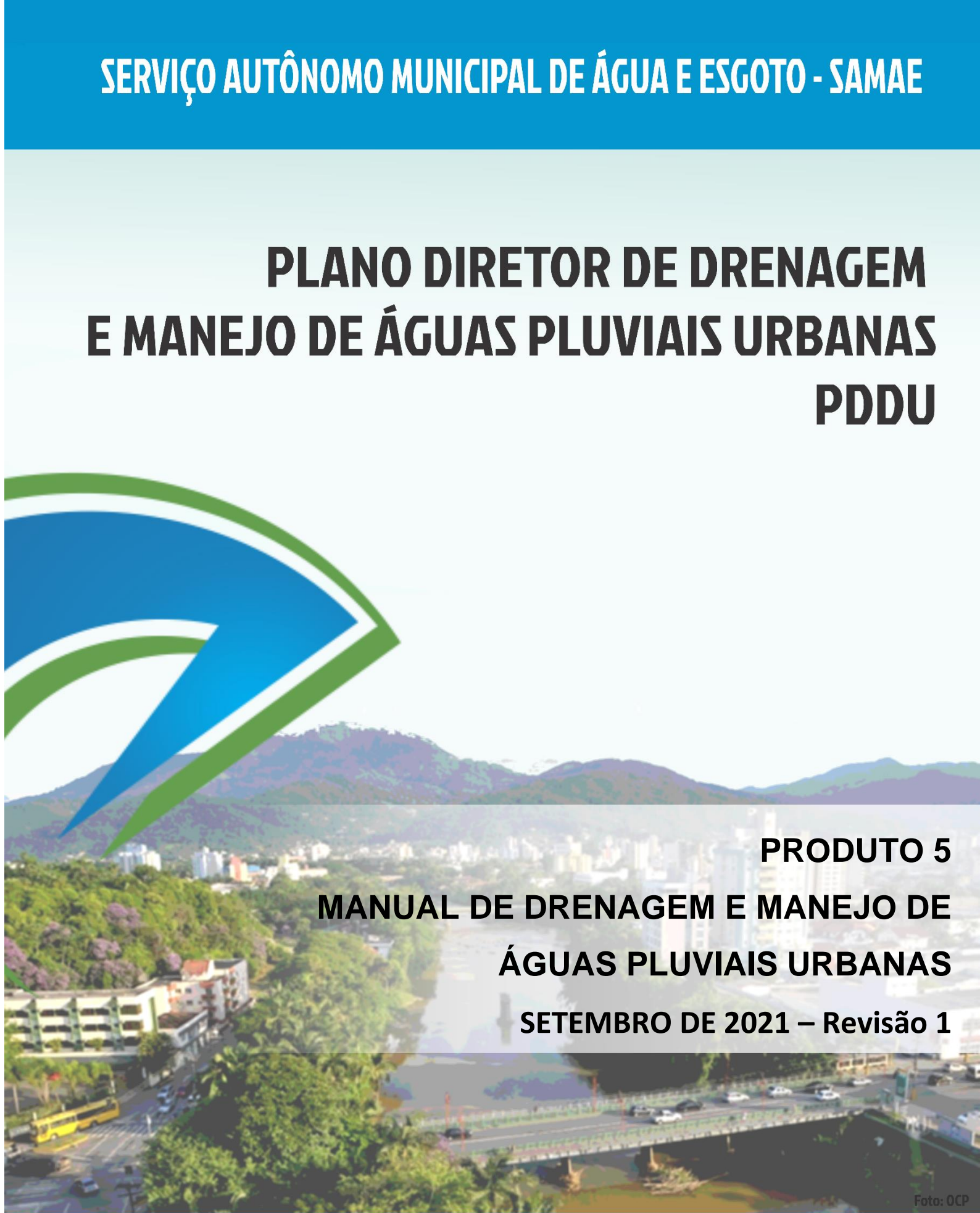


SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS PDDU



**PRODUTO 5
MANUAL DE DRENAGEM E MANEJO DE
ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS
SETEMBRO DE 2021 – Revisão 1**

Foto: OCP

PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUÁ DO SUL

SAMAE – SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO

Rua Erwino Menegotti, nº 478 – Jaraguá do Sul - SC

CEP: 89254-000

Telefone: (47) 2106-9100

**PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS
URBANAS DO MUNICÍPIO DE JARAGUÁ DO SUL**

**PRODUTO 5: MANUAL DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS
URBANAS**

SETEMBRO DE 2021

PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUÁ DO SUL
SAMAE – SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO

Rua Erwino Menegotti, nº 478 – Jaraguá do Sul - SC

CEP: 89254-000

Telefone: (47) 2106-9100

SAMAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaraguá do Sul
Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas –2021.
102 pg.: il.color. 30 cm

Esta obra é um dos produtos referentes ao Plano Diretor de Drenagem
e Manejo de Águas Pluviais Urbanas de Jaraguá do Sul - SC

1. Manual. 2. Dimensionamento. 3. Medidas de controle. 4. Drenagem
urbana. 5. Macrodrenagem 6. Microdrenagem 7. Equação de chuvas
intensas

Realização



**PREFEITURA MUNICIPAL DE
JARAGUÁ DO SUL**

Rua Walter Marquardt, nº 1111 – Jaraguá
do Sul – SC - CEP: 89259-565
Telefone: (47) 2106-8000

Antidio Aleixo Lunelli
Prefeito Municipal



**SAMAE – SERVIÇO AUTÔNOMO
MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO**

Rua Erwino Menegotti, nº 478 – Jaraguá
do Sul – SC - CEP: 89254-000
Telefone: (47) 2106-9100

Ademir Izidoro
Diretor Presidente do SAMAE

Empresa Contratada



EVOLUA AMBIENTAL ENGENHARIA E ARQUITETURA

CNPJ 16.697.255/0001-95
End.: Rua Gil Stein Ferreira, nº 357, sala 706, Itajaí - SC.
CEP 88301-210
Fone: 47 2125 1014 | e-mail: contato@evoluambiental.com.br

(em branco)

ÍNDICE GERAL

Produto 1

DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE DRENAGEM

Produto 2

PROGNÓSTICO DO SISTEMA DE DRENAGEM

Produto 3

PROPOSIÇÕES PARA O SISTEMA DE DRENAGEM

Produto 4

PROGRAMA MUNICIPAL DIRETOR DE DRENAGEM

Produto 5

MANUAL DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

(em branco)

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	12
2	INTRODUÇÃO	13
2.1	CONTROLE DA DRENAGEM URBANA.....	15
2.1.1	Urbanização e a alteração do ciclo hidrológico.....	15
2.1.2	Aspectos quantitativos.....	17
2.1.3	Aspectos qualitativos.....	18
2.1.4	Manejo das águas pluviais urbanas	19
2.2	MEDIDAS DE CONTROLE	20
2.3	PRINCÍPIOS DE CONTROLE DA DRENAGEM URBANA.....	22
3	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	23
3.1	BACIA HIDROGRÁFICA	24
3.2	PRECIPITAÇÃO.....	27
3.3	DADOS PLUVIOMÉTRICOS	29
3.4	DADOS FLUVIOMÉTRICOS.....	30
3.5	EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS	31
3.6	PERÍODO DE RETORNO.....	32
3.7	VAZÃO DE PRÉ-OCUPAÇÃO	32
4	PRECIPITAÇÃO DE PROJETO	34
4.1	PRECIPITAÇÃO DE PROJETO PARA MICRODRENAGEM.....	35
4.2	VAZÃO DE PROJETO PARA MICRODRENAGEM	35
4.3	PRECIPITAÇÃO DE PROJETO PARA MACRODRENAGEM	37
4.4	VAZÃO DE PROJETO PARA MACRODRENAGEM	39
5	MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO NA FONTE.....	44
5.1	CRITÉRIO DE ESCOLHA DAS OBRAS	44
5.2	NOS LOTES	50
5.2.1	Estruturas de infiltração.....	52
5.2.2	Microrreservatórios.....	53
5.2.3	Telhados verdes	54
5.2.4	Jardins de chuva / faixas gramadas.....	55
5.2.5	Dispositivos para captação de água da chuva.....	57
5.3	NOS LOTEAMENTOS.....	58
5.3.1	Pavimentos permeáveis	58
5.3.2	Reservatórios de amortecimento de cheias.....	62
6	PROJETOS DE MICRODRENAGEM	65
6.1	REDE COLETORA.....	67

6.2	BOCAS-DE-LOBO	69
6.3	POÇOS DE VISITA	73
6.4	RUAS E SARJETAS	73
6.5	GALERIAS	75
7	PROJETOS DE MACRODRENAGEM	77
7.1	BACIAS DE DETENÇÃO E RETENÇÃO	77
7.2	CANAIS.....	80
8	CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO E CONTROLE DOS IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO URBANO SOBRE O SISTEMA DE DRENAGEM.....	81
8.1	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS.....	83
8.2	CONTROLE DOS IMPACTOS	84
8.3	GERENCIAMENTO DE CONTINGÊNCIAS.....	85
8.3.1	Monitoramento em tempo real e previsões	85
8.3.2	Diretrizes para plano de contingências	86
8.3.3	Estrutura do Plano de Contingência	87
9	QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL	89
9.1	CONTROLE DA POLUIÇÃO POR CARGAS DIFUSAS	89
9.2	REVITALIZAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS	91
10	LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO ASSOCIADA	93
10.1	PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA	93
10.2	DECRETO MUNICIPAL.....	93
10.3	REGULAMENTAÇÃO DO ZONEAMENTO DAS ÁREAS INUNDÁVEIS.....	94
10.4	REGULAMENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE CONTROLE ESTRUTURAIS	95
10.5	REFORMULAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO	95
10.6	PREVISÃO DE CHEIAS E ALERTA AO RISCO DE DESASTRE	97
10.7	LEGISLAÇÃO VOLTADA AO MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	98
11	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico de comparação de crescimento populacional e eventos de inundação	16
Figura 2 - Ciclo hidrológico natural e urbano	17
Figura 3 - Fenômenos que influenciam no escoamento superficial.....	23
Figura 4 - Hidrograma padrão	24
Figura 5 - Revestimentos intertravados para pavimentos permeáveis.....	51
Figura 6 – Tipologias para revestimentos em pavimentos permeáveis	52
Figura 7 – Estruturas de infiltração	53
Figura 8 - Camadas de um telhado verde.....	55
Figura 9 - Jardim de Chuva – projeto panorâmico.....	56
Figura 10 – Paisagismo e área verde	58
Figura 11 - Espaços verdes de uso recreativo.....	59
Figura 12 - Revestimento de pedrisco colorido.....	60
Figura 13 - Revestimento em paver	61
Figura 14 - Piso paver nivelado.....	62
Figura 15 – Reservatório de detenção	63
Figura 16 – Situação da rede coletora	68
Figura 17 – Alinhamento dos condutos.....	69
Figura 18 - Tipos de boca-de-lobo	70
Figura 19 - Dispositivo de saída: orifício com saída livre a jusante (não afogado).	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Período de retorno conforme ocupação da área	32
Quadro 2 – Valores sugeridos para coeficiente de escoamento superficial.	36
Quadro 3 - Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas	42
Quadro 4 - Equações para o dimensionamento de MCs no município de Jaraguá do Sul	48
Quadro 5 - Fatores de redução da vazão de engolimento de bocas-de-lobo	73
Quadro 6 – Fator de redução de escoamento da sarjeta	75
Quadro 7 - Valores do coeficiente de rugosidade de <i>Manning</i>	75
Quadro 8 – Diretrizes do Plano Municipal de Saneamento Básico	84

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu.....	26
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Impacto da impermeabilização do solo na infiltração	18
Tabela 2 - Informações das bacias do rio Itapocu	27
Tabela 3 – Área de Preservação Permanente (km ²) em cada sub-bacia	27
Tabela 4 – Estações Pluviométricas à montante de Jaraguá do Sul	29
Tabela 5 – Estações fluviométricas à montante de Jaraguá do Sul	30
Tabela 6 – Hidrograma unitário curvilíneo adimensional do SCS.....	40
Tabela 7 – Critério de aplicabilidade das MCs conforme área da bacia de contribuição	45
Tabela 8 - Critério de aplicabilidade das MCs conforme a condutividade hidráulica do solo (subleito).	46
Tabela 9 – Critério de aplicabilidade das MCs conforme condição do solo-aquífero	46
Tabela 10 – Critério de aplicabilidade das MCs conforme condição de localização	47
Tabela 11 - Pré-dimensionamento de drenos reguladores das medidas de controle (MC).	50

LISTA DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimentos Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRH	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ACIJS	Associação Empresarial de Jaraguá do Sul
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP	Área de Preservação Ambiental
ARIS	Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento
BMP	Best Management Practice
CDL	Câmara de Dirigentes Lojistas
CELESC	Companhia Elétrica de Santa Catarina
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
CERH/SC	Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina
CETESB	Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo
CIRAM	Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
CL	Caixa de ligação
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DAEE	Departamento De Águas E Energia Elétrica
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FUJAMA	Fundação Jaraguaense de Meio Ambiente
FURB	Fundação Universidade Regional de Blumenau
HUT	Hidrograma Unitário Triangular
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	Intensidade, duração e frequência
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MC	Medida de Controle
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
NBR	Norma Brasileira
ODS	Objetivo do Desenvolvimento Sustentável
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMP	Precipitação Máxima Provável
PPGEA	Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental
PRH	Plano de Recursos Hídricos
RFFSA	Rede Ferroviária Federal S/A
RH	Região Hidrográfica
SAMAE	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto
SbN	Soluções Baseadas na Natureza
SCS	Soil Conservation Service
SUDERHSA	Superintendência De Desenvolvimento De Recursos Hídricos E Saneamento Ambiental

1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório é parte integrante do Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas do Município de Jaraguá do Sul, Santa Catarina, no âmbito do contrato nº 015/2021 firmado entre o Serviço Autônomo de Águas e Esgoto de Jaraguá do Sul – SAMAE e a empresa Evolua Ambiental Engenharia e Arquitetura LTDA.

