (2000) apresentam as vantagens do Sistema Separador Absoluto:

- Custo Menor: Utilização de tubos de diâmetros menores e fabricação industrial, como manilhas e tubos de PVC, reduzindo os custos.
- Flexibilidade na Execução: Possibilidade de execução por etapas, permitindo prioridade para a rede sanitária conforme as necessidades.
- Redução de Custos de Afastamento de Águas Pluviais: Permite o lançamento no curso de água mais próximo sem a necessidade de tratamento adicional.
- Ausência de Pavimentação Obrigatória: Não requer a pavimentação de vias públicas, diminuindo os impactos no ambiente urbano.
- Menor Extensão de Canalizações: Reduz a necessidade de construir galerias em todas as ruas da cidade.

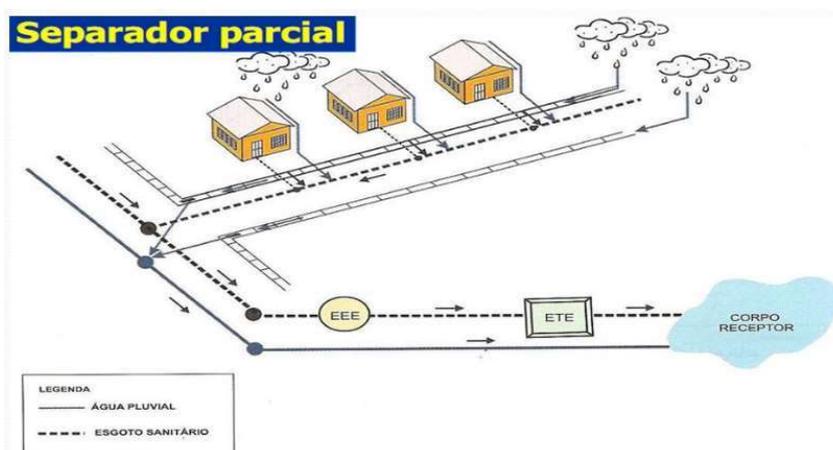
Para garantir o êxito do sistema de esgotamento sanitário, é vital um controle eficiente para evitar a entrada de água pluvial, juntamente com as águas residuárias (TSUTYA; BUENO, 2004).

11.3. SISTEMA MISTO OU PARCIAL

Machado, Borja & Moraes (2013) apresentam que apesar do sistema separador absoluto ser a escolha predominante no Brasil, muitas vezes, devido a diferentes circunstâncias, sistemas planejados para atuar como separador acabam funcionando como sistemas mistos. Essa variação ocorre principalmente devido a ligações clandestinas e à interconexão entre os sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial.

O sistema misto (Figura 77) é uma variação do sistema combinado que ocorre, na maioria das vezes, sem o devido dimensionamento (TSUTYA; BUENO, 2004). Geralmente admite apenas a parcela de águas pluviais provenientes de telhados e pátios dos domicílios atendidos, na qual está relacionado ao conceito de captação de tempo seco, que envolve a coleta, na ausência de precipitações, dos esgotos sanitários transportados nas galerias de águas pluviais (MACHADO, BORJA & MORAES, 2013). Destaca-se que a carga poluidora nesse sistema aumenta no início da contribuição das águas pluviais, devido à remoção, durante a tormenta, de depósitos de materiais sólidos presentes nos esgotos sanitários. Após esse aumento, ocorre a diluição, com a diminuição da concentração de poluentes a níveis inferiores aos encontrados no tempo seco (REDA, 2004 apud FESTI, 2005).

Figura 77 – Ilustração do sistema de misto



FONTE: Tsutiya & Alem Sobrinho (2000)

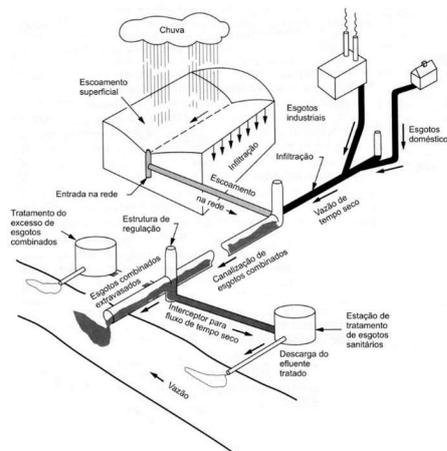
A permanência dos sistemas mistos, mesmo em áreas com problemas frequentes relacionados ao dimensionamento, muitas vezes é desconsiderada na implantação de novos tipos de esgotamento, devido à priorização de áreas que não possuem nenhum sistema (DIAS & ROSSO, 2011).

Pesquisas realizadas em São Paulo por Tsutiya e Bueno (2004) concluíram que os sistemas de esgotamento sanitário frequentemente não operam conforme as normas brasileiras que estabelecem o sistema separador absoluto. Em vez disso, eles tendem a funcionar como sistemas separadores parciais. Mesmo em bairros considerados com ocupação recente, a introdução de águas pluviais na rede coletora é substancial, indicando que os procedimentos de inspeção e liberação das ligações são incapazes de evitar a ligação considerada "clandestina" de água de chuva na rede coletora. A contribuição de águas pluviais nos sistemas de esgotamento sanitário estudados foi muito variável, atingindo valores que variam de 26 a 283% sobre a vazão máxima no período seco.

11.4. SISTEMA UNITÁRIO OU COMBINADO

O sistema unitário ou combinado é uma abordagem que envolve a coleta e transporte conjunto de águas pluviais (Figura 78), de infiltração e águas residuárias em uma única rede (MACHADO, BORJA & MORAES, 2013). Segundo Tsutya e Bueno (2004) essa configuração, comumente utilizada em países com baixo índice pluviométrico, como na Europa e América do Norte, tem suas raízes históricas e surgiu pela primeira vez em Londres, em 1815.

Figura 78 – Componentes do sistema de combinado



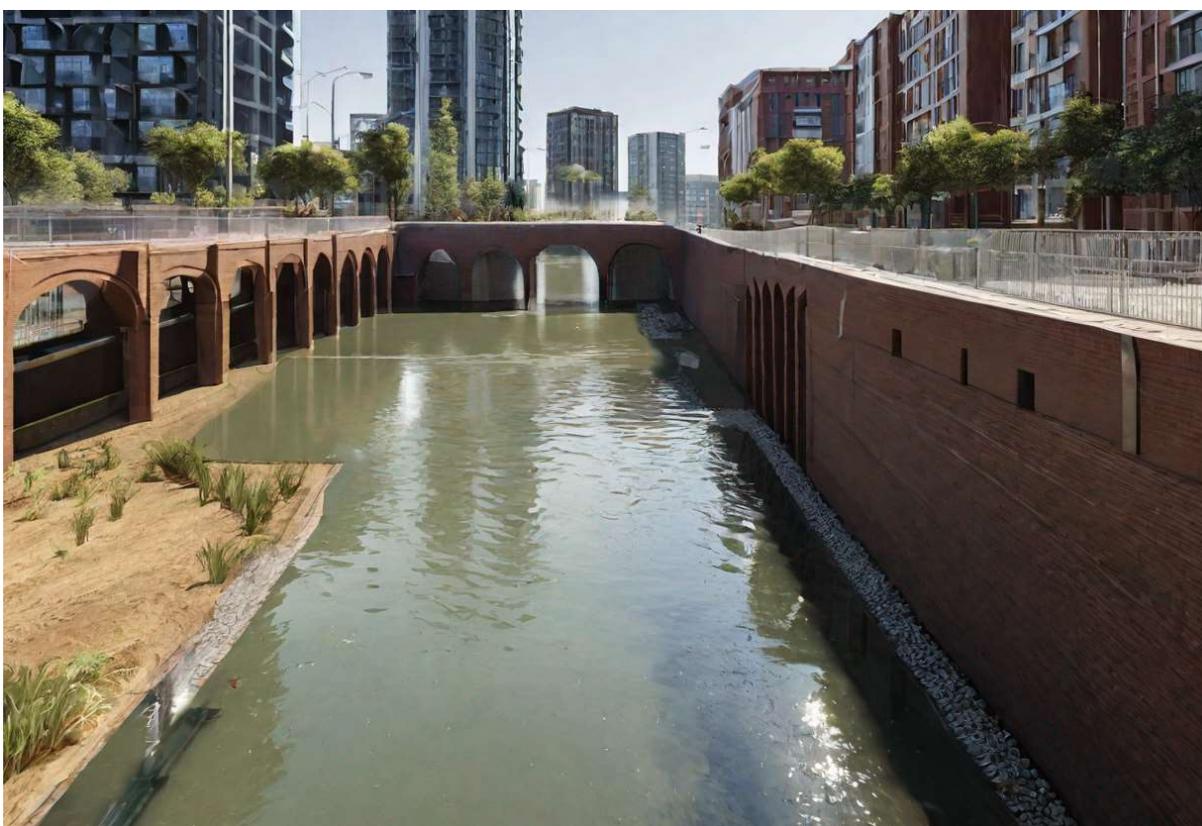
FONTE: METCALF & EDDY (1991)

Esse sistema prevê o tratamento de toda a parcela de esgoto coletado em períodos de baixa intensidade pluviométrica. Já para os períodos cuja vazão ultrapassa a do projeto da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), são previstos extravasores ou *by pass*, limitadores de vazão e bacias de amortecimento a montante da ETE (PORTZ, 2009).

Em tal sistema, os extravasores direcionam a parcela excedente do fluxo de água aos cursos d'água, para não sobrecarregar o sistema de tratamento. Os países que utilizam o sistema unitário, de modo geral, limitam a vazão afluyente às ETE, sendo que o valor típico se situa na faixa de 2 a 10 vezes a vazão de período seco. A vazão que excede esse limite é extravasada para os corpos de água (MACHADO, BORJA & MORAES, 2013).

Os tanques de armazenamento e bacias de detenção são dimensionados para armazenar o volume pluvial mais poluente das águas pluviais para tratamento posterior. Essa abordagem permite o tratamento da parcela mais nociva do escoamento pluvial urbano na ETE (PORTZ, 2009). A parcela representa uma porcentagem significativa (80-90%) da carga orgânica lançada nos corpos d'água, ocorrendo nos primeiros vinte minutos de um evento de chuva (WARTCHOW, 2013).

TITULO VI – SUSTENTABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA DMAPU



12. SUSTENTABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

A Lei Federal nº 11.445, de 2007, (BRASIL, 2007), que estabelece diversas diretrizes para garantir a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços de saneamento básico, incluindo os serviços de DMAPU. Algumas das formas de sustentabilidade econômica previstas na lei são:

- **Remuneração pela Cobrança dos Serviços:** A principal forma de sustentabilidade econômica dos serviços de DMAPU é a remuneração pela cobrança dos serviços, podendo ser feito por meio de tributos, taxas, tarifas ou outros preços públicos, conforme o regime de prestação do serviço;

- **Subsídios ou Subvenções:** Quando necessário, a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços de DMAPU pode ser assegurada por meio de subsídios ou subvenções, visando garantir o acesso aos serviços pela população, especialmente aquelas de baixa renda;

- **Prioridade para Atendimento das Funções Essenciais:** As tarifas e outros preços públicos devem priorizar o atendimento das funções essenciais relacionadas à saúde pública, garantindo a disponibilidade e a qualidade dos serviços;

- **Recuperação dos Custos:** As tarifas devem visar a recuperação dos custos incorridos na prestação dos serviços, em regime de eficiência, garantindo a sustentabilidade financeira dos prestadores dos serviços;

- **Remuneração Adequada do Capital Investido:** As tarifas devem garantir a remuneração adequada do capital investido pelos prestadores dos serviços, incentivando os investimentos necessários para a melhoria e expansão dos sistemas de drenagem urbana;

As previsões acima citadas da Lei Federal nº 11.445, de 2007, garantem a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços de DMAPU, visando assegurar a sua disponibilidade, qualidade e acesso pela população de forma duradoura e eficiente, com a visão de universalização do serviço para toda a população.