Este documento, Produto 5 – Manual De Drenagem e Manejo De Águas Pluviais Urbanas, foi elaborado seguindo as diretrizes e especificações do Termo de Referência e apresenta os estudos produzidos para o Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.

2 INTRODUÇÃO

A infraestrutura hídrica e acesso aos serviços adequados de saneamento são essenciais para o desenvolvimento sustentável e melhoria dos padrões de vida, a criação de empregos dignos e a maior inclusão social. A governança dos recursos hídricos e saneamento básico também é considerada essencial para o desenvolvimento sustentável (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA, 2016). A gestão insustentável dos recursos naturais pode causar graves danos às economias e à sociedade; podendo inverter benefícios conquistados na redução da pobreza, na criação de empregos e no desenvolvimento (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA, 2015).

Áreas urbanas possuem um denso e complexo sistema de serviços interconexos, e assim, possuem vários aspectos que contribuem para o risco de desastre. A urbanização altera as condições hídricas naturais e gera impactos ambientais, os quais podem ser minimizados pelo planejamento de sistemas de drenagem. Estratégias e políticas públicas devem ser desenvolvidas visando o atendimento de cada aspecto, como parte de uma visão global. Possibilitando dessa forma a construção de cidades de tamanho, geografia e perfis diferentes, mas resilientes e com qualidade de vida (NAÇÕES UNIDAS, 2012). Quanto maior for a dinâmica entre as relações espaço urbano e ciclo hidrológico, maior será o potencial do planejamento em minimizar os impactos. Por isso, se faz necessária a adoção de estratégias vinculadas a todo o planejamento municipal.

Em um primeiro momento a ciência lidou com os problemas sociais decorrentes da inundação, como consequência houve o afastamento do ser humano da água. No entanto, atualmente ganha-se espaço a reintegração da água no ambiente urbano, com o intuito de promover uma convivência harmoniosa com esse recurso e o ser humano (ALENCAR, 2017). As soluções baseadas na natureza – SbN, buscam reduzir a quantidade de superfícies impermeáveis e manejar a água pluvial na origem (FUNDACIÓN CONAMA, 2018); são sistemas de manejo de água, principalmente das chuvas, e planejamento urbano que visam reproduzir e restituir os processos hidrológicos antes do desenvolvimento urbano; como infiltração, filtração, armazenamento, evapotranspiração; de modo que se considerem melhorias no

tempo, local e quantidade de água disponível para as necessidades humanas (FUNDACIÓN CONAMA, 2018; WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2018).

A proposta para a gestão dos recursos hídricos é buscar um equilíbrio entre a infraestrutura cinza e a verde (baseada na natureza), de forma rentável e sustentável, levando-se em consideração os múltiplos objetivos e benefícios (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2018). Através da drenagem sustentável se consegue diminuir os escoamentos que são recebidos em coletores, tanques de captação de águas da chuva, além de reduzir o arraste de sólidos; aumentando assim a resiliência dos sistemas convencionais (FUNDACIÓN CONAMA, 2018). A drenagem sustentável das águas pluviais é concebida para fazer gestão dos riscos derivados dos escoamentos urbanos, tanto em quantidade como qualidade, assim como para melhora do meio ambiente e a harmonia paisagística da cidade; minimizando o impacto do desenvolvimento urbano.

Cabe destacar que o ODS 11 (Objetivo do Desenvolvimento Sustentável) se propõe a “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”. Isso só será possível por meio de ações que reduzam o impacto ambiental negativo das cidades, que apoiem os vínculos econômicos, sociais e ambientais positivos entre as zonas urbanas e rurais, e redobrem os esforços para proteger o patrimônio natural e cultural. Para tornar as cidades mais resilientes e com boa qualidade de vida, é de extrema relevância um bom sistema de drenagem pluvial e manejo de águas urbanas.

Para a viabilização e bom funcionamento desse sistema, criou-se esse Manual de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais, objeto constante do Plano Municipal de Drenagem Urbana do município de Jaraguá do Sul, objetivando orientar os profissionais e os moradores locais a planejarem e projetarem a drenagem urbana da cidade. Além, esse manual tem como função orientar os profissionais dos serviços públicos, prestadores de serviços e empreendedores, que atuam no planejamento e em projetos de drenagem e águas pluviais; planejamento urbanístico; projeto e aprovação de novos empreendimentos.

2.1 CONTROLE DA DRENAGEM URBANA

De acordo com Parkinson (2003), o processo de urbanização no Brasil foi, em grande parte, desordenado e falho na previsão da população total, o que levou pesquisadores a concluir que o problema da drenagem está associado à questão da urbanização.

A geomorfologia dos canais também é afetada pela urbanização. É comum haver erosão nas áreas de lançamento de efluente e incremento da vazão, aumentando a distância entre duas margens, minando o leito e alterando a seção transversal. Com mais sedimentos chegando nos canais, as partículas causam erosão a jusante, alterando a seção transversal do fluxo.

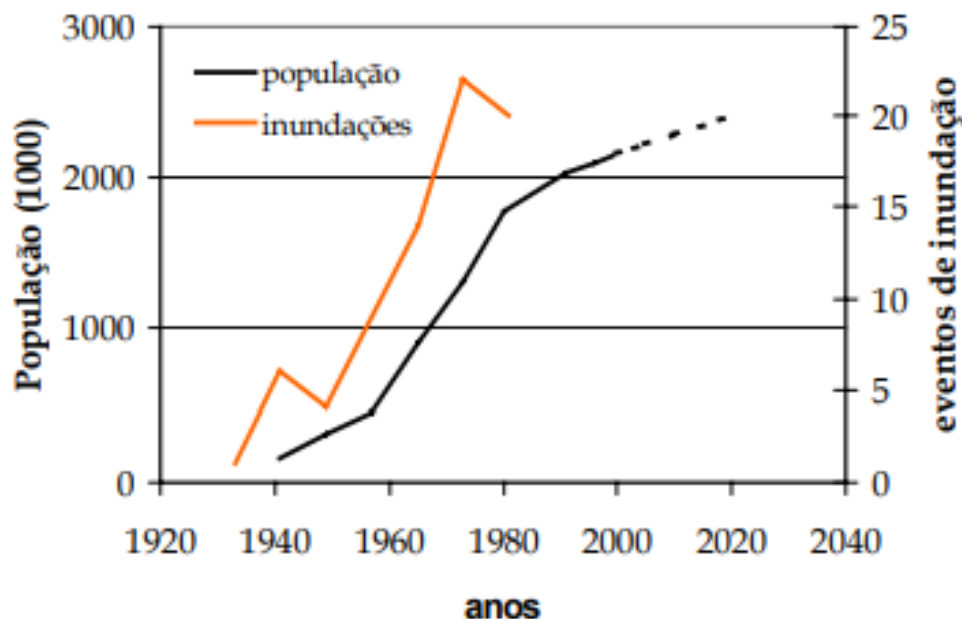
Com o aumento do fluxo e erosão nos canais, há deslocamento das comunidades biológicas ribeirinhas. A perda de solo por erosão das margens, assim como a da vegetação diminui o habitat de muitas espécies de vida aquática e peixes. Os depósitos de sedimentos a jusante também podem asfixiar os organismos bentônicos. Além do mais, há o problema da toxicidade de partículas contaminantes que podem provocar a morte de diversas espécies.

2.1.1 Urbanização e a alteração do ciclo hidrológico

A ocupação acelerada e desordenada dos solos, muitas vezes desrespeitando o sistema de drenagem natural das águas, favorece o aterramento das margens dos corpos hídricos e a ocupação de áreas de amortecimento de cheias, tornando frequentes os problemas com as enchentes urbanas (BASTOS, 2009). Em consequência ao crescimento populacional está a impermeabilização dos solos que é reflexo das ações de urbanização e da cultura de pavimentar o máximo possível.

A Figura 1 demonstra a relação entre o crescimento populacional e o número de eventos de cheia, baseados em levantamento de dados de São Paulo, Curitiba e Porto Alegre (TUCCI, 2003). Nessa figura é possível verificar que a curva de crescimento populacional seguiu a mesma tendência dos eventos de inundação fortalecendo a teoria de que estão relacionados ao crescimento das cidades, sem o devido planejamento.

Figura 1 – Gráfico de comparação de crescimento populacional e eventos de inundação



Fonte: Tucci (2003)

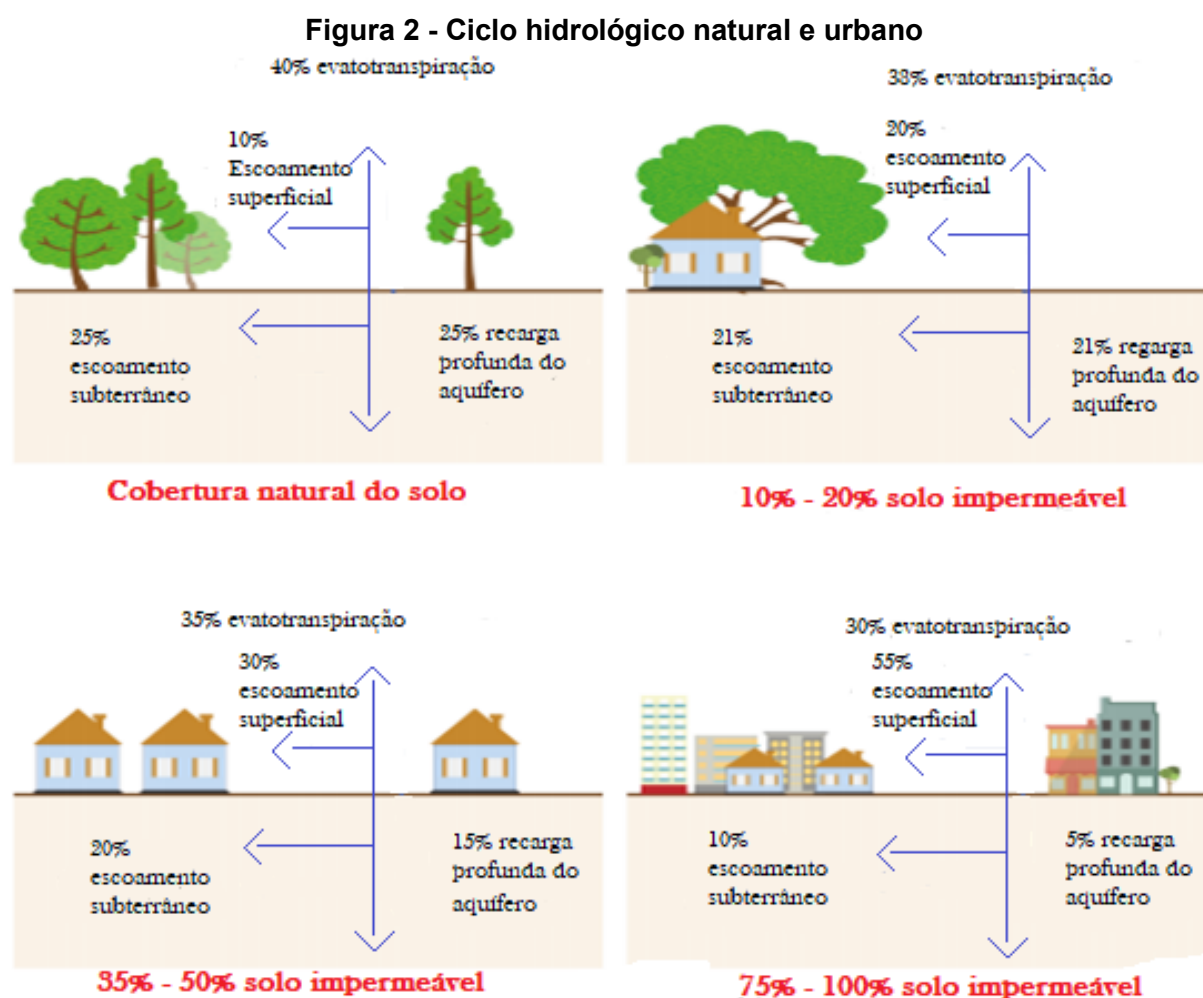
Para o controle preventivo desses impactos são disciplinadas e definidas as Leis de Uso e Ocupação do Solo, Código de Obras, o Código Ambiental, Código de Posturas, Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Lei Orgânica Municipal que constituem instrumentos de gestão no qual disciplinam e definem a distribuição espacial das atividades. Essas leis abordam a questão da drenagem urbana, inserida no contexto municipal, estabelecendo seus fundamentos básicos e diretrizes. É muito importante que o Plano Diretor de Drenagem esteja coerente com estas políticas.

No tocante à legislação e às políticas existentes para o funcionamento dos sistemas de drenagem, estão os aspectos relacionados à gestão integrada dos recursos hídricos, controle da poluição ambiental, e dotação de infraestrutura urbana.

Jaraguá do Sul apresenta um planejamento urbano estruturado em Planos e Leis Municipais, o qual é demonstrado no diagnóstico do Plano Diretor de Drenagem Urbana, onde é evidenciado o comprometimento dos gestores públicos nas estratégias de desenvolvimento.

2.1.2 Aspectos quantitativos

A urbanização altera o uso e ocupação do solo e influencia o ciclo hidrológico, geralmente causando impacto negativo sobre a quantidade de água infiltrada, Figura 2. A impermeabilização do solo, em função das edificações e do uso de materiais não permeáveis, além da planificação do mesmo, que diminui as rugosidades naturais, contribuem para a diminuição do armazenamento de água, Tabela 1. Com a urbanização é comum ocorrer supressão da vegetação, que intercepta parte da precipitação e promove a evapotranspiração da água (KARMANN, 2009; PORTO, 2012).



Fonte: adaptado de Environmental Protection Agency (1998)

Na Tabela 1 demonstra-se a influência da cobertura natural do solo com vegetação na evapotranspiração e escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo.

Tabela 1 - Impacto da impermeabilização do solo na infiltração

Cobertura natural do solo com vegetação	Evapotranspiração	Escoamento superficial	Escoamento subsuperficial	Escoamento subterrâneo
100%	40%	10%	25%	25%
80 – 90%	38%	20%	21%	21%
65 – 50%	35%	30%	20%	15%
25 – 0%	30%	55%	10%	5%

Fonte: Freire e Omena (2005)

Nota-se que estes processos interrompem a recarga dos aquíferos e alteram o escoamento superficial e subsuperficial. Como consequência ocorre o aumento das vazões dos cursos de água, do escoamento superficial, das inundações e a diminuição das vazões subterrâneas (KARMANN, 2009; PORTO, 2012).

Em Jaraguá do Sul após a ocorrência de eventos com grandes consequências na cidade e no entorno, passou-se a se adotar medidas de combate e prevenção em casos de chuvas intensas. A Defesa Civil e o Comitê da Bacia do Itapocu passaram a adotar estratégias e diretrizes de planejamento urbano em função do manejo de águas pluviais, por meio do Plano Municipal de Redução de Risco e do Plano de Prevenção de Cheias.

2.1.3 Aspectos qualitativos

Outro aspecto negativo da urbanização é o volume e a diversidade de materiais produzidos e comumente depositados sobre a superfície, onde em momentos de precipitação e escoamento são arrastados para os canais de drenagem naturais e construídos. Esses materiais são das mais diversas gamas como os resíduos sólidos, produzidos diariamente pelo ser humano como restos de comida e papéis para higiene pessoal, por exemplo; até fertilizantes, resíduos de asfalto e óleos minerais, sedimentos em geral, agroquímicos, entre outros (KARMANN, 2009; PORTO, 2012).

Este tipo de poluição é caracterizado por ser de origem difusa, pois não há um ponto específico de lançamento da mesma nos cursos de água, ou seja, ela é originária do arraste de materiais nos momentos de escoamento. Cabe salientar que os canais de drenagem também são acometidos pela poluição pontual, que diferentemente da difusa possui um ponto específico de lançamento. Como exemplo

pode-se citar o lançamento dos efluentes de uma estação de tratamento de esgoto ou industrial.

A entrada dos poluentes oriundos do escoamento superficial nos cursos da água repercute negativamente na qualidade desta. Acrescentando carga contaminante e aumento da temperatura, diminuindo a oxigenação e a diversidade da vida aquática, apresentando riscos para a saúde pública e dos demais seres vivos.

2.1.4 Manejo das águas pluviais urbanas

Os cursos de água da rede de drenagem das bacias naturais são classificados em: perenes, intermitentes e efêmeros, em função da permanência do escoamento. Os perenes mesmo nos períodos de estiagem possuem fluxo de água, os intermitentes na maior parte do tempo possuem fluxo de água, mas na estiagem graves secam; enquanto os efêmeros existem apenas em períodos de chuva e se extinguem logo depois (MICHEL et al., 2012; PORTO, 2012). Os grandes cursos de água geralmente são perenes, enquanto os efêmeros geralmente são cursos pequenos. Os perenes geralmente são alimentados pelo escoamento subterrâneo, o que garante as vazões mínimas, os intermitentes localizam-se em condições geológicas desfavoráveis para o escoamento subterrâneo, e os efêmeros comumente possuem seu leito acima do nível do lençol subterrâneo, sem ter sua contribuição (PORTO, 2012).

Quando se trata de bacias hidrográficas urbanas, considera-se também a rede artificial de drenagem. Esta é constituída pela microdrenagem (bueiros, bocas-de-lobo) e pela macrodrenagem (canais naturais, artificiais, túneis de transposição, galerias).

De acordo com Brasil (2007) consideram-se serviços públicos de manejo das águas pluviais urbanas aqueles constituídos por 1 (uma) ou mais das seguintes atividades: drenagem urbana, transporte de águas pluviais urbanas, detenção ou retenção de águas pluviais urbanas para amortecimento de vazões de cheias e tratamento e disposição final de águas pluviais urbanas.

As ações de gestão, planejamento e projetos de drenagem urbana devem minimizar a intervenção antrópica e mitigar os riscos de impactos negativos sobre a

sociedade e o meio ambiente, por meio da distribuição adequada da água no tempo e no espaço, além da diminuição dos poluentes (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011).

2.2 MEDIDAS DE CONTROLE

Para a viabilização e bom funcionamento desse sistema, medidas estruturais e não estruturais devem ser adotadas pelos responsáveis, em conjunto com os munícipes por meio de gestão participativa e compartilhamento de responsabilidades.

Medidas estruturais são compostas por obras e intervenções físicas em infraestrutura de saneamento, apoiando a ampliação do segmento, como obras de contenção, drenagem e até mesmo retaludamento das áreas de encosta (PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2020). As medidas estruturais tendem a reduzir o risco de ocorrência de inundações, enquanto as medidas não estruturais trabalham para reduzir prejuízos e melhorar a convivência da comunidade com relação às enchentes (BERTONI, TUCCI, 2003). As medidas estruturais possuem a finalidade de aumentar o volume de água pluvial infiltrada, armazenada e evapotranspirada, por meio da aceleração, retardamento ou desvio do escoamento superficial.

De acordo com o Plansab (2020) as medidas não estruturais ou estruturantes são todas aquelas que atuam na esfera do aperfeiçoamento da gestão em todos os níveis, assim como na eficiência operacional e rotineira da infraestrutura já instalada; por meio do suporte político, gerencial e regulatório para a sustentabilidade econômica, social e ambiental da prestação dos serviços. As medidas não estruturais necessitam maior participação da comunidade, mas são de menor custo (KOBAYAMA et al. 2019). Quando se associa medidas estruturais e não estruturais as soluções são mais eficazes do que quando estas são aplicadas isoladamente (VANELLI; KOBAYAMA; MONTEIRO, 2020).

Ainda, conforme o Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR, (2020), as medidas não estruturais envolvem o controle do uso e ocupação do solo e devem ser incorporadas no Plano Diretor do Município, englobando mapeamento de áreas de risco e diminuição da impermeabilização do solo; legislação para o manejo de água pluvial e controle de impactos decorrentes da urbanização; reformulação do sistema de gestão; obtenção de recursos por meio de tributação específica, financiamentos e

repases; bases para um programa de educação ambiental e criação de parques lineares, ao longo das várzeas de inundação não ocupadas e nas cabeceiras dos rios principais, para proteção contra o assoreamento e melhoria da qualidade de água. Essas medidas visam atacar as causas dos problemas (SANEAMENTO AMBIENTAL, 2020) e promover o desenvolvimento sustentável.

Essas medidas podem ser implantadas diretamente na fonte, ou seja, nos lotes, praças e calçadas, aumentando a área de infiltração e percolação, ou como armazenamento provisório das águas superficiais. Podendo ser utilizados pavimentos permeáveis, dispositivos de infiltração ou dispositivos de armazenamento temporário como cisternas. As estruturas instaladas em lotes podem ampliar a capacidade de armazenamento e infiltração da água da chuva, atuando na componente hidrológica da inundação (redução da vazão de canais naturais e artificiais). Ainda sim, são medidas limitadas em função do período de recorrência da chuva de projeto e por essa razão devem ser integradas em um planejamento integrado dos recursos hídricos. (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002).

As medidas também são implantadas na rede de microdrenagem, drenando a água pluvial de uma área projetada por meio de tubulações até que seja feita a sua disposição final. Com a impermeabilização do solo, ocorre o aumento da vazão máxima e do escoamento superficial. Para evitar danos à jusante, utiliza-se nas redes de microdrenagem dispositivos para armazenamento do volume gerado, como tanques, lagos e pequenos reservatórios. A estrutura a ser instalada deve ser projetada conforme as condições hidrológicas locais, que inclui a área, chuva de projeto, vazão de projeto etc. (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002).

Referente às redes de macrodrenagem, tradicionalmente utiliza-se no Brasil a canalização dos grandes rios, evitando as inundações nos trechos do entorno. Porém, onde isso não for possível, devido à urbanização da área, ocorre o extravasamento do rio e a inundação de áreas habitadas. A tendência atual está na forma inversa da canalização, utilizando de medidas não-estruturais, como legislação e normas e procedimentos técnicos, reorganizando a urbanização e repensando a drenagem urbana de forma sustentável (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002).

2.3 PRINCÍPIOS DE CONTROLE DA DRENAGEM URBANA

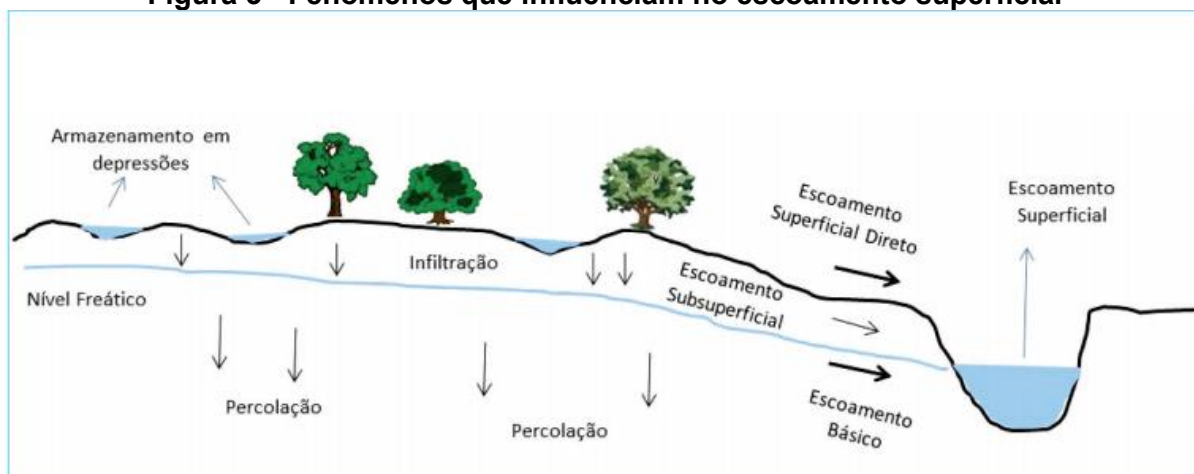
Para o desenvolvimento sustentável do sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais, é primordial que os projetos no seguimento incorporem os seguintes princípios:

- Os projetos de macrodrenagem devem ser estruturados e avaliados contemplando a Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu;
- Os projetos de microdrenagem devem ser estruturados e avaliados contemplando a bacia contribuinte;
- Evitar a transferência de impactos negativos para áreas a jusante. O escoamento superficial não pode ser ampliado pela ocupação da bacia hidrográfica, independente da escala de projeto/obra a ser executado. Assim, nenhum lote urbano pode ampliar a cheia natural;
- Os projetos devem estar estruturados contemplando os demais planos existentes no âmbito do saneamento básico, como o Plano Municipal de Saneamento Básico e suas revisões;
- As ações devem estar estruturadas por base de lei contempladas no Plano Diretor de Organização Físico Territorial de Jaraguá do Sul;
- Nas áreas ribeirinhas, o controle de inundações é realizado através de medidas estruturais e não estruturais, que dificilmente estarão dissociadas;
- O controle de enchentes é um processo permanente. Sendo de extrema importância que as áreas de risco sejam adequadamente gerenciadas; e a comunidade tenha uma participação nos anseios, nos planos, na sua execução e na contínua obediência das medidas de controle de enchentes. O processo de reconstrução após uma inundação deve proporcionar maior resiliência à comunidade em relação à condição encontrada antes do evento danoso (*build back better*).
- O custo da implantação das medidas estruturais, da operação e manutenção da drenagem urbana deve ser transferido aos proprietários dos lotes, proporcionalmente a sua área impermeável, que é a geradora de volume adicional com relação às condições naturais.

3 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

A chuva que cai sobre um solo com cobertura vegetal tem parte de seu volume interceptado pelas folhas, caules e troncos, de onde evapora. Quando o volume de água na superfície dos vegetais excede sua capacidade de armazenamento, ou por ação dos ventos, a água interceptada pode precipitar para o solo (SILVEIRA, 1993). A água que chega ao solo pode infiltrar, já que o solo é um meio poroso. A saturação ocorre superficialmente até que o solo vai se saturando em maiores profundidades. Declives acentuados na topografia favorecem o escoamento superficial o que diminui a infiltração, enquanto superfícies onduladas permitem o escoamento superficial mais lento, favorecendo a infiltração, Figura 3 (KARMANN, 2009).