A Lei Federal 11.445, de 2007, não especifica modalidades de cobrança dos serviços de drenagem de forma detalhada. No entanto, a lei estabelece que os serviços de DMAPU podem ser remunerados por meio de tributos, taxas, tarifas ou outros preços públicos, conforme o regime de prestação do serviço.

Dessa forma, a forma de cobrança dos serviços de DMAPU, pode variar de acordo com a legislação municipal, que pode estabelecer as modalidades específicas de cobrança, como:

- **Taxas do Serviço de DMAPU:** Podem ser instituídas taxas específicas para custear os serviços de drenagem urbana. Essas taxas podem ser cobradas junto com outros

tributos municipais, como o Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU, ou de forma separada. A instituição da Taxa do serviço de DMAPU deverá ser por lei específica do município;

- **Tarifas do Serviço de DMAPU:** Assim como ocorre com serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, as tarifas de drenagem urbana podem ser estabelecidas com base no consumo ou na utilização do serviço, que deverão ser instituídas pela agência reguladora;

- **Preços do Serviço de DMAPU:** Além de taxas e tarifas específicas, outros preços públicos podem ser estabelecidos para cobrir os custos dos serviços de DMAPU, como ligação à rede de drenagem, desobstrução de rede, entre outros. Os preços dos serviços de DMAPU deverão ser instituídos pela agência reguladora.

As situações acima revisadas preveem as motivações das cobranças e as formas de cobrança do serviço de DPAMU. Nos próximos subcapítulos iremos explorar algumas metodologias de precificação existentes e alternativa de viabilidade econômica.

12.1. EXPERIÊNCIAS NA COBRANÇA DE DMAPU

A obra de Cossenzo (2021) faz uma resumo sobre as experiências na cobrança do serviço de drenagem urbana, na qual fez uma revisão das obras de Tucci (2002), de Karspersen (2001), de Villegas (1971), de Barreto, Fingermann & Silva (1975), de Cánepa, Pereira & Lanna (1999), de Baptista & Nascimento (2002), de Cançado, Nascimento & Cabral (2005), de Gomes, Baptista & Nascimento (2008), de Silveira, Forgiarini & Goldenfum (2009), de US EPA (2009), de Tasca (2016), de Ribeiro (2016), de Riberito (2017), de Lengler & Mendes (2016), de Lisboa, Barp & Montenegro (2012), de Zhao, Fanseca e Zeerak (2019) e de Azevêdo (2019).

Cossenzo (2021) aborda a experiência trazida pela proposta de Tucci (2002) para o cálculo da taxa de drenagem urbana apresenta uma abordagem abrangente e detalhada, visando estabelecer um método justo e equitativo de cobrança pelos serviços prestados. Em seu modelo, Tucci (2002) propõe uma divisão da taxa em duas partes distintas: o custo de manutenção e o custo de implementação das obras de drenagem.

No que diz respeito ao custo de manutenção, o autor desenvolve uma fórmula que leva em consideração diversos parâmetros, como o custo total de operação e manutenção, a área da bacia de drenagem, a porcentagem de área impermeável, a área do imóvel e o percentual de impermeabilização do lote. Essa abordagem permite uma individualização da taxa para cada lote, levando em conta o volume de escoamento e garantindo uma distribuição justa dos custos entre os contribuintes.

Já no que se refere ao custo de implementação das obras de drenagem, Tucci (2002) propõe um rateio de custos diretos apenas para as áreas impermeabilizadas que aumentam a vazão acima das condições naturais. Esse rateio é calculado com base na área do lote, no custo total de implementação das obras do plano, na área da bacia e na porcentagem de área impermeável do lote.

O modelo de Tucci (2002) se destaca por sua abordagem detalhada e pela consideração de múltiplos fatores na determinação da taxa de drenagem urbana. Ao levar em conta não apenas a área impermeável, mas também o volume de escoamento e outros parâmetros relevantes, o modelo busca garantir uma cobrança justa e equitativa, refletindo de forma mais precisa os custos associados aos serviços de drenagem.

Cossenzo (2021) traz a proposta de Cançado, Nascimento e Cabral (2005) para o cálculo da taxa de drenagem urbana é uma abordagem que visa estabelecer um modelo eficaz e equitativo para a cobrança dos serviços prestados. O método desenvolvido pelos autores busca considerar diversos aspectos relevantes, levando em conta tanto os custos de manutenção quanto os investimentos necessários para as obras de drenagem.

No que diz respeito aos custos de manutenção, Cançado, Nascimento e Cabral (2005) propõem uma fórmula que calcula o custo médio por metro quadrado de área impermeável. Essa fórmula leva em consideração o custo total de operação, a área impermeabilizada das vias e dos lotes, proporcionando uma base sólida para a determinação da taxa a ser cobrada de cada contribuinte.

Além disso, os autores também desenvolvem uma fórmula para o cálculo da taxa de drenagem, que leva em conta o custo médio por metro quadrado de área impermeável e a área total de impermeabilização. Essa abordagem permite uma individualização da taxa para cada contribuinte, levando em consideração tanto a área impermeável das vias quanto dos lotes, garantindo assim uma distribuição justa dos custos.

O modelo de Cançado, Nascimento e Cabral (2005) se destaca por sua abordagem abrangente e detalhada, considerando múltiplos aspectos na determinação da taxa de drenagem urbana. Ao levar em conta não apenas os custos de manutenção, mas também os investimentos necessários para as obras de drenagem, o modelo busca garantir uma cobrança equitativa e justa, refletindo de forma mais precisa os custos associados aos serviços prestados.

Cossenzo (2021) apresenta a proposta desenvolvida por Gomes, Baptista e Nascimento (2008) para a determinação da taxa de drenagem urbana apresenta uma abordagem abrangente e detalhada, visando garantir uma cobrança equitativa e justa pelos serviços prestados. O modelo proposto pelos autores considera tanto os custos de

manutenção quanto os investimentos necessários para as obras de drenagem, buscando uma distribuição adequada dos custos entre os contribuintes.

Uma das características distintivas desse modelo é a sua consideração cuidadosa das áreas impermeáveis e não impermeáveis, bem como das áreas públicas e privadas. Isso permite uma análise mais precisa dos custos associados aos diferentes tipos de terrenos e uma cobrança mais justa, levando em conta o impacto real de cada propriedade no sistema de drenagem urbana.

Além disso, Gomes, Baptista e Nascimento (2008) propõem a aplicação de um fator redutor na taxa de drenagem para as edificações implantadas em lotes de comunidades de baixa renda. Esse fator busca garantir que a taxa de drenagem não represente uma sobrecarga financeira para os moradores de áreas menos favorecidas, limitando-a a um percentual máximo da renda média familiar.

O modelo também inclui a consideração de limites para a proporção da renda familiar que deve ser gasta com a taxa de drenagem, seguindo práticas adotadas internacionalmente para avaliar a acessibilidade aos serviços básicos. Essa abordagem visa garantir que a cobrança da taxa seja justa e proporcional à capacidade financeira dos contribuintes, evitando impactos econômicos desproporcionais para diferentes grupos sociais. Em resumo, a proposta de Gomes, Baptista e Nascimento (2008) se destaca por sua abordagem abrangente, equitativa e sensível às questões sociais, buscando garantir uma cobrança justa e sustentável pelos serviços de drenagem urbana.

Cossenzo (2021) apresenta a proposta apresentada por Tasca (2016) oferece uma abordagem inovadora e específica para a determinação da taxa de drenagem urbana, focando na criação de uma Unidade Residencial de Águas Pluviais Equivalente (URAPE). Essa abordagem visa simplificar o processo de cobrança, tornando-o mais justo e adaptável às características individuais de cada propriedade.

Ao invés de calcular a taxa com base em critérios complexos como área impermeável ou custos de manutenção, a proposta de Tasca propõe uma abordagem mais direta e fácil de entender. A URAPE representa uma unidade padrão de medida para a contribuição de cada propriedade aos custos de drenagem urbana, levando em conta sua área impermeável.

Essa simplificação é especialmente relevante para lotes residenciais, onde a variabilidade das características pode dificultar a determinação precisa da taxa de drenagem. Ao adotar a URAPE como unidade de medida, Tasca (2016) busca garantir uma cobrança mais equitativa e transparente, baseada em critérios objetivos e facilmente mensuráveis.

Além disso, a proposta de Tasca também considera a necessidade de limitar a taxa de drenagem para comunidades de baixa renda, garantindo que ela não represente uma sobrecarga financeira para os moradores mais vulneráveis. Essa preocupação com a

equidade social reflete uma abordagem holística e inclusiva para a gestão dos serviços de drenagem urbana.

Em resumo, a proposta de Tasca oferece uma alternativa simplificada e justa para a determinação da taxa de drenagem urbana, baseada na criação de uma unidade de medida padronizada e adaptável às características individuais de cada propriedade. Essa abordagem busca garantir uma cobrança equitativa e transparente, ao mesmo tempo em que considera as necessidades específicas das comunidades de baixa renda.

Cossenzo (2021) traz as experiências internacionais oferecem valiosas perspectivas sobre a gestão de serviços de drenagem urbana, destacando diferentes abordagens e práticas adotadas em diversos países. Ao examinar essas experiências, é possível identificar modelos e estratégias que podem ser adaptados e aplicados em contextos locais, contribuindo para aprimorar a eficiência e a sustentabilidade dos sistemas de drenagem.

Nos Estados Unidos, por exemplo, os distritos de tributação especial têm sido uma abordagem comum para financiar a drenagem urbana. Esses distritos muitas vezes instituem uma "*Stormwater Utility*", uma entidade responsável pela gestão e manutenção dos sistemas de drenagem, financiada por taxas cobradas dos proprietários de imóveis. O método mais utilizado nessas taxas é a Unidade Residencial Equivalente (URE), que calcula o valor de cobrança proporcional à área impermeável de cada propriedade.

Na Europa, países como Inglaterra, Alemanha e França têm desenvolvido sistemas institucionais e de financiamento para a drenagem urbana. Muitas vezes, esses países consideram a taxa baseada em uma taxa fixa por área impermeável como uma abordagem viável. Esses modelos demonstram como diferentes países podem adaptar e inovar em suas estratégias de financiamento para garantir a sustentabilidade dos serviços de drenagem.

Essas experiências internacionais destacam a importância da colaboração e troca de conhecimento entre países na busca por soluções eficazes para desafios comuns relacionados à drenagem urbana. Ao aprender com as práticas bem-sucedidas implementadas em outros lugares, as comunidades podem desenvolver políticas e estratégias mais eficientes e adaptadas às suas necessidades locais. Essa abordagem global pode contribuir significativamente para o avanço da gestão sustentável das águas pluviais urbanas em todo o mundo.

12.2. CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELA LEI FEDERAL Nº 11.445

A Lei 11.445, de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, define critérios específicos para a instituição da taxa ou tarifa do serviço de DMAPU.

Os critérios visam garantir uma cobrança justa e adequada pelos serviços prestados. Abaixo estão os principais critérios estabelecidos pela lei:

- **Percentuais de impermeabilização e dispositivos de amortecimento:** A cobrança deve levar em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização do solo e a existência de dispositivos de amortecimento ou retenção de água de chuva, significando que propriedades com maior impermeabilização ou sem dispositivos de amortecimento podem ser sujeitas a uma tarifa maior, refletindo o impacto maior no sistema de drenagem urbana;

- **Nível de renda da população:** A lei estabelece que a cobrança pode considerar o nível de renda da população da área atendida, implicando que áreas com maior poder aquisitivo podem estar sujeitas a tarifas diferenciadas, garantindo uma abordagem mais equitativa na cobrança dos serviços;

- **Características dos lotes urbanos:** Além dos percentuais de impermeabilização, a cobrança também pode levar em conta as características específicas dos lotes urbanos, como tamanho, uso do solo e padrões de ocupação. Esses elementos podem influenciar a quantidade de água pluvial gerada e, portanto, a carga sobre o sistema de drenagem.