Figura 3 - Fenômenos que influenciam no escoamento superficial

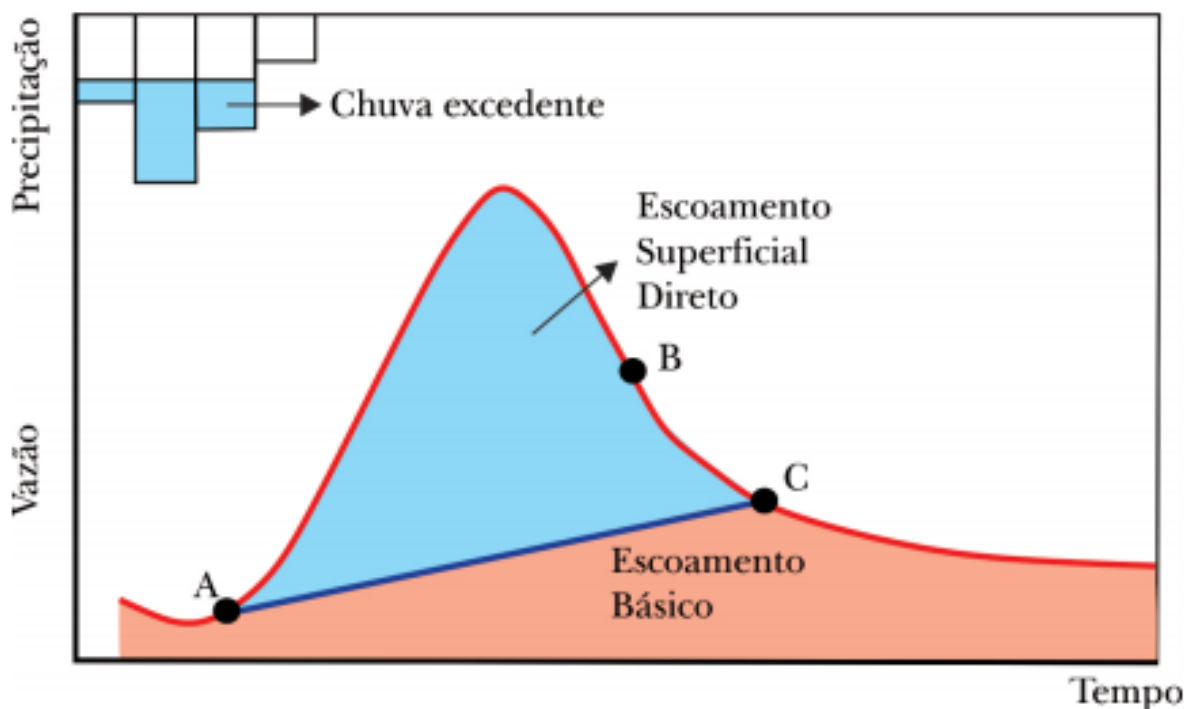


Fonte: Porto (2012, p. 113)

O excesso de água precipitado e não infiltrado gera escoamento superficial. O escoamento superficial ocorre num primeiro momento na forma de pequenos filetes de água que se moldam ao microrrelevo do solo. Uma microrrede de drenagem é moldada pela erosão de partículas de solo pelos filetes em seus trajetos, aliada à topografia preexistente. Esta microrrede de drenagem provisória dirige-se para a rede de cursos da água mais estável, como rios (PORTO, 2012).

O escoamento superficial é considerado como gerador da ascensão do hidrograma. O escoamento superficial direto é composto pela soma do escoamento superficial e subsuperficial. Como estes dois componentes se movem mais rápido do que o escoamento subterrâneo eles normalmente são considerados conjuntamente (PORTO, 2012; SILVEIRA, 1993). O gráfico que relaciona a vazão no tempo é denominado hidrograma e está apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Hidrograma padrão



Fonte: Porto (2012, p. 116)

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA

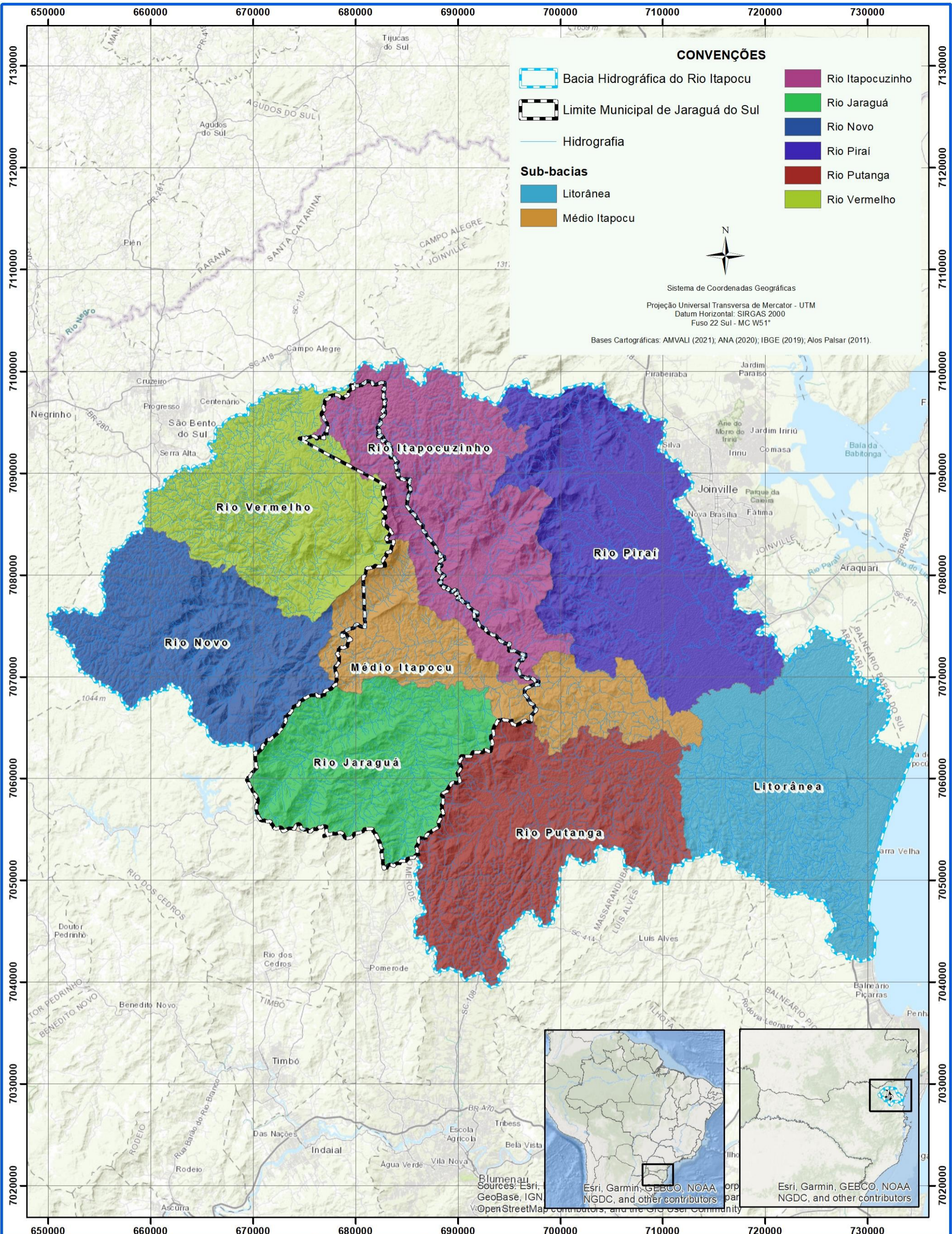
As bacias hidrográficas constituem uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização, considerando que não há qualquer área de terra, por menor que seja, que não se integre a uma bacia hidrográfica. Nela, é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre a área do ambiente e seus desdobramentos no equilíbrio presente no sistema de uma bacia hidrográfica (NASCIMENTO, VILAÇA, 2008).

As características morfológicas e os índices físicos de uma bacia são essenciais para o correto entendimento do comportamento hidrológico e para o eficiente planejamento dos sistemas de drenagem de um município. O comportamento hidrológico de uma bacia está diretamente relacionado às características geomorfológicas, como a forma, relevo, área, rede de drenagem, solo e o tipo predominante do uso da terra.

Várias são as definições de bacia hidrográfica, mas todas convergem para um mesmo ponto. Bacia hidrográfica, segundo Tucci (1993a), “[...] é a área total de superfície do terreno de captação natural da água precipitada, na qual um aquífero ou um sistema fluvial recolhe sua água”.

O município de Jaraguá do Sul está inserido na bacia hidrográfica do rio Itapocu, localizada na região hidrográfica da Baixada Norte (RH6). A bacia do rio Itapocu é a maior bacia desta região e abrange os municípios de Corupá, Jaraguá do Sul, Schroeder, Guaramirim e Massaranduba, parte dos municípios de Barra Velha, São João do Itaperiú, São Bento do Sul e Campo Alegre, pequena porção do território de Blumenau, cerca de metade de Araquari e um terço do município de Joinville.

A bacia do rio Itapocu se subdivide em oito sub-bacias, sendo que Jaraguá do Sul está inserido em três dessas: bacia do Médio Itapocu, bacia do rio Itapocuzinho e bacia do rio Jaraguá, conforme apresenta Mapa 1.



<p>Empresa Contratada</p>  <p>CNPJ 16.697.255/0001-95 CREA/SC 149326-4 Endereço: Rua Gil Stein Ferreira, 357, Centro, Sala 706 CEP 88301-210, Itajaí-SC. Fone: (47) 2125-1014 E-mail: contato@evoluambiental.com.br www.evoluambiental.com.br</p>	<p>Contratante</p> <p>SISTEMA AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE</p>
	<p>Município - Estado</p> <p>JARAGUÁ DO SUL - SANTA CATARINA</p>
<p>Objeto</p> <p>PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU</p>	<p>Elaboração</p> <p>Nayla M. C. Libos</p> <p>Eng.^a Sanitarista e Ambiental CREA-SC 090377-1</p>
<p>Folha</p> <p>Única</p> <p>Data</p> <p>Abril de 2021</p>	<p>Escala</p> <p>1:350.000</p> 

MAPA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPOCU E SUB-BACIAS

Alguns dados relevantes das bacias onde está inserido o município de Jaraguá do Sul estão apresentados na Tabela 2 e nos itens que seguem.

Tabela 2 - Informações das bacias do rio Itapocu

	Médio do Rio Itapocu	Rio Itapocuzinho	Rio Jaraguá
Área (Km ²)	253,71	392,33	287,13
Coef. de compacidade	3,32	2,69	1,97
Comprimento (Km)	45,29	39,79	23,55
Contribuição para a área total (%)	8,69	13,44	9,83
Densidade de drenagem	1,56	1,33	2,04
Fator de forma	21,09	4,04	3
Perímetro da bacia (Km)	188,69	190,11	119,35

Fonte: Adaptado de PRH de Santa Catarina (2018)

A Lei nº 12.651/2012, estabelece em seu Art. 3º, alínea II que “Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012). Assim, de acordo com o Mapa de Uso e Ocupação do Solo, a cobertura vegetal e as unidades de conservação, o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Itapocu delimitou as Áreas de Preservação Permanente – APPs, da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu e de suas sub-bacias. Dados resumidos das bacias de interesse desse Manual de Drenagem são encontrados na Tabela 3, que apresenta a área (km²) de APP em cada sub-bacia.

Tabela 3 – Área de Preservação Permanente (km²) em cada sub-bacia

APP	Médio do Rio Itapocu	Rio Itapocuzinho	Rio Jaraguá
Nascente (50m)	27,24	55,68	43,19
Curso D’água (30m)	2,02	5,53	4,27
Rios Principais (100m)	11,53	23,60	5,57
Total (Km ²)	40,79	84,81	53,03

Fonte: Adaptado de PRH da Bacia do Rio Itapocu (2018)

3.2 PRECIPITAÇÃO

Ao se elaborar um projeto de drenagem pluvial das águas urbanas é preciso entender o funcionamento da bacia hidrográfica inserida ou incidente na área de

atuação e o ciclo hidrológico por meio da observação das precipitações, do comportamento do escoamento superficial e dos processos de infiltração da água no solo.

O estudo dos dados de monitoramento hidrológico é realizado em estações pluviométricas, fluviométricas e meteorológica, para que seja realizada a gestão dos recursos hídricos. Em Santa Catarina o Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina – CIRAM da EPAGRI é que mantém os serviços de previsão do tempo, rios *on-line*, climatologia e realiza os avisos meteorológicos, hidrológicos entre outros.

Através do monitoramento hidrológico se faz o estudo do corpo hídrico, acompanhando a quantidade e a qualidade da água, prevendo estiagens e cheias em tempo real. E com a obtenção de dados dessas estações, compõe-se séries hidrológicas que permitam planejar o uso dos recursos hídricos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2009). Com o monitoramento hidrológico é possível acompanhar/obter dados para:

- Caracterização da qualidade da água: para controle ambiental, observação do atendimento as normas e aos padrões da classe do corpo hídrico ou fiscalização;
- Análise de tendência: como gestão estratégica, através da análise temporal longa de amostragem;
- Avaliação de fontes contaminantes: com a análise em paralelo do uso e ocupação do solo, avaliando a contribuição das águas para o corpo hídrico monitorado;
- Verificação e calibração de modelos matemáticos de qualidade de água: avaliando influências e consequências sobre a qualidade de água.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA é a agência reguladora dedicada a fazer cumprir os objetivos e diretrizes da Lei das Águas do Brasil, a Lei nº 9.433/1997, e também é o órgão que regula e acompanha a situação dos serviços públicos de saneamento básico. Assim, é o órgão que coordena a Rede Hidrometeorológica Nacional que capta as informações como nível, vazão e sedimentos dos rios ou quantidade de chuvas, através de pontos monitorados de acordo com as divisões das Bacias Hidrográficas.

3.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A medição em tempo real da precipitação é realizada através da altura da lâmina d'água precipitada, da duração e da intensidade, com pluviômetros ou pluviógrafos.

Os dados pluviométricos produzidos em estações pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Itapocu, a montante do município de Jaraguá do Sul, fazem inferência direta para as sub-bacias do Médio Itapocu, do rio Itapocuzinho e do rio Jaraguá.

O estudo das séries de precipitação é parte integrante do monitoramento hidrológico e esse acompanhamento é realizado a partir das estações pluviométricas. Nas estações pluviométricas, além de medir os dados de precipitação, é possível avaliar a quantidade e intensidade das chuvas em tempo real.

A Tabela 4 apresenta as estações pluviométricas localizadas no município de Jaraguá do Sul e em regiões a montante, onde os índices pluviométricos influenciam diretamente na vazão das águas dos rios das microbacias em que o município está inserido.