Esses critérios são fundamentais para garantir que a cobrança pela prestação dos serviços de DMAPU seja justa, equitativa e proporcional ao impacto gerado pelos diferentes usuários. A consideração desses fatores contribui para uma gestão mais eficiente e sustentável desses serviços, promovendo o uso racional dos recursos hídricos e a redução de problemas relacionados às inundações e enchentes nas áreas urbanas.

12.3. LEGALIDADE TARIFA DA DMAPU

O estudo realizado pelo advogado Ribeiro (2017) aborda o tema da tarifa do serviço público de manejo de águas pluviais urbanas, destacando a importância da regulação jurídica dessas águas e do serviço prestado. O autor inicia analisando o regime jurídico das águas pluviais, esclarecendo que, enquanto suspensas na atmosfera, essas águas são consideradas *rerum communes omnium*, ou seja, coisas de uso comum de todos, não passíveis de apropriação privada.

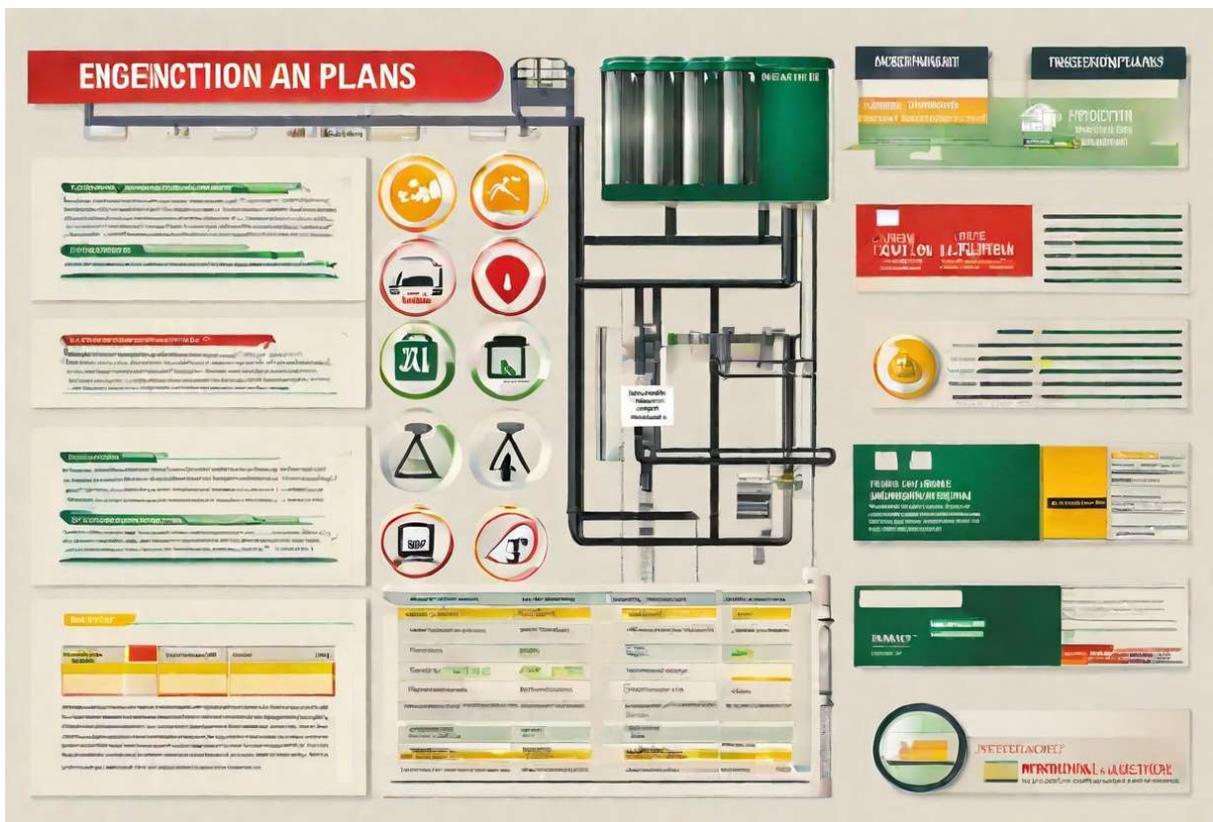
Além disso, o estudo de Ribeiro (2017) discute a aquisição da propriedade das águas pluviais, a distinção entre águas pluviais privadas e públicas, e a remuneração pela prestação do serviço público, apresentando elementos essenciais das taxas e tarifas. Destaca-se a abordagem sobre a possibilidade de cobrança de tarifas dos usuários do serviço de manejo de águas pluviais urbanas, contrariando a opinião equivocada de alguns estudiosos.

Ribeiro (2017) também analisa a legislação federal e aspectos específicos da cobrança da tarifa, levando em consideração a área do lote urbano, percentual de área impermeabilizada, características dos lotes urbanos e a capacidade contributiva dos usuários. O estudo ressalta a importância da correta gestão das águas pluviais para a proteção da saúde, vida e meio ambiente urbano, fornecendo uma visão abrangente e detalhada sobre a regulação jurídica, a remuneração e a importância do serviço público de manejo de águas pluviais urbanas no contexto do saneamento básico.

Ribeiro (2017) apresenta as justificativas para a utilização da tarifa no serviço público de manejo de águas pluviais urbanas, que são:

- Possibilidade de individualização do serviço: contrariando a afirmação de que o serviço de manejo de águas pluviais urbanas beneficia a todos os municípios e, portanto, não pode ser individualizado, é viável a individualização do serviço por meio de medição ou estimativa, permitindo a cobrança de tarifas dos usuários.
- Regime jurídico de propriedade das águas pluviais: O serviço de manejo de águas pluviais urbanas atende a águas pluviais que possuem regimes de propriedade distintos, o que justifica a remuneração do serviço por meio de tarifas, garantindo sua sustentabilidade e adequação aos diferentes contextos locais.
- Requisitos legais e técnicos: A fixação da tarifa deve obedecer a uma série de requisitos legais, como a existência de plano de saneamento básico, estudo de viabilidade técnica e econômico-financeira, e a designação de entidade reguladora para fiscalizar e regular o contrato, garantindo a qualidade e a eficiência na prestação do serviço.
- Capacidade de pagamento do usuário: A fixação do valor da tarifa deve considerar a capacidade de pagamento dos usuários, levando em conta o nível de renda da população atendida e as características dos lotes urbanos, a fim de garantir a modicidade tarifária e a equidade na cobrança.

TITULO VII – INDICADORES, PLANOS DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA E FISCALIZAÇÃO



13. INDICADORES E METAS

A obra de Cavalcanti Filho (2017) apresenta a gestão eficaz de águas pluviais em ambientes urbanos é um imperativo para as cidades contemporâneas, diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pelo crescimento urbano desordenado. A implementação de medidas adequadas de drenagem e manejo de águas pluviais torna-se essencial não apenas para prevenir inundações, mas também para preservar a qualidade ambiental e promover a sustentabilidade das áreas urbanas.

Cavalcanti Filho (2017) apresenta uma revisão teórica das obras de Kolsky & Butler (2017), de Castro (2002), de Dias (2003), de Pereira, de Gimenes (2009), de Moura et al. (2010), de Marques (2006) e Bertrand-Krajewski et al. (2002), que foram abordadas neste manual.

A dificuldade em desenvolver indicadores robustos para avaliar a drenagem urbana é uma questão amplamente discutida na literatura especializada. Um dos principais obstáculos reside na complexidade do próprio sistema de drenagem, que não permite uma avaliação simples baseada na existência de uma rede ou no atendimento a domicílios específicos. Essa complexidade é destacada por autores como Kolsky e Butler (2002), que ressaltam a dependência da definição de desempenho do sistema de drenagem em relação aos seus objetivos e à percepção da comunidade sobre seu funcionamento.

Cavalcanti Filho (2017) acrescenta que a variedade de fatores que influenciam a drenagem urbana, como o padrão de ocupação do solo, a impermeabilização, a capacidade de infiltração do solo e a manutenção da rede, torna a criação de indicadores ainda mais desafiadora. A percepção sobre o sistema de drenagem interfere diretamente na sua eficácia, influenciando tanto a micro quanto a macrodrenagem.

Apesar dessas dificuldades, a literatura apresenta diversas propostas para a criação de indicadores de drenagem urbana. Autores como Castro (2002), Dias (2003), Pereira e Gimenes (2009) e Moura et al. (2010) desenvolveram abordagens específicas para calcular indicadores que reflitam diferentes aspectos do funcionamento e da eficácia dos sistemas. Bertrand-Krajewski et al. (2002) alertam para as incertezas na avaliação desses indicadores e destacam a importância de considerar as imprecisões e os riscos de otimização dos indicadores sem observar a realidade.

Diante desse contexto, este manual se propõe a explorar os desafios e as perspectivas relacionados aos indicadores de DMAPU. Desta forma, considera-se os indicadores de Cavalcanti Filho (2017) adequados para realizar o acompanhamento dos desempenhos da DMAPU. Assim, os quadros 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 apresentam os indicadores separados por agrupamentos.

Quadro 2 – Agrupamento de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos

Indicador	Formulação	Unidade
Indicador de quantidade de ações e programas de educação ambiental e conscientização sobre saneamento ambiental	$\frac{\text{Quantidade de ações de educação ambiental}}{\text{População total no município}}$	ações/1000 habitantes
Indicador de percepção do usuário sobre o serviço de drenagem	$\frac{\text{Número de reclamações para manutenção da rede de drenagem pluviais}}{\text{População total no município}}$	reclamações/1000 habitantes

FONTE: CAVALCANTI (2017)

Quadro 3 – Agrupamento dos Indicadores de Monitoramento.

Indicador	Formulação	Unidade
Precipitação anual	Precipitação anual	mm
Precipitação diária máxima anual	Precipitação diária máxima anual	mm
Monitoramento Pluviométrico	$\frac{\text{Número de estações pluviométricas ativas na bacia e arredores}}{\text{área da bacia}}$	Und/km ²
Monitoramento Fluviométrico	$\frac{\text{Número de estações fluviométricas ativas nos cursos d'água}}{\text{área da bacia}}$	Und/km ²

FONTE: CAVALCANTI (2017)

Quadro 4 – Agrupamento dos Indicadores da rede existente.

Indicador	Formulação	Unidade
Indicador de abrangência do serviço de drenagem	$\frac{\text{População com acesso a drenagem na área da bacia}}{\text{População total na bacia}}$	%
Abrangência do cadastro da rede de Microdrenagem	$\frac{\text{Área da bacia com rede de microdrenagem cadastrada}}{\text{Área urbana na bacia}}$	%
Abrangência total estimada da rede de Microdrenagem	$\frac{\text{Área da bacia com rede de microdrenagem total}}{\text{Área urbana na bacia}}$	%
Abrangência do cadastro da rede de Macrodrenagem	$\frac{\text{Área da bacia com rede de macrodrenagem total}}{\text{Área urbana na bacia}}$	%
Abrangência total estimada da rede de Macrodrenagem	$\frac{\text{Quantidade de pontos críticos de alagamentos}}{\text{Área total da bacia}}$	%
Quantidade de pontos críticos de alagamentos	$\frac{\text{Quantidade de pontos críticos de alagamentos}}{\text{Área total da bacia}}$	Pontos/km ²

FONTE: CAVALCANTI (2017)

Quadro 5 – Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos

Indicador	Formulação	Unidade
Indicador de área impermeável	$\frac{\text{Área impermeável (pavimentada)}}{\text{Área total da bacia}}$	%
Indicador de modificação nos cursos d'água	$\frac{\text{km de trechos modificados (canalizados)}}{\text{km total do curso d'água}}$	%
Indicador de existência de mata ciliar	$\frac{\text{km de trechos do curso d'água com mata ciliar}}{\text{km total do curso d'água}}$	%
Indicador de área verde no ambiente urbano	$\frac{\text{Área estimada de regiões verdes}}{\text{área da bacia}}$	%

FONTE: CAVALCANTI (2017)

Quadro 6 – Indicadores de sustentabilidade da drenagem urbana

Indicador	Formulação	Unidade
Indicador de atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo	$\frac{\text{Número de edificações regulares na bacia}}{\text{Número de edificações na bacia}}$	%
Indicador de ocupação de áreas inundáveis na concepção do documento que regulamenta o uso e ocupação do solo	Número de edificações inundadas em uma chuva com tempo de recorrência de acordo com o mapa de risco da área urbana da prefeitura	Unidades
Indicador de uso e incentivo ao uso de medidas compensatórias (novas tecnologias incorporadas à drenagem urbana)	$\frac{\text{Número de edificações regulares na bacia}}{\text{Número de edificações na bacia}}$	%

FONTE: CAVALCANTI (2017)

Quadro 7 – Agrupamento de qualidade da água

Indicador	Formulação	Unidade
Indicador de despejo de esgotos (Nitrogênio total)	Concentração de Nitrogênio Total	mg/litro
DBO	DBO ₅	mg/litro
DQO	DQO	mg/litro
Concentração de coliformes totais	Concentração de coliformes no exultório do curso d'água principal	UFC/100ml
Indicador de doenças de veiculação hídrica (diarreia + leptospirose)	$\frac{\text{Casos de diarreia + leptospirose na bacia}}{\text{População total na bacia}}$	casos/1000 habitantes

FONTE: CAVALCANTI (2017)

Quadro 8 – Indicadores de alagamento e inundações ribeirinhas.

Indicador	Formulação	Unidade
Indicador de frequência de alagamentos	Número de alagamentos no ano	Unidade
Área alagada	$\frac{\text{Área alagada}}{\text{Área total da bacia}}$	%
Profundidade máxima atingida no alagamento	Profundidade máxima alcançada no pior pontos de alagamento	cm
Duração do alagamento	Tempo que a água permanecer no passeio	horaS
População atingida pelo alagamento	$\frac{\text{População atingida pelo alagamento}}{\text{População total da bacia}}$	%
Indicador de frequência de inundação ribeirinha	Número de inundações no ano	Unidade
Área inundada	$\frac{\text{Área inundada}}{\text{Área total da bacia}}$	%
Profundidade máxima atingida na inundação ribeirinha	Profundidade máxima alcançada no pior ponto de inundação	cm
Duração da inundação ribeirinha	Tempo que a água permanece na residência	Horas
População atingida pela inundação ribeirinha	$\frac{\text{População atingida pela inundação}}{\text{População total da bacia}}$	%

FONTE: CAVALCANTI (2017)

Quadro 9 – Indicadores relacionados ao prestador de serviço de DMAPU.

Indicador	Formulação	Unidade
Indicador de força de trabalho no setor de drenagem (engenheiros e arquitetos urbanistas)	$\frac{\text{Número de engenheiros e arquitetos}}{\text{População do Município}}$	(eng ou arq)/1000 habitantes
Indicador de atualização técnica	$\frac{\text{Número de pós-graduados nas áreas de recursos hídricos}}{\text{quantidade de colaboradores}}$	Pós-graduados/colaboradores
Indicador de receita captada para o sistema de drenagem urbana	$\frac{\text{Total de recursos destinados a drenagem}}{\text{Recurso total destinado às infraestruturas}}$	%
Indicador de gasto <i>per capita</i> com a drenagem urbana	$\frac{\text{Total de recursos destinados à drenagem urbana}}{\text{População do Município}}$	R\$/pessoa
Indicador de investimento em obras e melhorias do sistema de drenagem urbana	$\frac{\text{Recursos gasto em obras de infraestrutura de drenagem}}{\text{Área da Bacia}}$	R\$/km ²
Indicador de gastos com manutenção dos córregos, canais e leito dos rios	$\frac{\text{Recursos destinados à manutenção da infraestrutura de drenagem}}{\text{Recursos total destinados à drenagem}}$	%
Indicador de gastos com programas e ações de educação ambiental no município	$\frac{\text{Recursos destinados às ações de educação ambiental}}{\text{População do Município}}$	R\$/1000 habitantes
Autossuficiência do sistema de drenagem urbana	$\frac{\text{Recursos aprovados para o setor de drenagem}}{\text{Recursos totais gastos com a drenagem}}$	%

FONTE: CAVALCANTI (2017)

O quadro 10 apresenta uma proposta de fonte de informações para os cálculos dos indicadores dos municípios. Logo, a padronização da composição dos indicadores trará maior confiabilidade para os resultados.

Quadro 10 – Proposta de fonte de informações para cálculo dos indicadores

INFORMAÇÕES PARA GERAR OS INDICADORES	DIRETRIZ PARA OBTENÇÃO DA INFORMAÇÃO
Precipitação média anual	Usar os postos da bacia e proximidades
Precipitação diária máxima anual	Maior valor de precipitação diária em qualquer dos postos pluviométricos da bacia e proximidades
Área da bacia	Software de geoprocessamento
Nº de estações pluviométricas	Pesquisa nos sites que disponibilizam dados fluviométricos - ANA, CEMADEN, INMET, departamentos de órgãos estaduais e municipais e outros.
Nº de estações fluviométricas	
População com acesso a drenagem na bacia	Comparando mapa de rede de drenagem (ou locais que existe rede) com mapa de setores censitários de informações da população
População total da bacia	Comparando mapa da bacia com mapa de setores censitários com informações da população
Área urbana da bacia	Software de geoprocessamento, identificando as áreas rurais
Área da bacia com rede de microdrenagem cadastrada	Setor responsável pela gestão da drenagem
Área da bacia com rede de microdrenagem total (cadastrada + estimada)	
Área da bacia com rede de macrodrenagem cadastrada	
Área da bacia com rede de microdrenagem total (cadastrada + estimada)	
Quantidade de pontos críticos de alagamentos na bacia	
Área impermeável	Software de geoprocessamento
Comprimento do curso d'água principal	Software de geoprocessamento
Comprimento de trechos modificados (canalizados)	Software de geoprocessamento/visitas <i>in loco</i>
Comprimento de trechos do curso d'água com mata ciliar	
Área estimada de regiões verdes	Software de geoprocessamento
Número de pontos críticos de alagamentos	Setor responsável pela gestão da drenagem, consulta a populares, visitas <i>in loco</i> , etc
Área alagada / inundada	Em todos os eventos devem ser registrados a estimativa feita por imagens e se necessário auxílio de softwares de geoprocessamento (defesa civil)
Profundidade máxima atingida pelo alagamento/inundação	Deve ser registrada as profundidades estimadas no pior ponto do evento (defesa civil)
Duração do alagamento/inundação	Deve ser registrada a estimativa do tempo que a água permaneceu na calçada durante o evento (defesa civil)
População atingida pelo alagamento / inundação	Deve ser registrado em cada evento a estimativa da quantidade de pessoas prejudicadas (defesa civil)
Concentração de nitrogênio	Setor responsável pela drenagem e pelos recursos hídricos devem possuir o resultado destas análises das amostras de tempo seco
DBO 5	
DQO	
Concentração de coliformes totais	

INFORMAÇÕES PARA GERAR OS INDICADORES	DIRETRIZ PARA OBTENÇÃO DA INFORMAÇÃO
Número de casos de diarreia e leptospirose	Secretaria de saúde
Quantidade de ações de educação ambiental	Secretarias responsáveis pelo meio ambiente, recursos hídricos, infraestrutura e outros
Número de reclamações dos serviços de drenagem	Setor responsável pela drenagem e ouvidoria
Número total de edificações na bacia	Imagens de satélites com auxílio de softwares de geoprocessamento e visitas in loco
Número de edificações com habite-se na bacia	Setor responsável pela aprovação dos projetos de edificações
Número de edificações com algum sistema de controle de cheia na bacia	
Número de edificações inundadas em uma chuva com tempo de retorno conforme mapa de risco de inundação da prefeitura	Imagens de satélites com auxílio de softwares de geoprocessamento e simuladores de vazão
Área coberta pela coleta de resíduos sólidos	Estimada pelo setor de limpeza urbana
Frequência de varrição semanal das ruas da bacia	
População residente no município	IBGE - censos demográficos
Número de engenheiros e arquitetos do setor de drenagem	Setor responsável pela drenagem
Número de pós-graduados na área de recursos hídricos ou áreas correlatas no setor de drenagem	
Número de colaboradores totais no setor de drenagem	
Total de recursos destinados à drenagem urbana	Setor responsável pela drenagem e pelo planejamento e financeiro
Total de recursos destinados à secretaria no qual a drenagem está inserida	
Recursos gasto em obras de infraestrutura de drenagem	
Recursos destinado a manutenção da infraestrutura de drenagem	
Recurso destinado a ações de educação ambiental	
Recurso planejado para o setor de drenagem	

FONTE: CAVALCANTI (2017)

14. PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA

A Resolução CSR nº 013, de 2023, da AGESAN-RS (AGESAN-RS, 2023) estabelece diretrizes e requisitos essenciais para a elaboração de planos de contingência voltados aos prestadores de serviços nos municípios regulados AGESAN-RS. Logo, este capítulo visa fornecer uma explicação detalhada dos artigos da resolução, destacando suas definições, exigências e a importância da implementação adequada desses planos para garantir a segurança e a saúde pública.

A Resolução CSR nº 013, de 2023, não substitui as obrigações e responsabilidade impostas por outras legislações e normativas, porém possui um foco específico para a prestação do serviço. Portanto, para este manual será proposto a construção de um plano de emergência e contingência baseado nas instruções da Resolução CSR nº 013, 2023.

14.1. OBJETIVO DA RESOLUÇÃO

O principal objetivo do Plano de Emergência e Contingência é preparar e coordenar ações estratégicas para enfrentar eventos atípicos de alagamentos e inundações, garantindo uma resposta rápida e eficaz. Os objetivos específicos incluem:

- 1 – Identificar e avaliar riscos e vulnerabilidades no sistema de drenagem urbana;
- 2 – Planejar e implementar ações de contingência para minimizar os impactos de emergências;
- 3 – Assegurar a comunicação eficiente com a população e autoridades reguladoras;
- 4 – Integrar o plano de contingência com outros planos municipais de saneamento e defesa civil.

Desta forma, apresenta-se os principais conceitos que envolveram o plano de emergência e contingência, que são:

- **Ações de Contingência:** Conjunto de ações planejadas e implementadas para enfrentar situações de emergência e suas consequências.
- **Situação de Emergência:** Eventos críticos não planejados, como alagamentos e inundações, que afetam a operação normal dos sistemas de drenagem.
- **Desastres Naturais:** Fenômenos naturais extremos que causam sérios danos e prejuízos ao sistema social e ambiental.
- **Mapa de Risco:** Representação gráfica que identifica e ilustra visualmente os riscos no sistema de drenagem urbana.
- **Plano de Contingência:** Conjunto organizado de etapas e medidas específicas planejadas para resposta rápida a emergências.
- **Vulnerabilidades:** Pontos fracos no sistema de drenagem que aumentam a suscetibilidade a impactos negativos.

14.2. ESTRUTURA DOS PLANOS DE CONTINGÊNCIA

Os tópicos que devem ser incluídos nos planos de contingência, com o intuito obrigar o prestador de serviço a ter uma previsão mínima dos eventos atípicos, são:

1 – Mapa de Risco:

- Identificação das capacidades de drenagem.
- Identificação de pontos vulneráveis e áreas propensas a alagamentos.
- Identificação das áreas de maior demanda e impacto.
- Apresentação dos possíveis impactos socioeconômicos e ambientais.
- Integração com planos diretores urbanos e de saneamento básico.