Tabela 4 – Estações Pluviométricas à montante de Jaraguá do Sul

Código da estação	Nome da Estação Hidrológica	Município	Entidade Operadora
2649064	Rio Novo	Corupá	EPAGRI
2649013	Corupá	Corupá	EPAGRI
2649123	Rua Ano Bom	Corupá	CEMADEN
2649124	Horto Florestal	Corupá	CEMADEN
2649125	João Tozini	Corupá	CEMADEN
2649033	Rio Natal	São Bento do Sul	RFFSA
2649062	São Bento do Sul	São Bento do Sul	INMET
2649092	CGH Rio Vermelho Barramento	São Bento do Sul	RIO VERMELHO
2649163	Colonial	São Bento do Sul	CEMADEN
2649068	Schroeder	Schroeder	EPAGRI
2649177	PCH Bracinho Barramento	Schroeder	CELESC
2649179	PCH Itapocuzinho IIA Montante	Schroeder	MANSO
2649164	Centro 2	Schroeder	CEMADEN
2649165	Schroeder 1	Schroeder	CEMADEN
2649166	Centro 1	Schroeder	CEMADEN
2649167	Rua Candido Tomaselli	Schroeder	CEMADEN
2649168	Centro 3	Schroeder	CEMADEN

Código da estação	Nome da Estação Hidrológica	Município	Entidade Operadora
2649037	Jaraguá do Sul	Jaraguá do Sul	EPAGRI
2649141	Ilha da Figueira	Jaraguá do Sul	CEMADEN
2649142	Água Verde	Jaraguá do Sul	CEMADEN
2649140	Barra do Rio Cerro	Jaraguá do Sul	CEMADEN
2649130	Estradinha	Jaraguá do Sul	CEMADEN
2649136	Bombeiro do Centro	Jaraguá do Sul	CEMADEN
2649137	Defesa Civil	Jaraguá do Sul	CEMADEN
2649138	Bombeiro de Nereu Ramos	Jaraguá do Sul	CEMADEN
2649139	Corpo de Bombeiros Voluntários	Jaraguá do Sul	CEMADEN

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (2021)

3.4 DADOS FLUVIOMÉTRICOS

Além dos índices pluviométricos, a ANA faz registro dos dados fluviométricos e disponibiliza informações para possibilitar o estudo de vazões, a execução de projetos, para identificar o potencial energético, de navegação ou de lazer em um determinado ponto ou ao longo do manancial, além de manter a base para a realização de avaliações para a concessão de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos.

Para o desenvolvimento de estudos hidráulicos dos corpos hídricos da bacia do rio Itapocu, deverão ser utilizados dados das estações fluviométricas localizadas a montante de Jaraguá do Sul, de forma a analisar a influência nas variações de vazão dos rios urbanos do município. Assim, na bacia do Itapocu, mais precisamente à montante do município de Jaraguá do Sul, há atualmente 10 unidades de estações fluviométricas, conforme apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Estações fluviométricas à montante de Jaraguá do Sul

Código da estação	Nome da Estação Hidrológica	Município	Área de drenagem
82320000	Corupá	Corupá	182
82330000	CGH Rio Vermelho Barramento	São Bento do Sul	**
82335000	CGH Rio Vermelho Jusante	São Bento do Sul	67,28
82549000	Schroeder	Schroeder	358
82430100	PCH Bracinho Jusante	Schroeder	82,6
82430000	PCH Bracinho Barramento	Schroeder	82,6
82410000	PCH Itapocuzinho IIA Montante	Schroeder	62
82410050	PCH Itapocuzinho IIA Barramento	Schroeder	65

Código da estação	Nome da Estação Hidrológica	Município	Área de drenagem
82350000	Jaraguá do Sul	Jaraguá do Sul	794
82350001	Jaraguá do Sul	Jaraguá do Sul	794

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (2021)

3.5 EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS

Com a modelagem matemática é possível conhecer melhor os fenômenos hidrológicos e com isso ter melhores resultados na previsão dos cenários (Almeida e Serra, 2017). Já que a precipitação é o principal fator na geração de enchentes, a equação de chuvas intensas permite estimar o comportamento da bacia para um cenário que associa intensidade, duração e frequência (IDF) das chuvas na região.

O CPRM apresentou duas equações IDF's em seu estudo, "Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação – Município de Jaraguá do Sul, SC", de março de 2015. Essas equações são válidas para o tempo de retorno máximo de 100 anos e foram formuladas a partir de dados da Estação Pluviométrica do Rio Jaraguá (Cód 02649012), sendo elas:

5 min ≤ t < 30 min

$$i = \frac{\left[(4,9075 \cdot \ln(T) + 14,0758) \cdot \ln\left(t + \left(\frac{7,8}{60}\right)\right) \right] + 9,5811 \cdot \ln(T) + 27,5228}{t}$$

30 min ≤ t ≤ 24h

$$i = \frac{[(5,8656 \cdot \ln(T) + 16,8328) * \ln(t)] + 11,5062 \ln(T) + 33,038}{t}$$

Onde:

i = intensidade de chuva (mm/h);

T = Período de retorno (anos);

t = duração da precipitação (h).

3.6 PERÍODO DE RETORNO

Período de retorno (Tr) é o tempo que em média um evento pode ser igualado ou superado, ou seja, é o inverso da probabilidade de ocorrência desse evento (p). Essa probabilidade é calculada com base na série histórica observada no local e também é conhecida como risco hidrológico. .

$$Tr = \frac{1}{p}$$

Para se decidir o grau de proteção conferido à população com a construção das obras de drenagem, deve-se determinar o grau de risco hidrológico “aceitável” em que a comunidade estará submetida. A vazão de projeto das medidas de controle deve estar associada a esse risco “aceitável”, expressas na forma de um Tr para a chuva de projeto.

O risco adotado para um projeto define a dimensão dos investimentos envolvidos e o nível de segurança quanto às enchentes. A análise adequada envolve um estudo de avaliação econômica e social dos impactos das enchentes para a definição dos riscos. No entanto, esta prática pode ser inviável devido o custo do próprio estudo para pequenas áreas. Os períodos de retorno praticados usualmente estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Período de retorno conforme ocupação da área

Tipo de obra	Ocupação	Tr (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Área com edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2 – 5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 – 10
Macrodrenagem	Áreas comerciais e residenciais	20 – 50
	Áreas de importância específica	100 – 500

Fonte: adaptado de Drenagem Urbana Associação Brasileira de Recursos Hídricos — 1995

3.7 VAZÃO DE PRÉ-OCUPAÇÃO

A vazão de pré-ocupação (ou também conhecida como pré-desenvolvimento) é a vazão de restrição que determinado empreendimento urbano poderá produzir para uma dada chuva de projeto (em geral para $T \geq 10$ anos). O parâmetro expressa o

comportamento hidrológico da bacia antes da ocupação urbana (condição de preservação ambiental).

Para determinar a vazão pré-ocupação de uma determinada área do município de Jaraguá do Sul, é necessário multiplicar o valor da vazão máxima específica de pré-ocupação ($Q_p = 34,6 \text{ l/s/ha}$) pela área contribuinte em hectares. Por exemplo, a vazão de pré-ocupação em um lote de 360 m^2 ($0,036 \text{ ha}$) é:

$$Q_{m\acute{a}x} = Q_p \cdot A = 34,6 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ha}} \cdot 0,036 \text{ ha} = 1,25 \text{ l/s}$$

Onde:

$Q_{m\acute{a}x}$ = vazão máxima permitida (m^3/s), em um cenário com intensidade de chuva de projeto de $T = 10$ anos;

Q_p = vazão máxima específica de pré-ocupação ($= 34,6 \text{ l/s/ha}$);

A = área do empreendimento/lote (ha).

O uso de medidas de controle (MCs) permite anular o escoamento superficial das áreas contribuintes (em geral, edificadas), o que efetivamente possibilita manter a vazão do empreendimento menor ou igual à vazão de pré-ocupação ($Q_{m\acute{a}x.}$).

Observar também que quando houver lançamento de água pluvial em via pública (sarjeta), a vazão de pós-desenvolvimento (cenário com lote/loteamento edificado) não deverá superar o limite da capacidade da boca-de-lobo existente na localidade.

4 PRECIPITAÇÃO DE PROJETO

A precipitação é o dado hidrológico fundamental de entrada utilizado no cálculo das vazões de projeto das obras de drenagem pluvial; e a expressão 'precipitação de projeto' identifica a precipitação que é definida com o objetivo de gerar um hidrograma ou vazão de projeto para determinada obra hidráulica.

Essa precipitação é um evento crítico de chuva construído artificialmente com base em características estatísticas da chuva natural e com base em parâmetros de resposta da bacia hidrográfica. Para tanto é necessária a definição de dois elementos básicos:

- Período de retorno **T** da precipitação de projeto (anos), e;
- Duração crítica **D** do evento (min)

As precipitações de projeto podem ser constantes ou variadas ao longo de sua duração. Quando constante é normalmente aplicada a projetos de microdrenagem (áreas menores que 2 km²) definida para aplicação do Método Racional. Quando variada no tempo (hietograma de projeto) é adequada para projetos de redes pluviais de macrodrenagem (áreas superiores a 2 km²), a partir da aplicação de um Hidrograma Unitário.

Em termos práticos, para uma precipitação de projeto constante considera-se a duração igual ao tempo de concentração da bacia. Para um hietograma de projeto a duração deve ser maior que o tempo de concentração, pois este deveria ser o tempo de duração apenas de sua parcela efetiva.

As precipitações de projeto consideradas acima são normalmente determinadas a partir de relações intensidade-duração-frequência (curvas IDF – apresentadas no item 3.5) das precipitações sobre a bacia contribuinte. Expressas sob forma de tabelas ou equações, as curvas IDF fornecem a intensidade da precipitação para qualquer duração e período de retorno. Pode-se obter uma lâmina ou altura de precipitação, multiplicando-se a intensidade dada pela IDF pela sua correspondente duração.

Os tipos de precipitação de projeto sugeridas neste Manual são aplicáveis em casos comuns de projeto. Em casos especiais, pode ser necessária a aplicação de outros tipos de precipitação de projeto, como sequências cronológicas históricas ou sintéticas de chuva, ou mesmo tormentas de projeto obtidas com técnicas consagradas do método da precipitação máxima provável (PMP).

A vazão de projeto segue as mesmas condicionantes da precipitação: na microdrenagem, é definida pela aplicação do Método Racional a uma precipitação constante no tempo; na macrodrenagem, define-se um hidrograma de projeto a partir da aplicação de um Hidrograma Unitário e de uma precipitação de projeto variada no tempo.

4.1 PRECIPITAÇÃO DE PROJETO PARA MICRODRENAGEM

Com informações de radares meteorológicos e pontuais dos pluviômetros e pluviógrafos, obtêm-se dados quantitativos de precipitação, sendo esses a fonte indispensável de informação para qualquer chuva de projeto.

Toda definição de uma chuva de projeto começa pelo estudo da chuva pontual e para este ser realizado são necessários registros pluviográficos (dados de chuva com intervalos menores que 1 hora).

A curva IDF de determinado local fornece a intensidade da chuva ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, por exemplo) para uma dada duração e período de retorno. A maioria dos métodos que estabelecem chuvas de projeto em todo o mundo baseia-se na curva IDF, que para o município de Jaraguá do Sul está apresentada no item 3.5, reapresentadas abaixo:

$5 \text{ min} \leq t < 30 \text{ min}$

$$i = \frac{\left[(4,9075 \cdot \ln(T) + 14,0758) \cdot \ln\left(t + \left(\frac{7,8}{60}\right)\right) \right] + 9,5811 \cdot \ln(T) + 27,5228}{t}$$

$30 \text{ min} \leq t \leq 24\text{h}$

$$i = \frac{[(5,8656 \cdot \ln(T) + 16,8328) * \ln(t)] + 11,5062 \ln(T) + 33,038}{t}$$

4.2 VAZÃO DE PROJETO PARA MICRODRENAGEM

Para o cálculo da vazão de projetos de microdrenagem será utilizado o Método Racional, que é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto

para bacias pequenas, onde a área contribuinte é menor que 2 km², e com a premissa de que nessas áreas não sejam utilizados Medidas de Controle – MC.

Os princípios básicos dessa metodologia recomendam que a duração da precipitação máxima de projeto seja igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, pois, a duração é inversamente proporcional à intensidade. Neste método adota-se um coeficiente de escoamento superficial ponderado pelas áreas de contribuição, denominado C, estimado com base nas características do uso do solo na bacia. A equação do modelo é definida por:

$$Q_{m\acute{a}x} = 0,278 \times C \times i \times A$$

Onde:

$Q_{m\acute{a}x}$ = vazão máxima (m³/s)

C = coeficiente de escoamento superficial ponderado

i = intensidade da precipitação de projeto (mm/h)

A = área da bacia contribuinte não controlada por MCs (km²).

Para essa equação, os valores do coeficiente de escoamento C para as superfícies urbanas são apresentados no Quadro 2 e é um compilado de dados apresentados por autores como Tucci et al. (1993b), BRASIL (1990), Pinto et al. (1976) e Kibler (1982). Para os tempos de retorno utilizados na microdrenagem, o coeficiente de escoamento superficial é considerado constante ao longo da duração da chuva. A intensidade da precipitação de projeto é constante também ao longo do tempo, sendo a chuva uniformemente distribuída ao longo de toda a área contribuinte.

Quadro 2 – Valores sugeridos para coeficiente de escoamento superficial.

Tipo de superfície	Valor recomendado	Faixa de variação
Concreto, asfalto e telhado	0,95	0,90 – 0,95
Paralelepípedo	0,70	0,58 – 0,81
Blockets	0,78	0,70 – 0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,02 – 0,05
Solo compacto	0,66	0,59 – 0,79
Matas, parques e campos de esporte	0,10	0,05 – 0,20
Gramma solo arenoso	0,10	0,08 – 0,18
Gramma solo argiloso	0,20	0,15 – 0,30

Fonte: Evolua Ambiental (2021), adaptado de Tucci, Brasil, Pinto, Kliber

Ainda, a intensidade da precipitação de projeto (i) é obtida a partir das curvas IDF (Intensidade-Duração-Frequência) apresentadas no item 3.5. De uma forma geral, para a microdrenagem, recomenda-se a adoção de período de retorno de 2 a 10 anos, dependendo do local de implantação do sistema.