2 – Avaliação das Vulnerabilidades:

- Identificação de todas as vulnerabilidades do mapa de risco.
- Categorização das vulnerabilidades.
- Definição dos critérios de gravidade.
- Atribuição de pesos e pontuação às gravidades.
- Análise e classificação das vulnerabilidades.
- Critérios de priorização das vulnerabilidades.

3 – Ações de Contingência:

- Descrição clara das ações de solução e controle.
- Identificação das equipes responsáveis e suas atribuições.
- Cronograma das ações a serem realizadas.
- Objetivos específicos de cada ação.
- Formas de controle e monitoramento das ações.

4 – Comunicação e Divulgação:

- Estratégias de comunicação imediata com a agência reguladora.
- Formas de divulgação das ações e orientações para a comunidade.

14.3. PROCEDIMENTO ADICIONAIS

O plano deverá ser atualizado anualmente, incorporando novas vulnerabilidades identificadas e documentando incidentes significativos. Situações que ofereçam risco elevado ao funcionamento do sistema ou à segurança pública devem ser incluídas imediatamente no plano. Qualquer situação não incorporada no plano pelo prestador de serviço deve ser provocada pela agência reguladora.

A Diretoria Geral Colegiada da AGESAN-RS será responsável por avaliar os Planos de Emergência e Contingência, que poderá solicitar manifestação do seu Conselho Superior de Regulação ou encaminhar para os municípios para sejam realizados projetos de leis sobre a temática. Quaisquer inadequações deverão ser corrigidas pelos prestadores de serviço conforme orientação da agência reguladora.

A elaboração e implementação de um Plano de Emergência e Contingência para o DMAPU é essencial para enfrentar eventos atípicos como alagamentos e inundações. A estrutura proposta, baseada na Resolução CSR nº 013/2023 da AGESAN-RS, fornece um *framework* robusto para garantir a prontidão e eficácia na resposta a emergências, protegendo a saúde pública, a segurança e o meio ambiente. A atualização contínua do plano e a integração com outros planos municipais são fundamentais para a sua eficácia.

15. FISCALIZAÇÃO

No Estado do Rio Grande do Sul, a AGESAN-RS é a entidade com competência para regular e fiscalizar os serviços de água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana. Através de seus programas e diretrizes de fiscalização, a AGESAN-RS assegura que as empresas concessionárias e prestadoras de serviços cumpram com suas obrigações, garantindo o acesso da população a serviços de saneamento de qualidade e contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Desta forma, exploraremos os principais aspectos dos *checklists* de fiscalização da AGESAN-RS, detalhando cada grupo de itens e sua importância na avaliação dos serviços de saneamento. Desta forma, apresentar-se-á como esses *checklists* são utilizados pelos agentes de fiscalização da AGESAN-RS para identificar não conformidades, promover melhorias contínuas e assegurar o cumprimento das normas e regulamentos vigentes, por meio das rotinas de fiscalizações.

15.1. CHECKLIST DA GESTÃO E PLANEJAMENTO DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A DMAPU eficaz garante a segurança da população contra inundações e alagamentos, além de contribuir para a preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente. Além disso, a DMAPU contribui com a saúde pública e as questões econômico-financeiras da população. Nesse contexto, o primeiro grupo de *checklists* da AGESAN-RS aborda questões relacionadas à gestão e ao planejamento.

Logo foram abordados temas desde a existência de um plano diretor de drenagem urbana até a implementação de medidas de educação ambiental, esses *checklists* avaliam diversos aspectos da gestão e do planejamento das águas pluviais. Além disso, verificam a existência de tarifas adequadas, orçamento destinado à DMAPU, planejamento de manutenção e indicadores de desempenho, com o intuito de provocar a sustentabilidade econômico-financeira do prestador

Esses itens são essenciais para garantir que os municípios tenham uma estrutura sólida de gestão de águas pluviais e estejam preparados para lidar com eventos extremos de precipitação. A AGESAN-RS com sua fiscalização e apontamentos traz a tona temas não debatidos, que se tornam foco da população e dos meios de comunicação em situações atípicas como alagamentos e inundações. O quadro 11 apresenta o item do *checklist* da gestão e planejamento seu foco principal e a gravidade considerada.

Quadro 11 – Checklist da gestão e planejamento

Descrição	Ponto Principal	Gravidade
Existência de plano diretor de drenagem urbana e manejo de águas pluviais	Plano que orienta a gestão das águas pluviais e a prevenção de alagamentos	Alta
Estrutura administrativa específica responsável pela gestão dos serviços de drenagem	Definição clara das responsabilidades e atribuições na gestão das águas pluviais	Média
Cobrança de tarifa aos usuários pela drenagem urbana e manejo de águas pluviais	Fonte de financiamento para manutenção e melhoria dos serviços	Alta
Orçamento destinado à drenagem urbana e manejo de águas pluviais	Recursos financeiros adequados para garantir a eficiência dos serviços	Alta
Terceirização dos serviços de drenagem	Eficiência na prestação de serviços através de parcerias com empresas especializadas	Baixa
Realização dos serviços por entidade ligada ao município	Controle direto sobre a qualidade e eficiência dos serviços	Média
Planejamento de gestão no manejo de águas pluviais	Estratégias definidas para prevenir e mitigar impactos de alagamentos	Alta
Planejamento de manutenção dos sistemas de drenagem	Programa de manutenção preventiva para garantir o funcionamento adequado das estruturas	Alta
Existência de indicadores de desempenho	Ferramentas para avaliar a eficácia dos serviços e identificar áreas de melhoria	Média
Seguimento de normas técnicas ou diretrizes	Padronização das estruturas para garantir a eficiência e durabilidade dos sistemas	Alta
Planejamento para investimentos em drenagem urbana	Destinação de recursos para melhorias e ampliação da infraestrutura	Alta
Monitoramento e controle de pontos específicos de alagamentos	Identificação e intervenção em áreas vulneráveis a inundações	Alta
Coleta de resíduos sólidos nas áreas atendidas pela rede de drenagem	Prevenção de obstruções e entupimentos na rede de drenagem	Alta
Promoção de educação ambiental sobre descarte de resíduos sólidos	Conscientização da população para evitar poluição das águas pluviais	Média
Incentivos para preservação de áreas permeáveis	Estímulo ao uso de técnicas que reduzam o escoamento superficial	Baixa
Monitoramento hidrológico	Acompanhamento do comportamento dos cursos d'água e previsão de enchentes	Alta
Plano de Contingência e Emergência para Inundações	Protocolo de ação para resposta rápida a eventos extremos	Alta
Cooperação com a Defesa Civil	Parceria para coordenação de ações em situações de emergência	Média
Plano de monitoramento da presença de resíduos sólidos	Controle da poluição e preservação dos recursos hídricos	Média
Canais de reclamações, denúncias e sugestões para os munícipes	Canal de comunicação para feedback da comunidade	Média
Canais de reclamações para os valores cobrados pelo serviço	Mecanismo para contestação de tarifas indevidas	Média
Discriminação na conta do valor correspondente ao serviço	Transparência na composição das tarifas cobradas	Baixa
Equipes específicas para gestão, operação e manutenção da drenagem	Recursos humanos capacitados para assegurar a qualidade dos serviços	Alta
Controle e cadastro de ruas pavimentadas compatíveis com dispositivos de microdrenagem	Gestão eficiente das áreas urbanas para evitar impactos negativos	Alta
Combate a ligações clandestinas de esgoto em sistemas de microdrenagem	Prevenção de contaminação da água pluvial por esgoto	Média
Compatibilidade do Plano Municipal de Saneamento Básico com o Plano Diretor	Integração entre planejamento urbano e gestão dos recursos hídricos	Alta
Fiscalização do uso e ocupação do solo	Controle do crescimento urbano para evitar impactos negativos na drenagem	Alta

FONTE: AGESAN-RS (2022)

15.2. CHECKLIST DA MICRODRENAGEM

O segundo grupo de *checklists* da AGESAN-RS se concentra na verificação nas estruturas de microdrenagem, garantindo que estejam em condições adequadas de uso e funcionamento. Os *checklists* de microdrenagem avaliam desde a existência de um cadastro dessas estruturas até a realização de limpeza periódica e o controle de obstruções. Também verificam se há tratamento adequado da água coletada e se as ligações à microdrenagem estão legalizadas. Esses itens são fundamentais para garantir a eficiência e a operacionalidade das estruturas de microdrenagem, prevenindo alagamentos e garantindo a segurança das áreas urbanas. O quadro 12 apresenta o item do *checklist* da microdrenagem seu foco principal e a gravidade considerada.

Quadro 12 – Checklist da microdrenagem.

Descrição	Ponto Principal	Gravidade
Existência de cadastro de microdrenagem	Organização e registro das estruturas de microdrenagem	Média
Condição das estruturas da microdrenagem	Garantia de que as estruturas estão em bom estado de conservação e funcionamento	Alta
Implementação de sistemas de drenagem na fonte	Adoção de medidas para reduzir o escoamento superficial, como pavimentos permeáveis	Alta
Tratamento da água coletada pela rede de microdrenagem	Melhoria da qualidade da água antes do lançamento, reduzindo o impacto ambiental	Alta
Tipo de rede de drenagem (coletor misto com esgotamento sanitário)	Planejamento integrado da gestão de águas pluviais e esgotamento sanitário	Média
Destino da água coletada	Encaminhamento adequado da água para evitar impactos ambientais negativos	Alta
Limpeza periódica do sistema de microdrenagem	Prevenção de obstruções e garantia do bom funcionamento das estruturas	Alta
Ocorrência de alagamentos e inundações causados por obstrução do sistema por resíduos sólidos	Prevenção de transtornos e danos à população e ao meio ambiente	Alta
Ocorrência de alagamentos e inundações causados por obstrução do sistema por sedimentos	Identificação e solução de problemas de drenagem relacionados à sedimentação	Alta
Ocorrência de alagamentos e inundações causados por subdimensionamento do sistema de microdrenagem	Adequação das estruturas para lidar com o volume de água durante eventos extremos	Alta
Legalização das ligações à microdrenagem	Controle e regularização das conexões para evitar impactos negativos e garantir o correto funcionamento	Alta
Existência de manual próprio para gestão de operação dos sistemas de microdrenagem	Orientações claras para a operação e manutenção das estruturas de drenagem	Média
Controle da eficiência do tratamento em sistemas mistos	Garantia da qualidade da água lançada no meio ambiente através de sistemas integrados	Alta
Posse de outorgas de lançamento em sistemas mistos	Regularização legal para a disposição de água tratada na rede de drenagem	Média
Controle de qualidade da água à montante e à jusante do ponto de lançamento em sistemas mistos	Monitoramento da qualidade da água para garantir a conformidade com os padrões ambientais	Alta
Disponibilidade de bomba reserva em elevatórias, caso existam	Prevenção de falhas operacionais que possam comprometer o funcionamento do sistema	Média

FONTE: AGESAN-RS (2022)

15.3. CHECKLIST DA MACRODRENAGEM

O terceiro grupo de *checklists* da AGESAN-RS avalia a condição e o funcionamento das estruturas de macrodrenagem, garantindo que estejam operando de forma eficiente e segura. Esses *checklists* abordam desde a existência de um cadastro da macrodrenagem até a realização de limpeza e manutenção periódica dos canais. Verificam também a ocorrência de alagamentos e inundações causados por insuficiência do sistema de macrodrenagem, além de avaliar a existência de medidas de proteção e preservação de áreas de risco. Esses itens são essenciais para garantir a eficácia das estruturas de macrodrenagem e prevenir danos às áreas urbanas causados por eventos extremos de precipitação. O quadro 13 apresenta o item do *checklist* da macrodrenagem seu foco principal e a gravidade considerada.

Quadro 13 – Checklist da microdrenagem.

Descrição	Ponto Principal	Gravidade
Existência de cadastro de macrodrenagem	Organização e registro das estruturas de macrodrenagem	Média
Condição das estruturas da macrodrenagem	Garantia de que as estruturas estão em bom estado de conservação e funcionamento	Alta
Implementação de reservatórios de retenção ou retenção no sistema	Controle do fluxo de água durante eventos de chuva intensa para reduzir o risco de inundações	Alta
Presença de estações elevatórias no sistema	Bombeamento eficiente da água em áreas de baixa declividade ou onde não é possível drenar por gravidade	Alta
Existência de cursos de água permanentes ou intermitentes para lançamento de drenagem urbana	Utilização adequada de cursos de água para evitar impactos ambientais negativos	Alta
Tratamento da água coletada pela rede de macrodrenagem	Melhoria da qualidade da água antes do lançamento para reduzir o impacto ambiental	Alta
Canalização ou revestimento com pavimento de curso d'água no sistema	Controle do escoamento para evitar erosão e assoreamento dos cursos d'água	Alta
Destino adequado da água coletada	Encaminhamento correto da água para evitar alagamentos e inundações	Alta
Prevenção de assoreamento de canais, cursos d'água naturais e reservatórios por erosão de bacia	Controle da erosão para evitar o acúmulo de sedimentos e garantir o fluxo hídrico adequado	Alta
Prevenção de obstruções de canais, cursos d'água naturais e reservatórios por resíduos sólidos	Limpeza e manutenção regular para garantir o fluxo livre de água	Alta
Prevenção de alagamentos e inundações causados por insuficiência do sistema de macrodrenagem	Dimensionamento adequado do sistema para lidar com grandes volumes de água durante eventos extremos	Alta
Monitoramento da qualidade da água à montante e à jusante do ponto de lançamento	Avaliação da conformidade com os padrões ambientais para proteger os corpos hídricos	Alta
Limpeza e manutenção periódica dos canais de macrodrenagem	Prevenção de obstruções e garantia do bom funcionamento do sistema	Alta

FONTE: AGESAN-RS (2022)

15.4. CHECKLIST DO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Por fim, o último grupo de *checklists* da AGESAN-RS se concentra no manejo de águas pluviais em geral, avaliando a capacidade dos municípios de lidarem com eventos de precipitação e prevenir inundações e outros danos relacionados à água. Esses *checklists* abordam uma variedade de aspectos, desde a existência de políticas de gestão de águas pluviais até a realização de medidas de proteção e preservação de encostas e áreas de risco.

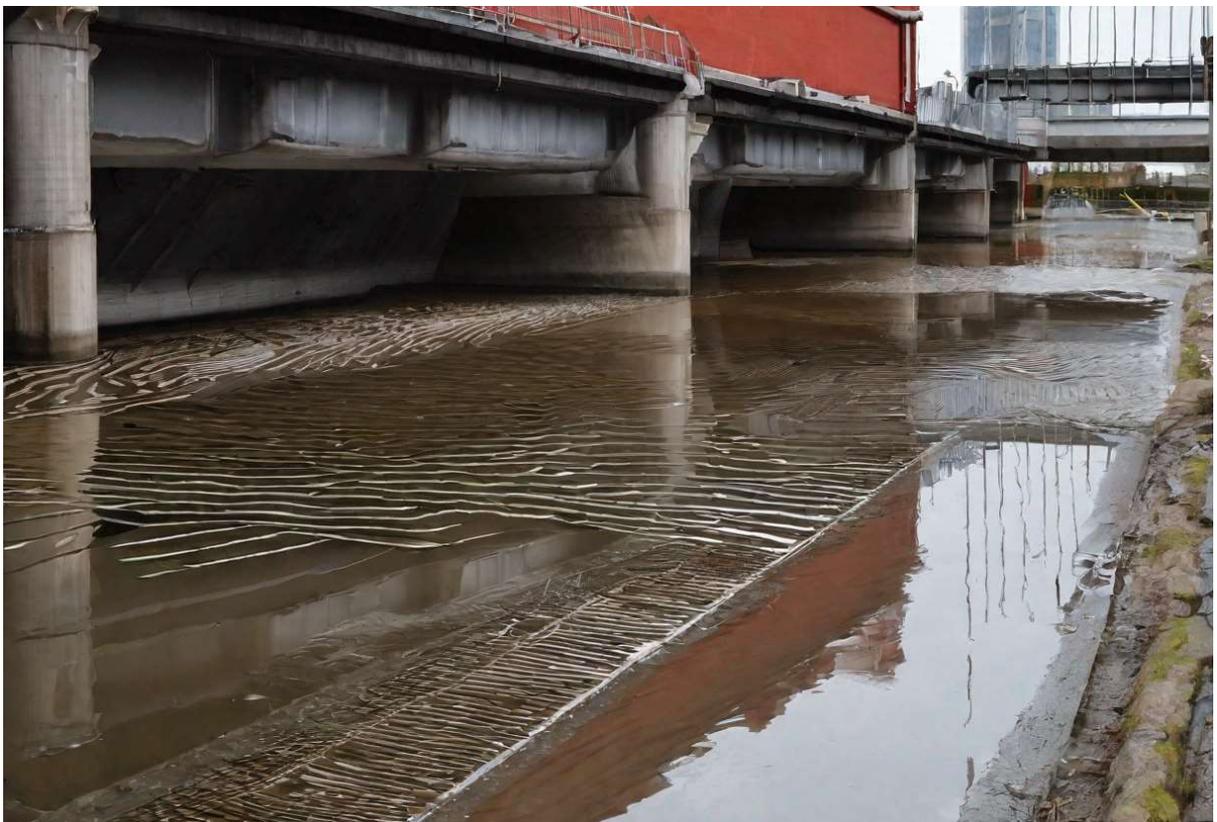
Ao avaliar esses aspectos, os fiscais da AGESAN-RS garantem que os municípios estejam preparados para lidar com eventos extremos de precipitação e que estejam implementando medidas eficazes de prevenção e mitigação de danos. Esses *checklists* são ferramentas essenciais para garantir a segurança e a qualidade dos serviços de saneamento no estado do Rio Grande do Sul, contribuindo para o bem-estar e o desenvolvimento sustentável das comunidades locais. O quadro 14 apresenta o item do *checklist* do manejo das águas pluviais seu foco principal e a gravidade considerada.

Quadro 14 – Checklist do manejo das águas pluviais.

Descrição	Ponto Principal	Gravidade
Ocorrência de inundações ou enchentes nos últimos 2 anos	Avaliação da vulnerabilidade do sistema de drenagem urbana e da necessidade de medidas de mitigação	Alta
Dimensionamento do sistema de drenagem para quantidade média de chuvas	Adequação do sistema para lidar com os volumes de água esperados durante eventos de precipitação	Alta
Existência de bacias de amortecimento	Implementação de estruturas para reduzir picos de inundação e proteger áreas vulneráveis	Alta
Problemas de erosão causados por chuvas que afetam o sistema de Drenagem Urbana	Prevenção de danos ao sistema de drenagem e ao meio ambiente causados por erosão	Alta
Ocorrência de erosões causadas por chuvas no perímetro urbano nos últimos 2 anos	Identificação de áreas propensas à erosão e implementação de medidas de controle	Média
Topografia e hidrografia do município favorecem a ocorrência de enchentes nos períodos invernosos	Avaliação do risco de enchentes sazonais e necessidade de medidas preventivas	Alta
Existência de ruas pavimentadas no perímetro urbano	Avaliação do impacto do escoamento superficial e necessidade de drenagem adequada das vias	Média
Existência de áreas de risco que demandem drenagem especial	Identificação e gestão de áreas propensas a alagamentos e inundações para proteger a população e o patrimônio	Alta
Mecanismos de proteção e preservação de encostas e áreas de risco	Implementação de medidas para reduzir o risco de deslizamentos e danos associados a eventos de chuva	Alta
Presença de encostas no perímetro urbano	Identificação de áreas suscetíveis a deslizamentos e adoção de medidas para proteger a população	Alta

FONTE: AGESAN-RS (2022)

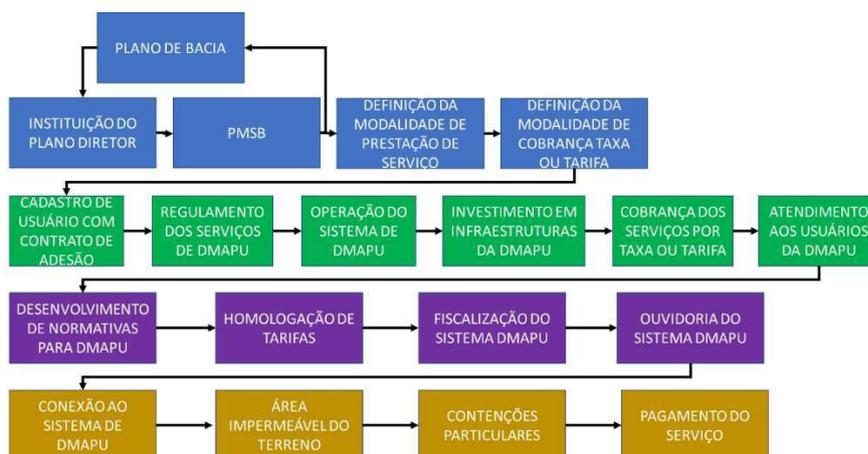
TITULO VIII – FLUXO REGULATÓRIO, LIMITAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS



16. FLUXO REGULATÓRIO SUGERIDO PARA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DO DMAPU

A AGESAN-RS, conforme apresentou em toda revisão deste manual, demonstra na Figura 79, apresenta os passos necessários para a instituição e operação desses serviços, desde o planejamento até a prestação aos usuários, destacando a importância de cada etapa e as responsabilidades envolvidas.

Figura 79 – Fluxograma ideal para implementação dos serviços de DMAPU



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES

O ponto de partida para uma gestão eficiente da DMAPU é a elaboração e implementação do plano diretor, definindo áreas de preservação, zoneamento urbano e critérios para ocupação do solo, considerando os aspectos hidrológicos e ambientais. Paralelamente, instituir o PMSB, que aborda de forma integrada os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, bem como a DMAPU. Logo, deve-se articulá-los com o plano de bacia hidrográfica, sendo essencial para uma abordagem holística na gestão dos recursos hídricos, considerando as interações entre os diferentes usos do solo e os impactos sobre a qualidade e quantidade das águas pluviais.

Ao definir a modalidade de prestação dos serviços de DMAPU, o titular deve considerar as características locais, as demandas da população e os recursos disponíveis. A gestão direta, a concessão, a terceirização, os consórcios e as parcerias público-privadas são algumas das opções disponíveis, cada uma com suas vantagens e desafios. A sustentabilidade econômico-financeira dos serviços de DMAPU depende da definição adequada da modalidade de cobrança. O titular deve escolher entre cobrar uma taxa ou uma tarifa, garantindo a justiça e a equidade na distribuição dos custos entre os usuários.

O prestador de serviço é responsável por estabelecer um cadastro de usuários, registrando informações relevantes sobre cada cliente, como endereço, tipo de imóvel e área

impermeável. Além disso, deve ser firmado um contrato de adesão entre o prestador e o usuário, estabelecendo os direitos e deveres de ambas as partes. Compete ao prestador de serviço elaborar e implementar um regulamento específico para os serviços de DMAPU, estabelecendo as normas e diretrizes para a prestação desses serviços.

O prestador de serviço deve realizar investimentos contínuos na construção, manutenção e melhoria das infraestruturas de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, incluindo a construção de redes de drenagem, reservatórios de detenção, galerias pluviais e sistemas de tratamento, visando mitigar os impactos das chuvas e prevenir enchentes.

A cobrança pelos serviços de DMAPU deve ser realizada pelo prestador de serviço, conforme a modalidade estabelecida pelo titular, sendo instituída por meio de taxa ou tarifa. O prestador de serviço deve garantir um atendimento eficiente e qualificado aos usuários, incluindo a prestação de informações claras e precisas, a resolução rápida de problemas e a adoção de medidas para garantir a satisfação e a confiança dos clientes.