4.3 PRECIPITAÇÃO DE PROJETO PARA MACRODRENAGEM

A precipitação possui grande variabilidade espacial mesmo numa pequena área de alguns quilômetros quadrados. Como as redes de macrodrenagem são projetadas para drenarem áreas maiores que 2 km², a variabilidade espacial da precipitação dificilmente segue um padrão físico identificável. Além disso, essa variada configuração espacial muda rapidamente com os intervalos de tempo sucessivos do evento chuvoso. Em suma, há normalmente durante a ocorrência de uma chuva, uma grande quantidade de núcleos de precipitação que nascem, crescem, deslocam-se e desaparecem sobre a área de passagem da chuva, o que impede a emergência de uma estrutura espacial estável.

Isto é contornado com a abordagem estatística porque ela consegue extrair uma estrutura de correlação espacial dos eventos chuvosos no entorno do ponto de máxima precipitação, com base em hipóteses estatísticas. Silveira (1996) sugere uma expressão para o coeficiente de abatimento (redução) radial da precipitação em função da área ao redor do ponto de maior intensidade. A expressão obtida é dada por:

$$K_A = 1 - 0,25 \frac{\sqrt{A}}{\beta}$$

Onde:

K_A = coeficiente de abatimento (entre 0 e 1);

A = área (km²) e;

β = distância teórica (km) onde a correlação espacial se anula (variável com a duração do evento).

O uso do coeficiente de abatimento K_A possibilita corrigir, pela área da bacia, a altura ou intensidade média de precipitação dada por uma IDF válida para esta bacia.

Alternativamente, possibilita desenhar isoietas concêntricas no entorno da precipitação máxima dada pela IDF, arbitrariamente posicionada no centro geométrico da bacia. Recomenda-se aplicar o abatimento em estudos de macrodrenagem para bacias com área superior a 10 km².

A exemplo do que acontece espacialmente, a precipitação possui também grande variabilidade temporal durante um evento chuvoso e de evento para evento. Assim, também a variabilidade temporal da precipitação dificilmente segue um padrão formal identificável, ou seja, os hietogramas que se sucedem no tempo são diferentes uns dos outros. Como o Método Racional considera a chuva de projeto constante para toda a sua duração, esse não convém ser utilizado para a macrodrenagem.

Para estes casos, os métodos mais consagrados são aqueles que atribuem uma distribuição arbitrária temporal para chuvas de projeto. O objetivo é obter, para determinado período de retorno, alturas de chuva em intervalos de tempo discretos e iguais, cuja soma (dos intervalos) é a duração crítica, ou simplesmente a duração total do hietograma de projeto. Recomenda-se uma precisão de minuto para os intervalos. Toleram-se pequenos arredondamentos tanto para a duração total do hietograma quanto para os intervalos de tempo, de modo que a soma destes resulte, com precisão de minuto, exatamente no valor da referida duração total.

Sugere-se considerar intervalos entre 5 e 10 minutos em hietogramas com duração total de até 2 horas. Para durações maiores que 2 horas recomenda-se utilizar intervalos entre 10 e 20 min. O Método dos Blocos Alternados constrói o hietograma de projeto a partir da curva IDF onde atribui, a cada intensidade do hietograma, um mesmo período de retorno. O Método dos Blocos Alternados pode ser resumido nos seguintes passos:

- Determinar a duração crítica do evento, t_d (que é normalmente o tempo de concentração da área contribuinte);
- Dividir o tempo de duração total da chuva em intervalos de duração cumulativa, com variação (Dt) constante;
- Calcular, pela IDF, a intensidade de chuva para cada duração cumulativa;
- Determinar o total precipitado em cada intervalo, multiplicando a intensidade de chuva pelo respectivo tempo de duração;

- Obter os incrementos de chuva correspondentes a cada incremento de duração, por: (total precipitado no intervalo) - (total precipitado no intervalo anterior);
- Reordenar os incrementos de chuva para posicionar o pico de forma centralizada. Cada bloco de chuva do hietograma adiantado é sucessiva e alternadamente colocado no entorno do bloco do pico, à direita e à esquerda.

4.4 VAZÃO DE PROJETO PARA MACRODRENAGEM

A vazão de projeto é obtida pela transformação de precipitação em vazão. A precipitação pode ser de projeto ou, eventualmente, uma precipitação observada. Para áreas de contribuição entre 2 e 250 km² (TOMAZ, 2011), ou em situações onde seja necessário conhecer o hidrograma de projeto, é sugerido o uso do Método do Hidrograma Unitário Sintético (HUS) do *Soil Conservation Service* (SCS, 1957). Este modelo foi proposto para bacias rurais e adaptado a bacias urbanas, sendo estruturado para efetuar estimativa das vazões para bacias sem monitoramento fluviométrico, com base nas características do solo e ocupação. No modelo HUS-SCS, o hidrograma unitário recomendado é o sintético do tipo curvilíneo.

A equação da vazão máxima do hidrograma sintético é dada por:

$$q_p = \frac{2,08 \cdot A}{t_a}$$

Onde:

q_p = vazão de pico do hidrograma unitário sintético (m³/s/cm)

A = área da bacia contribuinte (km²)

t_a = tempo de ascensão do hidrograma, contado do início da precipitação (h) e é igual a:

$$t_a = \frac{t_d}{2} + 0,6t_c$$

Onde:

t_d = duração da precipitação (h);

t_c = tempo de concentração (h).

O HUS-SCS é obtido usando os valores adimensionais da Tabela 6. A vazão “Q” do HUS-SCS será obtida pela multiplicação entre os valores adimensionais (Tabela 6, segunda coluna) e a vazão de pico (q_p). O tempo “t” do HUS-SCS será obtido pela multiplicação entre os valores adimensionais (Tabela 6, primeira coluna) e o tempo de retardo. O tempo de retardo da bacia contribuinte pode ser calculado como:

$$t_p = \frac{L^{0,8} \cdot (2540 - 22,86 \cdot CN)^{0,7}}{(14104 \cdot CN^{0,7} \cdot S^{0,5})}$$

Onde:

t_p = tempo de retardo (h)

L = comprimento do talvegue principal (m)

CN = *Curve Number* da bacia contribuinte

S = declividade média do talvegue (m/m)

Tabela 6 – Hidrograma unitário curvilíneo adimensional do SCS

t/t_p	Q/q_p
0	0
0,1	0,03
0,2	0,1
0,3	0,19
0,4	0,31
0,5	0,47
0,6	0,66
0,7	0,82
0,8	0,93
0,9	0,99
1	1
1,1	0,99
1,2	0,93
1,3	0,86
1,4	0,78
1,5	0,68
1,6	0,56
1,7	0,46
1,8	0,39
1,9	0,33
2	0,28
2,2	0,207
2,4	0,147

t/t_p	Q/q_p
2,6	0,107
2,8	0,077
3	0,055
3,2	0,04
3,4	0,029
3,6	0,021
3,8	0,015
4	0,011
4,5	0,005
5	0

Fonte: Tomaz (2011 apud McCuen, 1998).

Segundo Tomaz (2011 apud Ven Te Chow, 1988), o tempo de concentração (t_c) pode ser determinado conforme segue:

$$t_c = \frac{t_p}{0,60}$$

A duração da chuva unitária (D) expressa um intervalo de tempo constante para cada vazão estimada no hidrograma unitário. O parâmetro pode ser definido pela seguinte equação:

$$D = t_c \cdot 0,133$$

Onde:

D = duração da chuva unitária (min)

t_c = tempo de concentração da bacia contribuinte (min).

Para determinar a chuva efetiva, ou seja, a precipitação que efetivamente gera o escoamento superficial, utiliza-se o Método do número CN (*Curve Number*) do SCS, válida para $P \geq 0,2.S$, do contrário, P_{ef} adquire o valor de 0 (zero). A chuva efetiva é determinada conforme segue :

$$P_{ef} = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

Onde:

P_{ef} = chuva efetiva (mm)

P = precipitação total (mm)

S = potencial máximo de retenção do solo (mm)

Para determinar a capacidade máxima da camada superior do solo S, relaciona-se esse parâmetro da bacia com um fator CN:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Onde:

CN = parâmetro que retrata as condições de uso, superfície e grupo do solo da bacia contribuinte.

Dados de CN estão apresentados no Quadro 3, e o grupo dos solos está apresentado conforme *Soil Conservation Service*.

Quadro 3 - Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas

Utilização ou cobertura do solo		A	B	C	D	E	
Zonas cultivadas	Sem conservação do solo	72	81	88	91	91	
	Com conservação do solo	62	71	78	81	81	
Pastagens ou terrenos baldios	Más condições	68	79	86	89	89	
	Boas condições	39	61	74	80	80	
Prado em boas condições		30	58	71	78	78	
Bosques ou zonas florestais	Cobertura ruim	45	66	77	83	83	
	Cobertura boa	25	55	70	77	77	
Espaços abertos, parques, cemitérios, boas condições	Com relva em mais de 75% da área	39	61	74	80	80	
	Com relva de 50 a 75% da área	49	69	79	84	84	
Zonas comerciais e de escritórios		89	92	94	95	95	
Zonas industriais		81	88	91	93	93	
Zonas residenciais	Lotes (m ²)	% impermeabilizada					
	<500	65	77	85	90	92	
	1000	38	61	75	83	87	
	1300	30	57	72	81	86	
	2000	25	54	70	80	85	
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.	4000	40	51	68	79	84	
			98	98	98	98	98
	Asfaltada e com drenagem pluvial	98	98	98	98	98	
Arruamento e estradas	Paralelepípedo	76	85	89	91	91	
	Terra	72	82	87	89	89	

Fonte: Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

Na sequência, deve-se realizar a convolução, isto é, a combinação da chuva efetiva com o HUS-SCS, o que permite produzir o hidrograma de projeto. Nesse processo, o hidrograma unitário ($m^3/s/cm$) é multiplicado pela chuva efetiva (cm) em cada incremento de tempo. Os valores de vazão se acumulam na medida em que a duração da chuva aumenta. A duração da chuva deverá ser maior que o tempo de concentração (TOMAZ, 2011).

5 MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO NA FONTE

As medidas de controle (MC) na fonte visam a retenção de água pluvial, otimizando os sistemas tradicionais de drenagem urbana. Os sistemas tradicionais são estruturados por condutos e galerias enterradas, compondo as redes de micro e macrodrenagem. O princípio de funcionamento das medidas de controle do escoamento superficial baseia-se na retenção temporária da água pluvial para fins de compensação dos impactos negativos produzidos pela impermeabilização do solo.

As medidas de controle na fonte contêm dispositivos que atuam na redução dos volumes escoados, introduzem alternativas que se integram harmoniosamente com a paisagem e também tratam da poluição difusa, melhorando a qualidade da água que escoa para os canais.

Para evitar a transferência de impactos negativos nas regiões a jusante das edificações, deve-se entender que a vazão de saída do empreendimento deve ser mantida igual ou menor que a vazão de pré-ocupação; a vazão de escoamento para a saída da rede depende de estudos com modelagem matemática da rede de microdrenagem de cada microbacia, que será regulamentado através de Decretos Municipais, incorporados ao Plano Diretor de Organização Físico Territorial de Jaraguá do Sul.

5.1 CRITÉRIO DE ESCOLHA DAS OBRAS

Há vários fatores que devem ser avaliados para a escolha da melhor forma de estrutura a ser utilizada, onde são considerados dados como área da bacia de contribuição; capacidade de infiltração da água no solo; nível do lençol freático; risco de contaminação do aquífero; fragilidade do solo à ação da água; permeabilidade do solo; declividade do terreno; ausência de exutório; disponibilidade de área; presença de instalações subterrâneas; restrição de urbanização.

A bacia de contribuição é a superfície do terreno que contribui com o escoamento da água em determinado ponto, sendo essa determinada em função da topografia, separando as bacias nos pontos divisores de água. No Manual de Drenagem Urbana da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA (2002) há dados indicativos de tipo de estrutura conforme área de contribuição em hectare, apresentado na Tabela 7, classificando

cada medida de controle em S (sim, viável), - (depende de outros critérios) e N (não, inviável, a princípio).

Tabela 7 – Critério de aplicabilidade das MCs conforme área da bacia de contribuição

MC / A (ha)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-20	20-40	> 40
Pavimento permeável	S	S	S	-	-	N	N	N	N	N
Trincheira de infiltração	S	S	-	N	N	N	N	N	N	N
Vala de infiltração	S	S	-	N	N	N	N	N	N	N
Poço de infiltração	S	-	-	N	N	N	N	N	N	N
Microrreservatório	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Telhado verde	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Faixa gramada	S	S	-	N	N	N	N	N	N	N
Bacia de detenção	N	-	-	-	-	S	S	S	S	S
Bacia de retenção	N	N	N	-	S	S	S	S	S	S
Bacia subterrânea	S	S	S	-	N	N	N	N	N	N
Conduto de armazenamento	S	-	N	N	N	N	N	N	N	N

Fonte: Adaptado de Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

O conhecimento do tipo de solo existente no local de instalação de uma obra de engenharia é de suma importância, pois o tipo de solo nos trará o conhecimento das características físicas e químicas daquele solo, conhecendo assim qual o tipo de comportamento que ele terá em determinada situação, como por exemplo, em momentos de elevado índice pluviométrico.

Dados cartográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, indicam que o solo jaraguense é constituído principalmente do tipo argissolo vermelho-amarelo e cambissolo háplico. E a capacidade de infiltração do solo, ou seja, o potencial que o solo tem de infiltrar água pela sua superfície, depende da sua condutividade hidráulica. A Tabela 8 apresenta as restrições de aplicabilidade das MCs em função da condutividade hidráulica do solo localizado no subleito, classificando cada medida de controle em S (sim, viável), - (depende de outros critérios) e N (não, inviável, a princípio).

Tabela 8 - Critério de aplicabilidade das MCs conforme a condutividade hidráulica do solo (subleito).

MC / mmh ⁻¹	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-4,0	4,0-7,0	7-13	13-25	25-60	60-200	>200
Pavimento permeável	N	N	N	N	N	-	S	S	S	S
Trincheira de infiltração	N	N	N	N	N	-	S	S	S	S
Vala de infiltração	N	N	N	N	N	-	S	S	S	S
Poço de infiltração	N	N	N	N	-	-	S	S	S	S
Microrreservatório	N	N	N	N	N	-	S	S	S	S
Faixa gramada	S	S	S	S	S	S	S	-	-	N
Bacia de detenção	N	-	-	S	S	S	S	S	S	S
Bacia de retenção	N	-	-	S	S	S	S	S	S	S

Fonte: Adaptado de Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

O nível do lençol freático influencia diretamente na eficiência das MCs por infiltração, tornando-a inviável em locais que o lençol freático está a menos de 1 m de profundidade. Dependendo da concepção e até mesmo da forma de construção, a água do lençol freático pode adentrar na estrutura, sobrecarregando-a antes mesmo de eventos chuvosos. Esse dado também deve ser considerado quando analisar a qualidade desse lençol, já que pode haver contaminação da água escoada superficialmente, principalmente nos primeiros dois milímetros (TOMAZ, 2011) .

Solos argilosos tendem a se desestruturar na presença de água constante, tornando-se lodosos, inadequados para uso de dispositivos de infiltração. Assim como solos muito rochosos ou muito duros dificultam na escavação, tornando dispendioso para o uso de reservatórios subterrâneos/enterrados. A Tabela 9 apresenta as condições conforme MC, seguindo a legenda já apresentada acima.

Tabela 9 – Critério de aplicabilidade das MCs conforme condição do solo-aquífero

MC / Condição do solo-aquífero	Freático alto ¹	Risco de contaminação do aquífero	Solo frágil à água ²	Subleito impermeável
Pavimento permeável	N	N	N	N
Trincheira de infiltração	N	N	N	N
Vala de infiltração	N	N	N	N
Poço de infiltração	-	N	N	N
Microrreservatório	S	S	S	S
Telhado verde	S	S	S	S

MC / Condição do solo-aquífero	Freático alto ¹	Risco de contaminação do aquífero	Solo frágil à água ²	Subleito impermeável
Faixa gramada	-	-	N	-
Bacia de detenção	-	-	N	-
Bacia de retenção	S	N	N	N
Bacia subterrânea	N	-	S	N
Conduto de armazenamento	S	-	S	N

¹ Profundidade menor ou igual a 1 metro da superfície. ² Expansivo ou de baixa coesão na presença de água.

Fonte: Adaptado de Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

Conforme o local para instalação das estruturas, as medidas de controle tornam-se inviáveis. A declividade do terreno acima de 5% inviabiliza a instalação de MCs com reservatórios enterrados (pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração etc); e em áreas de risco de deslizamento não se recomenda instalar MCs que permitam a infiltração da água no solo. A MC cuja saída da água reservada se dá por drenos, demandam um corpo hídrico receptor próximo para a descarga.

A densidade populacional e o nível de urbanização da área também precisam ser avaliados no momento decisório, já que há restrição de áreas livres disponíveis, ou pode ocorrer o encontro com outras instalações subterrâneas já instaladas, como redes de esgotamento sanitário. Podendo ocorrer também restrições quanto à urbanização da área, por conta do tráfego intenso ou de veículos pesados. A Tabela 10 apresenta as condições conforme a área sugerida.

Tabela 10 – Critério de aplicabilidade das MCs conforme condição de localização

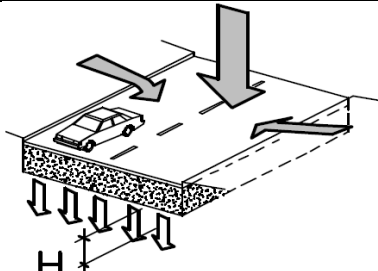
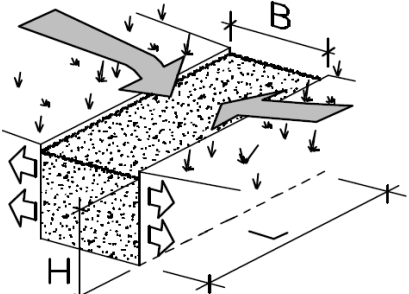
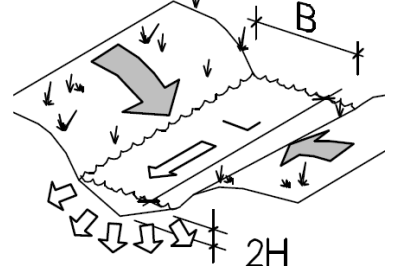
MC / Condição de localização	Alta declividade	Ausência de exutório	Restrição de área livre	Presença de instalações subterrâneas	Restrição de urbanização	Tráfego intenso
Pavimento permeável	N	-	-	N	N	N
Trincheira de infiltração	N	-	S	N	S	N
Vala de infiltração	N	-	S	N	N	N
Poço de infiltração	-	-	S	N	S	N
Microrreservatório	S	N	S	S	S	S
Telhado verde	S	N	S	S	S	-
Faixa gramada	-	N	S	-	-	N
Bacia de detenção	-	N	N	N	S	S
Bacia de retenção	S	N	N	N	S	S
Bacia subterrânea	S	N	-	-	N	-

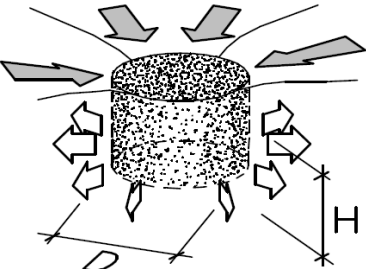
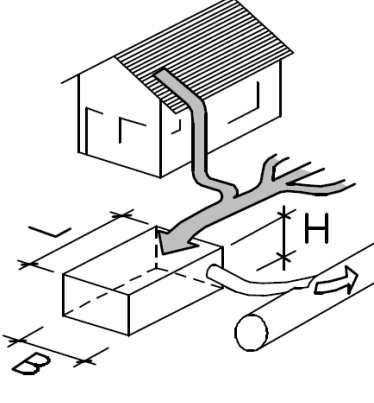
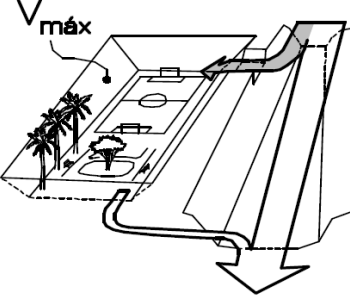
MC / Condição de localização	Alta declividade	Ausência de exutório	Restrição de área livre	Presença de instalações subterrâneas	Restrição de urbanização	Tráfego intenso
Conduto de armazenamento	S	N	S	-	S	-

Fonte: Adaptado de Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

O dimensionamento hidráulico das medidas de controle consiste em definir o volume útil do reservatório que receberá a escoada superficialmente. O processo deve ser realizado por um(a) profissional legalmente habilitado(a) em conformidade com as normas técnicas vigentes. Para bacias de contribuição com área menor que 2 km², adotar equações do Quadro 4. Elas consideram o regime pluviométrico de Jaraguá do Sul e o uso de camada granular com brita nº 3. O período de retorno adotado para a intensidade da chuva de projeto deverá ser maior ou igual a 10 anos.

Quadro 4 - Equações para o dimensionamento de MCs no município de Jaraguá do Sul

Medida de Controle	Representação	Equação para dimensionamento hidráulico
Pavimento permeável		$H_{\text{máx}} = \frac{[5,94 \cdot \sqrt{\beta} \cdot T^{(0,093)} - 0,59 \cdot \sqrt{q_s}]^2}{0,35}$ <p>Sendo:</p> $\beta = \frac{A_{\text{pav}} + C \cdot A}{A_{\text{pav}}}$
Trincheira de infiltração		$H_{\text{máx}} = \frac{[k_1 \cdot (k_2 - 0,59)]^2}{0,35 - k_2^2}$ <p>Sendo:</p> $k_1 = 5,94 \cdot \sqrt{\beta} \cdot T^{(0,093)} \quad k_2 = 0,59 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \sqrt{q_s}$ $\beta = \frac{C \cdot A}{B \cdot L} \quad \gamma = \frac{2}{B}$
Vala de infiltração		$H_{\text{máx}} = V_{\text{máx}} = [5,94 \cdot \sqrt{\beta} \cdot T^{(0,093)} - 0,59 \cdot \sqrt{q_s}]^2$ <p>Sendo:</p> $\beta = \frac{C \cdot A}{B \cdot L}$

<p>Poço de infiltração</p>		$H_{m\acute{a}x} = \frac{[k_1 \cdot (k_2 - 0,59)]^2}{0,35 - k_2^2}$ <p>Sendo:</p> $k_1 = 5,94 \cdot \sqrt{\beta} \cdot T^{(0,093)} \quad k_2 = 0,59 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \sqrt{q_s}$ $\beta = \frac{4 \cdot C \cdot A}{\pi \cdot D^2} \quad \gamma = \frac{4}{D}$
<p>Microrreservatório</p>		<p>Se infiltrante:</p> $H_{m\acute{a}x} = \frac{[k_1 \cdot (k_2 - 0,59)]^2}{0,35 - k_2^2}$ <p>Se estanque:</p> $H_{m\acute{a}x} = V_{m\acute{a}x} = [5,94 \cdot \sqrt{\beta} \cdot T^{(0,093)} - 0,59 \cdot \sqrt{q_s}]^2$ <p>Sendo:</p> $k_1 = 5,94 \cdot \sqrt{\beta} \cdot T^{(0,093)} \quad k_2 = 0,59 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \sqrt{q_s}$ $\beta = \frac{C \cdot A}{B \cdot L} \quad \gamma = \frac{2(L+B)}{L \cdot B}$
<p>Bacia de retenção</p>		$H_{m\acute{a}x} = V_{m\acute{a}x} = [5,94 \cdot \sqrt{C} \cdot T^{(0,093)} - 0,59 \cdot \sqrt{q_s}]^2$ <p>Sendo:</p> <p>$q_s = q_{pre}$, para condição estanque</p> <p>$q_s = 0,1 \cdot K_{sat}$, para bacia de infiltração.</p>
<p>LEGENDA:</p> <p>$V_{m\acute{a}x}$ = volume de dimensionamento (mm);</p> <p>T = período de retorno (anos);</p> <p>q_s = vazão de saída constante da MC (mm/h);</p> <p>A = área contribuinte à MC (m²);</p> <p>C = coeficiente de escoamento superficial da área de contribuição;</p> <p>L = comprimento da MC (m)</p> <p>B = largura da MC (m)</p> <p>D = diâmetro da MC (m)</p> <p>K_{sat} = condutividade hidráulica saturada do solo/subleito (mm/h);</p> <p>q_{pre} = vazão de restrição ou de pré-ocupação (mm/h).</p>		

Fonte: Adaptado de Silveira e Goldefum (2007).

Para MCs que não permitem a infiltração da água no solo, adotar os valores da Tabela 11 para o pré-dimensionamento de seus drenos. Nesse caso, considerar que a vazão do empreendimento resulta da soma entre o volume escoado superficialmente e o volume descarregado pelo dreno (que pode ser estimada como um bocal). A vazão do empreendimento não poderá superar a vazão máxima de restrição ($Q_{m\acute{a}x}$).

Tabela 11 - Pré-dimensionamento de drenos reguladores das medidas de controle (MC).

Volume do reservatório da MC	Diâmetro (mm)
Até 2 m ³	25
3 a 6 m ³	40
7 a 26 m ³	50
27 a 60 m ³	75
61 a 134 m ³	100
135 a 355 m ³	150
356 a 405 m ³	200
406 a 800 m ³	300
801 a 1300 m ³	400
1301 a 2000 m ³	500

Fonte: Adaptado de PMB (2019).

Fundamental que o dreno regulador seja protegido contra o entupimento e posicionado na parte mais baixa da MC, o que permite o esvaziamento do reservatório e aptidão para funcionar no próximo evento de chuva intensa. Recomenda-se prever mecanismos de extravasamento controlado e seguro para as MCs, elementos necessários quando ocorre algum cenário mais crítico que aqueles considerados em projeto.

5.2 NOS LOTES

Para o controle do escoamento nos lotes, recomenda-se que os mesmos respeitem o limite da vazão máxima de restrição (item 3.7). Para tanto, o todo ou parte do escoamento superficial do lote poderá ser encaminhado às medidas de controle. Pavimentos permeáveis

A adoção de pavimentos permeáveis contribui para o controle dos deflúvios superficiais no próprio sistema viário. É importante destacar que a simples adoção de revestimentos permeáveis, por si só, não contribui para a redução do risco de inundação brusca (enxurradas e alagamentos). Uma melhoria significativa no controle do escoamento superficial é obtida quando o pavimento permeável permite a infiltração e a reserva da água pluvial, processos hidrológicos responsáveis pelo amortecimento da onda de cheia durante um evento de chuva intensa.

Como foi destacado anteriormente, a profundidade do nível freático pode ser um problema, devendo ser realizado um estudo específico no local para adoção efetiva destes dispositivos. Entretanto, o pavimento permeável é adequado para o uso em locais de tráfego de pedestre e veículos leve (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015a), como calçadas e praças, entrando em consonância com o paisagismo local.