A agência reguladora tem o papel de desenvolver normativas para a gestão dos serviços de DMAPU, garantindo a qualidade, eficiência e segurança dos serviços, bem como proteger os interesses dos usuários e da sociedade. Compete à agência reguladora homologar as tarifas dos serviços de DMAPU, garantindo que os valores cobrados sejam justos, transparentes e adequados para garantir a sustentabilidade econômica do sistema.

A agência reguladora deve disponibilizar um canal de ouvidoria para os usuários dos serviços de DMAPU, permitindo que eles registrem reclamações, sugestões e denúncias relacionadas à prestação desses serviços. Isso contribui para a melhoria contínua da qualidade e eficiência dos serviços.

Cabe ao usuário solicitar a conexão de seu imóvel à rede de DMAPU, seguindo as normas e procedimentos estabelecidos pelo prestador de serviço. O usuário deve declarar a área impermeável de seu imóvel, refletindo o impacto do imóvel no volume e na velocidade do escoamento das águas pluviais. Por fim, o usuário é responsável por implementar sistemas de contenção da água da chuva em seu imóvel, como cisternas, jardins de chuva, pavimentos permeáveis e outros dispositivos que permitem a infiltração da água no solo, contribuindo para reduzir o volume de água escoado para as redes de drenagem, minimizando o risco de enchentes e alagamentos.

A instituição e operação dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas requerem uma abordagem integrada, envolvendo diferentes atores e considerando as particularidades de cada contexto urbano. O planejamento adequado, a definição de normas e diretrizes, a participação dos usuários e a fiscalização eficiente são fundamentais para garantir a eficácia e a sustentabilidade desses serviços, promovendo o desenvolvimento urbano sustentável e a qualidade de vida nas cidades.

17. DAS LIMITAÇÕES DA REGULAÇÃO DE DRENAGEM

A DMAPU, por ser um dos eixos do saneamento, possui diversas interfaces com os demais, especialmente esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos. Em relação ao esgotamento sanitário, a utilização de sistemas de esgotamento misto, abem como a interligação dos pluviais dos usuários no sistema de esgotamento sanitário podem ocasionar a necessidade de revisões em projetos de saneamento e tratamento das estações de tratamento de esgoto, bem como poluir os córregos, em relação ao despejo desordenado entre os dois eixos.

Na prática, o esgotamento pluvial deveria ser conduzido diretamente aos córregos, podendo haver algum tratamento em relação à poluição difusa das águas e o esgotamento sanitário para as estações de tratamento de esgoto, mas nem sempre ocorre dessa maneira em grande parte dos municípios do Rio Grande do Sul, na qual são utilizadas redes denominadas mistas.

Desta forma, faz-se necessária a condução das águas para sua disposição final, considerando o tratamento prévio, em ambos os casos, o que poderia ser de uma maneira uniforme, de maneira intermediárias nas cidades de menor porte. A definição de qual tecnologia se utilizar parte dos projetistas dos sistemas, mas sua substituição é definição do agente regulador e, indubitavelmente, melhor se estiver definida em planos municipais de saneamento básico.

Em relação aos resíduos sólidos, a situação não é distinta. A limpeza urbana, especialmente, interfere substancialmente nas bocas de lobo ou bueiros que acabam conduzindo os resíduos não dispostos adequadamente para os córregos ou para as estações de tratamento. A distinção entre a limpeza urbana e a microdrenagem urbana é muito ímpar e, no caso da AGESAN-RS, considera-se que a limpeza dos bueiros e bocas de lobo é componente da drenagem urbana.

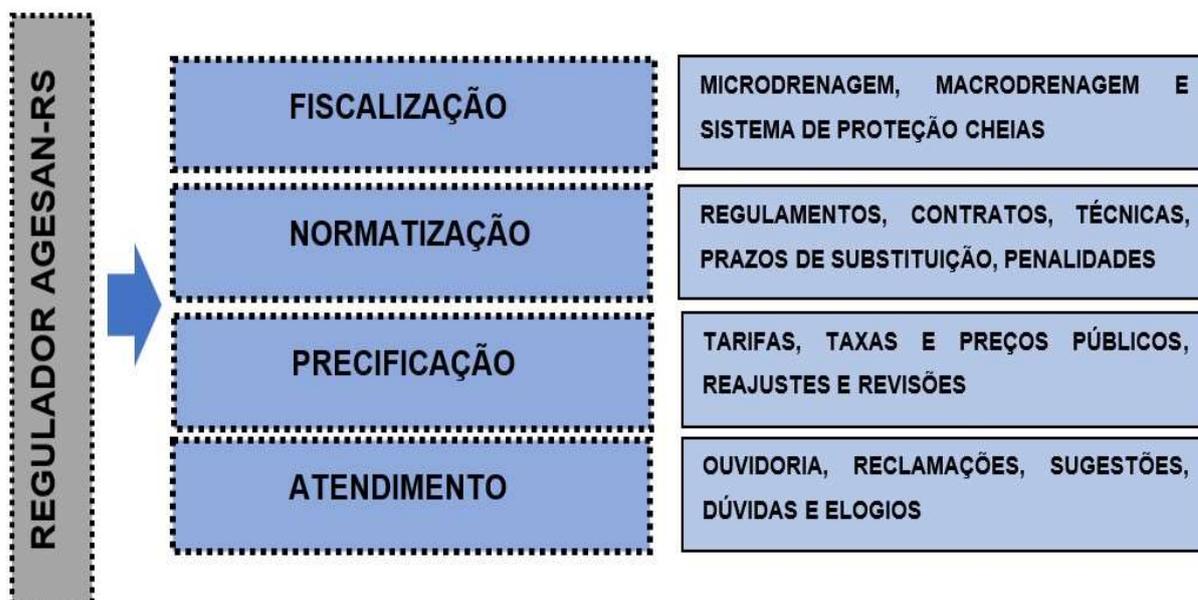
Essas interfaces entre os eixos do saneamento, delimitam a regulação da drenagem urbana, que deve considerar especialmente a utilização primordial de cada estrutura. Quando houver dúvidas sobre cada estrutura se é de um ou outro eixo, principalmente para a definição da sustentabilidade econômico-financeira (tarifas e taxas), deve se considerar a função primordial da estrutura e não qual a causa da sua inutilização.

Na regulação da drenagem urbana, desta forma, a AGESAN-RS deve considerar todas as estruturas que sejam compartilhadas ou não para a condução das águas pluviais. Em relação às tecnologias propostas para a resolução e/ou amortização do impacto dos índices pluviométricos, a AGESAN-RS entende ser necessária a utilização de soluções baseadas na natureza, ou infraestruturas verdes.

No entanto, compreende-se também ser fundamental a utilização de infraestruturas construídas, especialmente no caso do sistema de proteção contra cheias. As soluções baseadas na natureza são mais adequadas para a utilização em alagamentos diários e não para inundações oriundas de transbordamento de rios, como recentemente ocorrido no Estado do Rio Grande do Sul, em 2024.

Considerando estes fatores, a intervenção da reguladora deve se dar da seguinte forma, conforme apresentado na Figura 80.

Figura 80 – Atuação do regulador



FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES

Desta maneira, a AGESAN-RS deve em seu papel de regulação definir as formas de prestação dos serviços e normatizar, através de resoluções e instruções normativas, quais seriam as penalizações da prestação inadequada.

Além disso, faz-se necessária a precificação da prestação do serviço de drenagem, através de formas ainda em estudo pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, mas com tendência de precificar pela tarifa, através do grau de impermeabilização dos terrenos, havendo a possibilidade de redução da tarifa no caso de soluções de retenção, detenção ou reutilização das águas pluviais.

Por último, cabe ao regulador dispor de canal de Ouvidoria para atendimento à todos usuários, sejam eles a comunidade em geral, o executivo e o legislativo. Vê-se a necessidade, também, de dirimir as dúvidas dos usuários em virtude ser um serviço a mais a ser prestado e não uma obrigatoriedade do executivo municipal tão-somente.

18. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste manual, exploramos os diversos aspectos envolvidos na regulação dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, desde o ciclo hidrológico até a prestação do serviço e a sustentabilidade econômico-financeira. Cada capítulo ofereceu *insights* valiosos sobre como enfrentar os desafios complexos associados à gestão das águas pluviais nas áreas urbanas, destacando a importância de uma abordagem integrada e sustentável.

Nas considerações iniciais, reconhecemos a necessidade de uma governança eficaz e de uma cooperação entre os diversos atores envolvidos, desde as autoridades municipais até os prestadores de serviços e a sociedade civil. O ciclo hidrológico nos proporcionou uma compreensão mais profunda dos processos naturais que regem o comportamento das águas pluviais, enquanto as discussões sobre as bacias urbanas e hidrográficas nos permitiram contextualizar esses processos dentro de um quadro mais amplo de planejamento e gestão territorial.

O planejamento da prestação do serviço foi abordado em detalhes, destacando a importância de atender às demandas da sociedade, de definir claramente as responsabilidades dos diversos atores envolvidos e de garantir uma gestão transparente e eficiente. A governança da DMAPU foi explorada como um aspecto fundamental para garantir a coordenação e a integração dos esforços de planejamento e gestão em nível municipal e regional.

A gestão da drenagem, tanto em nível micro quanto macro, foi discutida em profundidade, ressaltando a importância de adotar práticas sustentáveis e de promover a resiliência das infraestruturas urbanas frente aos desafios climáticos em constante evolução. Os sistemas de DMAPU foram analisados em detalhes, fornecendo uma visão abrangente das diferentes tecnologias e práticas disponíveis para lidar com as águas pluviais de forma eficaz e sustentável.

Além disso, discutimos as formas de prestação de serviços de DMAPU, incluindo a gestão direta, a concessão ou terceirização, os consórcios e as parcerias público-privadas, destacando as vantagens e desafios de cada modelo. Abordamos também a relação comercial entre os usuários e os prestadores de serviços, enfatizando a importância da transparência, da comunicação e da participação pública no processo decisório.

Por fim, exploramos questões relacionadas à sustentabilidade econômico-financeira dos serviços de DMAPU, incluindo experiências na cobrança de taxas e tarifas, bem como os critérios estabelecidos pela legislação federal. Também discutimos a importância de desenvolver indicadores e metas claras para avaliar o desempenho dos serviços e de elaborar planos de emergência e contingência para lidar com situações de crise e desastre.

Em suma, este manual oferece um guia abrangente e prático para a regulação dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, fornecendo orientações claras e diretrizes úteis para os gestores públicos, prestadores de serviços e demais interessados envolvidos na gestão das águas pluviais urbanas. Ao adotar as melhores práticas aqui delineadas, podemos trabalhar juntos para construir comunidades mais seguras, resilientes e sustentáveis para as gerações presentes e futuras.

19. REFERÊNCIAS

- ACO. **Sistema de Drenagem ACO em Centros Logísticos**. Disponível em: <https://www.acodrenagem.com.br/>. Acesso em: 30 mai. 2024.
- ADASA NA ESCOLA. **Programa Adasa na Escola**. Disponível em: <https://www.adasanaescola.df.gov.br/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- AECWEB. **Piscinões são alternativa eficaz para controle de enchentes urbanas**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO DO RIO GRANDE DO SUL (AGESAN-RS). **Resolução CSR nº 014/2019**. Porto Alegre: AGESAN-RS, 2019.
- _____ . **Resolução AGE nº 011/2021**. Porto Alegre: AGESAN-RS, 2021.
- _____ . **Resolução AGE nº 013/2023**. Porto Alegre: AGESAN-RS, 2023.
- AGSOLVE. **Estações Meteorológicas: Quais suas aplicações?** Disponível em: <https://www.agsolve.com.br/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- AGÊNCIA BRASÍLIA. **Estrutural recebe serviço de limpeza e inspeção da rede pluvial**. Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- ÁGUAS DE MATÃO. **Galeria de águas pluviais**. Disponível em: <https://www.aguasdematao.com.br/>. Acesso em: 19 abr. 2024;
- ALLONDA. **Estação de tratamento de águas pluviais para reuso em terminal portuário**. Disponível em: <https://www.allonda.com>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- AZEVÊDO, J. H. C. **Financiamento da drenagem urbana: uma proposta para a região da cidade do Recife-PE-Brasil**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. **Aspectos Institucionais e de Financiamento dos Sistemas de Drenagem Urbana**. RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, RS, v. 7, n.1, p. 29-49, jan./mar. 2002.
- BARRETO, A. F.; FINGERMAN, H.; SILVA, Maria do A. G. **Um modelo de cobrança da contribuição de melhoria**. São Paulo: Resenha Tributária, 1975, p. 16.
- BERNARDES, R.S.; SOARES, S. R. A. **Esgotos combinados e controle da poluição: estratégia para planejamento do tratamento da mistura de esgotos sanitários e águas pluviais**. Brasília: CAIXA, 2004.

- BERTRAND-KRAJEWSKI, J. L.; BARRAUD, S.; BADIN, J, P. **Uncertainties, performance indicators and decision aid applied to storm water facilities**. Urban Water v. 4, p. 163-179, 2002.
- BRASIL. **Lei Federal nº 11.445, de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília: Presidência da República, 2007.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Guia para a elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico**. Brasília: Ministério das Cidades, 2011. 2. ed. 152 p.: il.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento**. 5. Ed. Brasília: Funasa, 2019.
- BONZI, R. S. **Andar sobre Água Preta: a aplicação da infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Paisagem e Ambiente) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. doi:10.11606/D.16.2015.tde-29102015-111924. Acesso em: 18 abr. 2018.
- CANÇADO, V.; NASCIMENTO, N. O.; CABRAL, J. R. **Cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais: bases conceituais**. RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 5-21, 2005.
- CÂNEPA, E. M.; PEREIRA, J. S.; LANNA, A. E. L. **A política de recursos hídricos e o princípio usuário-pagador (pup)**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 4, n. 1, p. 103-117, 1999.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CASTRO, L. M. A. **Proposição de indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.
- CAVALCANTI FILHO, M. J. L. **Desenvolvimento e avaliação de um conjunto de indicadores para representação do sistema de drenagem urbana**. 2017. 146 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Maceió, 2017.
- CBN TOCANTIS. **Sustentabilidade no ar**. Disponível em: <https://www.cbntocantins.com.br/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- CIVILIZAÇÃO ENGENHEIRA. **Blog "Civilização Engenheira"**. Disponível em: <https://civilizacaoengenheira.wordpress.com/>. Acesso em: 18 abr. 2024.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação de Recursos Hídricos (ABRH), 3. Impressão, 2021. 347 p.: Il. – (Coleção ABRH; 12).
- COSSENZO, C. L. **Cobrança de drenagem: financiamento dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas no Distrito Federal**. Dissertação do Mestrado em Gestão Econômica de Finanças Públicas pela Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas do Departamento de Economia da Universidade de Brasília. Brasília: FACE, 2021.

- **CORREIO DO POVO. Enxurrada provoca alagamentos e causa prejuízos no Litoral Norte.** Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- **DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. Drenagem urbana: manual de projeto por Departamento de Água e Energia Elétrica e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** 2. ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1980.
- **DIAS, M. C. Índice de salubridade ambiental em áreas de ocupação espontânea: estudo em Salvador, Bahia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. 2003.
- **DIAS, A.P.; ROSSO, T.C.A. Análise dos elementos atípicos do sistema de esgoto (separador absoluto) na cidade do Rio de Janeiro.** ENGEVISTA, v. 13, n. 3. p. 177-192, dez. 2011.
- **DOC PLAYER. Saneamento urbano.** Disponível em: <https://docplayer.com.br/77443292-Saneamento-urbano-i-th052.html>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- **FIA BUSINESS SCHOOL. Cidades inteligentes.** Disponível em: <https://fia.com.br/>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- **FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE – FUNASA. Plano Municipal de Saneamento Básico: Caderno Temáticos Saneamento Básico Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.** Brasília: FUNASA, 2016.
- **G1. Limpeza de canais de drenagem e manutenção hidrográfica são realizadas na Capital.** Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/prefeitura-municipal-de-florianopolis/florianopolis-uma-cidade-para-todos/noticia/2023/08/17/limpeza-de-canais-de-drenagem-e-manutencao-hidrografica-sao-realizadas-na-capital.ghtml>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- **GOMES, C. A. BM; BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Financiamento da drenagem urbana: uma reflexão.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n. 3, p. 93-104, 2008.
- **GONZALEZ, D. J. Contribuições para a compreensão das deficiências na universalização do abastecimento de água e do esgotamento sanitário na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (2007 - 2020).** Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) – Faculdade de Arquitetura – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2023.
- **JUSTINO, E. A.; PAULA, H. M.; PAIVA, E. C. R. Análise do efeito da impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Uberlândia-MG.** Espaço em Revista, v. 13, n. 2, p. 16-38, jul./dez. 2011. ISSN 1519-7816.
- **KASPERSEN, J. The Stormwater Utility: Will It Work in Your Community?** Stormwater Online. 2000, p. 1
- **LEGLER, C.; MENDES, C. A. B. O financiamento da manutenção e operação do sistema de drenagem urbana de águas pluviais no Brasil: taxa de drenagem.** Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v. 15, n. 1, p. 201, 2013.
- **LISBOA, E. G.; BARP, Ana Rosa Baganha; MONTENEGRO, A. D. A Cobrança de Taxa como Alternativa de Financiamento para um Plano de Drenagem Urbana no município de Belém/PA.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 17, p. 53-67, 2012.

- MACHODO, A. S.; BORJA, P. C.; MORAES, L. R. S. **Desafios e oportunidades para implantação de uma das propostas do PEMAPES: o sistema combinado**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais. Gesta, v. 1, n. 2, p. 234-250, 2013.
- MARQUES, C. E. B. **Proposta de Método para a Formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- MENDONÇA, S. R.; MENDONÇA, L. C. **Sistemas sustentáveis de esgotos**. São Paulo: Blucher, 2016.
- METCALF & EDDY. IN. **Wastewater engineering: treat and reuse**. 4. Ed. New York: McGraw-Hill, 2003.
- MOURA, N. C. B. **Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para manejo das águas das chuvas**. Tese de doutorado da Área de Concentração de Paisagem e Ambiente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo: FAUUSP, 2013.
- MOURA, P. M.; BARRAUD, S.; BAPTISTA, M. B. **Metodologia para avaliação de sistemas de infiltração de águas pluviais urbanas – fase de concepção**. Revista de Gestão de Água da América Latina – REGA. v. 7, no. 2, p. 5-16. 2010.
- PEREIRA, M. T.; GIMENES, M. L. **Desenvolvimento de indicador de qualidade de saneamento ambiental urbano e aplicação nas maiores cidades paranaenses**. Seminário Internacional Experiência e agendas 21: os desafios do nosso tempo. Ponta Grossa, 2009.
- PIROLI, E. L. **Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas**. São Paulo: Editora Unesp Digital, 2022. ISBN: 978-65-5714-298-1 (eBook);
- PORTZ, C.S. **Sistema de esgotamento combinado: adoção como fase inicial para viabilizar obras de saneamento integrando questões sanitárias e ambientais**. 2009. 72f. Monografia (Graduação) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- RIBEIRO, W. A. Da tarifa do serviço público de manejo de águas pluviais urbanas. In: **COORDENAÇÃO DE SANEAMENTO BÁSICO DO CONSELHO FEDERAL DA ORDEM DOS ADVOGADOS DO BRASIL**. Saneamento Básico: Temas fundamentais, propostas e desafios. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2017, pp. 509-527.
- RIO DE JANEIRO. **Sub bacias hidrográficas**. Disponível em: <https://www.data.rio/>. Acesso em: 18 abr. 2024.
- GUARARAPES. Microbacia baixo Tiete. Disponível em: <https://primaverax.org.br/>. Acesso em: 18 abr. 2024.
- RIBEIRO, W. A. **Remuneração pelo serviço público de manejo de águas pluviais urbanas**. Revista Jurídica, v. IV, p. 111-128, 2016.
- RIBEIRO, W. A. **Remuneração pelo serviço público de manejo de águas pluviais urbanas**. In: **COORDENAÇÃO DE SANEAMENTO BÁSICO DO CONSELHO FEDERAL DA ORDEM DOS ADVOGADOS DO BRASIL**. Saneamento Básico: Temas fundamentais, propostas e desafios. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2017. pp. 517-518.

- RIGHETTO, A. M. (Coordenador). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396p. (Projeto PROSAB). ISBN 978-85-7022-162-9.
- SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes de projetos**. São Paulo: SMDU, 2012. 128 p. il. v. 3.
- SILVEIRA, G. L. da; FORGIARINI, F. R.; GOLDENFUM, J. A. **Taxa não é Cobrança: Uma Proposta para a Efetiva Aplicação do Instrumento de Gestão de Recursos Hídricos para a Drenagem Urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 14, p. 71-80, 2009.
- SOS RIOS DO BRASIL. **Blog SOS rios do Brasil exclusivo sobre recursos hídricos**. Disponível em: <https://sosriodobrasil.blogspot.com/2014/04/cnrh-divulgou-criterios-para-recarga.htm>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- SP TUBOS. **A importância da drenagem subterrânea**. Disponível em: <https://www.sptubos.com.br/>. Acesso em: 30 mai. 2024.
- TASCA, F. A. **Simulação de uma taxa para manutenção e operação de drenagem urbana para municípios de pequeno porte**. 2016. 163 p. Dissertação do Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, Santa Catarina, 2016.
- TOMINAGA, E. N. S. **Urbanização e cheias: medidas de controle na fonte**. 2013. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Ambiental). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.7, n.1, p. 5-27, 2002.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Carlos E. M. Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership – Wolrd Bank – Unesco. Brasília: CEPAL / IPEA, 2012.
- TUCCI, C. E. M. Escoamento superficial, TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2000.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Carlos E. M. Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership – Wolrd Bank – Unesco. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.
- TSUTIYA, M.T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica de São Paulo, 2000.
- TSUTIYA, M.T.; BUENO, R.C.R. **Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil**. Água Latinoamérica. ADIS – Asociación Dominicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. jul./ago. 2004.
- UNIARAXÁ. **Como funciona a ouvidoria**. Disponível em: <https://site.uniaraixa.edu.br/ouvidoria/>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). **Funding Stormwater Programs**. 2009, p. 3.

- VACACAI. **O que é uma bacia Hidrográfica?** Disponível em: <https://www.comitevacacai.com.br/>. Acesso em: 18 abr. 2024.
- VILLEGAS, H. **Verdades e ficções em torno do tributo denominado taxa.** Revista de Direito Público, n. 17, 1971, p. 329.
- WARTCHOW, D. **A Operação de um sistema de esgotamento sanitário do tipo misto: alternativa ambiental, social, econômica e política.** In: FÓRUM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO, 2013, Salvador-BA. Salvador: SEDUR, 2013.
- WASAKI ENGENHARIA. **Quais dispositivos utilizados na drenagem superficial?** Disponível em: <https://wasaki.com.br/quais-os-dispositivos-utilizados-na-drenagem-superficial/>. Acesso em: 29 mai. 2024.
- WATANABE, R. M. **Página pessoal de Roberto Massaru Watanabe.** Disponível em: <https://www.ebanataw.com.br/roberto/index.php>. Acesso em 02 abr. 2024.
- ZHAO, J.Z.; FONSECA, C.; ZEERAK, R. **Stormwater Utility Fees and Credits: A Funding Strategy for Sustainability.** Sustainability 2019, 11, 1913.