O pavimento permeável visa suportar as solicitações mecânicas ao mesmo tempo que propicia a percolação e a reserva da água pluvial, sem causar dano à estrutura. A estrutura permeável é formada por várias camadas de material permeável: sub-base (material de granulometria aberta utilizado como reforço do subleito ou camada complementar à base); base (camada de granulometria aberta para resistir e distribuir os esforços que o pavimento for submetido, permitindo percolação e/ou acúmulo temporário de água, o revestimento permeável é construído sobre ela); camada de assentamento (quando for o caso) e por fim o revestimento permeável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015a). O uso de geotêxtil é recomendado para preservar a estrutura porosa da camada de base e sub-base, uma vez que são os poros que permitem a reservação da água pluvial.

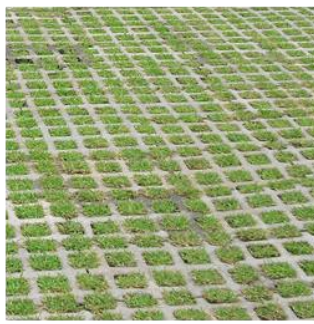
O revestimento de intertravado para pavimento permeável pode ser constituído por: (i) peças de concreto com percolação de água entre as juntas (Figura 5a); (ii) peças de concreto com percolação de água por áreas vazadas (Figura 5b); (iii) concreto permeável cuja percolação de água ocorre por ele (Figura 5c) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015a).

Figura 5 - Revestimentos intertravados para pavimentos permeáveis

a) Concreto com junta
alargada



b) Concreto com áreas
vazadas



c) Concreto permeável

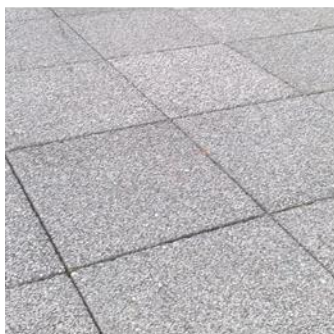


O revestimento de pavimento permeável também pode ser constituído por placas de concreto permeável, cuja percolação ocorre por meio dos poros interconectados da placa, Figura 6a. O diferencial desse revestimento é por não

apresentar intertravamento. Outra opção ainda é o pavimento revestido com concreto permeável moldado no local, Figura 6b, a percolação de água ocorre também pelos poros interconectados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015a).

Figura 6 – Tipologias para revestimentos em pavimentos permeáveis

a) Placa de concreto permeável



b) Concreto permeável moldado no local



Para escolha da utilização de pavimentos permeáveis é preciso ter conhecimento da área da bacia contribuinte, a qual não se recomenda que supere cinco vezes o tamanho da área do próprio pavimento permeável; verificação se a permeabilidade do solo e o nível do lençol freático são compatíveis com sistemas de infiltração total ou parcial, além dos demais itens indicados nos critérios mencionados no item 5.1.

Valores usuais para a altura da camada de reservação (base sub-base) situam-se na faixa de 20 a 80 cm, embora não devam ser encarados como valores restritivos a priori (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002).

5.2.1 Estruturas de infiltração

Em lotes urbanos ou ao longo de ruas e rodovias, são utilizadas estruturas dimensionadas para ajudar no escoamento superficial das águas pluviais. Estas armazenam temporariamente um determinado volume de chuva, que posteriormente poderá ser descarregado no solo (subleito), em forma de infiltração, ajudando na recomposição de mananciais subterrâneos, como os aquíferos, e evitando o excesso de água nos sistemas de drenagem.

Uma das opções são as valas de infiltração, Figura 7a, que são dispositivos com menor profundidade e com inclusão de vegetação, construída ao longo de

rodovias, estacionamentos, áreas verdes residências, entre outros. Auxiliam no paisagismo, além da drenagem pluvial. São áreas com velocidade reduzida de infiltração e armazenando de água durante períodos de chuvas intensas (BEUX, OTTONI, 2015). A trincheira de infiltração, Figura 7b, são estruturas lineares com forma alongada, otimizada para lotes urbanos. Essas permitem o uso paisagístico com acabamento em seixo rolado e plantas ornamentais (BEUX, OTTONI, 2015). Há ainda os poços de infiltração, Figura 7c, que são dispositivos pontuais, preenchido com brita e revestido com manta geotêxtil, geralmente são instalados em locais para captar as águas provenientes dos telhados (SANTOS, 2016).

Figura 7 – Estruturas de infiltração



Fonte: Evolua Ambiental (2021)

A trincheira e o poço de infiltração são constituídos da mesma estrutura, sendo que a trincheira costuma ser escolhida quando é desejável maior área em projeção horizontal e menor profundidade. Por outro lado, o poço de infiltração é empregado em situações onde se pretende minimizar a área útil em favor da profundidade.

Faixas gramadas e o uso de jardins no entorno desses dispositivos, auxiliam na infiltração das águas pluviais, desacelerando o escoamento superficial e reduzindo os picos de vazão. Todos esses dispositivos necessitam de uma manutenção constante em relação ao controle da vegetação e da colmatação pelas altas cargas de sedimentos. Mesmo assim são considerados de baixo custo, de fácil implantação e com boa relação custo-benefício (AGOSTINHO; POLETO, 2012).

5.2.2 Microrreservatórios

Microrreservatórios são estruturas de retenção utilizadas com maior ênfase em lotes residenciais e industriais, cuja reserva de água se dá em uma cisterna, portanto, sem uso de uma camada porosa de reservação. São instalados em arcabouços subterrâneos recebendo águas pluviais superficiais, diminuindo picos de vazão a jusante. A água reservada poderá ser aproveitada conforme legislação e norma(s)

vigente(s), desde que permita que o volume útil esteja plenamente disponível durante um evento de chuva intensa. Por serem subterrâneos, causam pouca interferência no entorno, podendo estar localizados em pátios públicos e particulares, em áreas de estacionamentos ou em condomínios habitacionais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [201-a]).

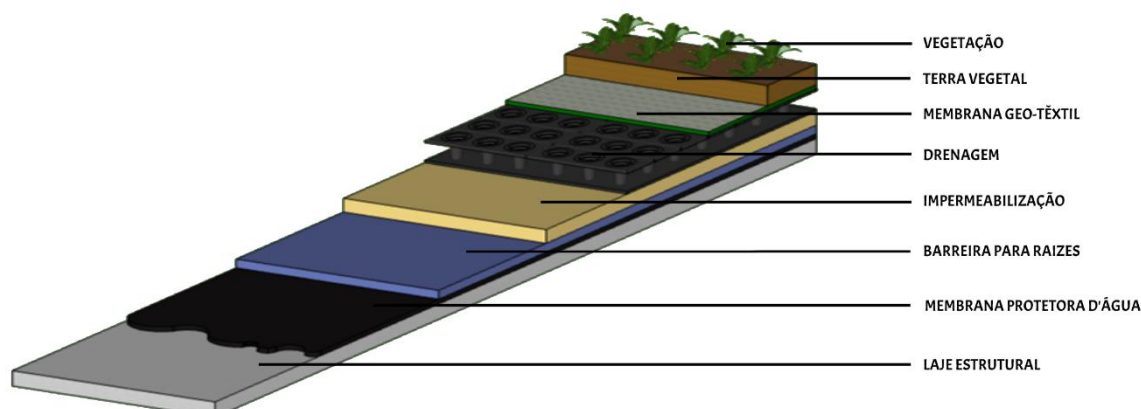
Não há limitações quando ao nível do lençol freático, possibilidade de contaminação do aquífero, solo ser frágil à água ou o subsolo impermeável, já que essa estrutura não funciona com infiltração de água no solo. Possível instalação em locais com alta declividade e em locais com restrição de uso, seja por presença de instalações subterrâneas ou por restrição quando à urbanização do local. Porém há necessidade de ponto exutório próximo, para desague da água reservada. O orifício de descarga deve ser posicionado sempre na parte mais baixa da estrutura, de modo que esta se esvazie lentamente e esteja apta a receber água pluvial de um próximo evento. Um tubo extravasor deve ser previsto para que excedentes sejam extravasados de maneira segura e controlada.

5.2.3 Telhados verdes

O telhado verde é um sistema que irá drenar a água pluvial, armazenando água no seu substrato, que será utilizado pelas plantas e retorna ao ciclo hidrológico por meio da transpiração e evaporação (BIOGUIA, 2019).

Os telhados verdes são sobreposições de diversas camadas sobre uma superfície estrutural. Geralmente compostos por membrana impermeabilizante, sistema de drenagem, substrato (meio de crescimento da vegetação) e plantas, construído na cobertura das edificações, Figura 8 (SILVA, 2017).

Figura 8 - Camadas de um telhado verde



Fonte: Evolua Ambiental (2021)

Os telhados verdes são divididos em intensivos e extensivos. Os telhados verdes extensivos possuem uma camada de substrato estreita, entre 7,5 e 12 cm, por isso são leves. A vegetação utilizada geralmente possui boa resistência à seca, desta forma geralmente não se utiliza sistema de irrigação, sendo mais simples e de baixa manutenção (SILVA, 2017).

Enquanto os telhados verdes intensivos possuem maior camada de substrato o que faz com que a estrutura tenha mais peso sobre a edificação, suportam vegetação de médio e grande porte, mas precisam de maior manutenção. Também facilitam a formação de ecossistemas mais complexos (SILVA, 2017).

Antes da instalação dessa estrutura, é necessária a verificação se a edificação está preparada para suportar o peso adicional recorrente ao volume que será armazenado; e se há ponto exutório próximo. Para o dimensionamento faz-se necessário o acompanhamento da ABNT NBR 10844/1989 que apresenta as exigências necessárias aos projetos de instalação prediais de águas pluviais.

O projeto apresentado deve prever a limpeza periódica da estrutura para retirada de folhas e vegetação mortas; indicar o período de irrigação em momentos de seca e indicar as plantas que serão utilizadas, definidas de acordo com a resistência às secas e ao calor, além de serem necessariamente de espécies nativas da região de Jaraguá do Sul.

5.2.4 Jardins de chuva / faixas gramadas

Formado por sistemas de biorretenção, jardins de chuva são estruturas rasas sem pavimentação, que recebem a água do escoamento superficial de telhados,

calçadas e do pavimento impermeável, Figura 9. As águas pluviais passam por processo de filtração e adsorção dos poluentes, e infiltrarão no solo de onde poderá ser encaminhado para a reposição dos aquíferos ou descarregada nos sistemas de microdrenagem (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTOS PORTLAND, [202-b]).

Figura 9 - Jardim de Chuva – projeto panorâmico



Fonte: Biblus (2020)

Essas estruturas fazem parte do paisagismo das ruas e reincorporam a natureza ao cotidiano das cidades. Deve-se levar em consideração que essas estruturas irão ocupar uma área das calçadas e vias de movimentação de pedestres. Assim, indica-se para locais com baixo tráfego de veículos e com calçadas largas. Ou ainda em pátios e estacionamentos públicos e privados, sem a presença de instalações subterrâneas como rede de água e esgoto, luz e telefone.

Nesses jardins de chuva devem ser plantadas vegetação típica da região e cuidar com a profundidade das raízes que essas produzirão. Quanto maior a diversificação de plantas, maior o índice de nutrientes, minerais e metais que serão absorvidos.

As faixas gramadas são utilizadas como estruturas de infiltração, auxiliando no escoamento laminar, promovendo a retenção de finos, interferindo positivamente na diminuição do escoamento superficial. De um modo geral, a instalação de faixas gramadas possui os mesmos critérios de aplicação que valas de infiltração, diferenciando na profundidade de projeto. Deve-se instalar em locais planos, evitando

a concentração de escoamentos em pontos específicos e o desenvolvimento da vegetação rasteira.

5.2.5 Dispositivos para captação de água da chuva

Cisternas são unidades de armazenamento de águas de chuva, coletadas de pontos estratégicos de uma determinada construção, podendo ser semienterrados ou elevados. Essas unidades podem ser utilizadas para armazenamento temporário ou para posterior uso.

A ABNT NBR 15527/2019 define requisitos e especificações para sistemas de aproveitamento de água pluvial. Quando instalada para fins de aproveitamento, essa água poderá ser utilizada apenas para fins não potáveis, pois carregam poluentes e sujeira dos telhados, como terra e fezes de animais. Portanto, é possível utilizá-la para reserva técnica de incêndio, limpeza geral de pisos, calçadas e veículos, regar plantas ou ainda em mictórios e vasos sanitários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019).

Por meio da Lei Municipal nº 4.675/2007 é estabelecida a necessidade de implantação de dispositivo para captação de água da chuva e, no Art. 1º, a lei aponta que as empresas projetistas e de construção civil devem ser obrigadas a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água da chuva, nos projetos de empreendimentos residenciais que contenham mais de 20 (vinte) unidades habitacionais, nos prédios públicos, nos empreendimentos e indústrias comerciais com mais de 200 m² (duzentos metros quadrados) de área construída. A lei cita que o reservatório de águas pluviais a ser instalada nos empreendimentos residenciais e comerciais deve ter o tamanho compatível com o previsto nas normas vigentes.

Segundo a NBR 15527:2019, o volume do reservatório deve ser dimensionado levando em consideração a área de captação (cobertura da edificação), regime pluviométrico e consumo não potável a ser atendido (ABNT, 2019). O sistema deverá ter eficiência mínima de 90%, devidamente comprovada por uma análise baseada em um balanço hídrico diário ou mensal que leve em conta: 1) a área de captação em projeção horizontal, 2) a demanda prevista para a edificação e; 3) a série histórica de chuva de ao menos 120 meses. A série histórica de chuva deverá ser proveniente de uma estação pluviográfica/pluviométrica localizada em Jaraguá do Sul, com dados consistidos e disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

De acordo com o Manual de Projetos Hidrossanitários de Jaraguá do Sul (SAMAE, 2018), o volume mínimo sugerido para o reservatório de águas pluviais é de 2.000 litros e deve-se identificar em projeto a destinação prevista para a água pluvial reservada.

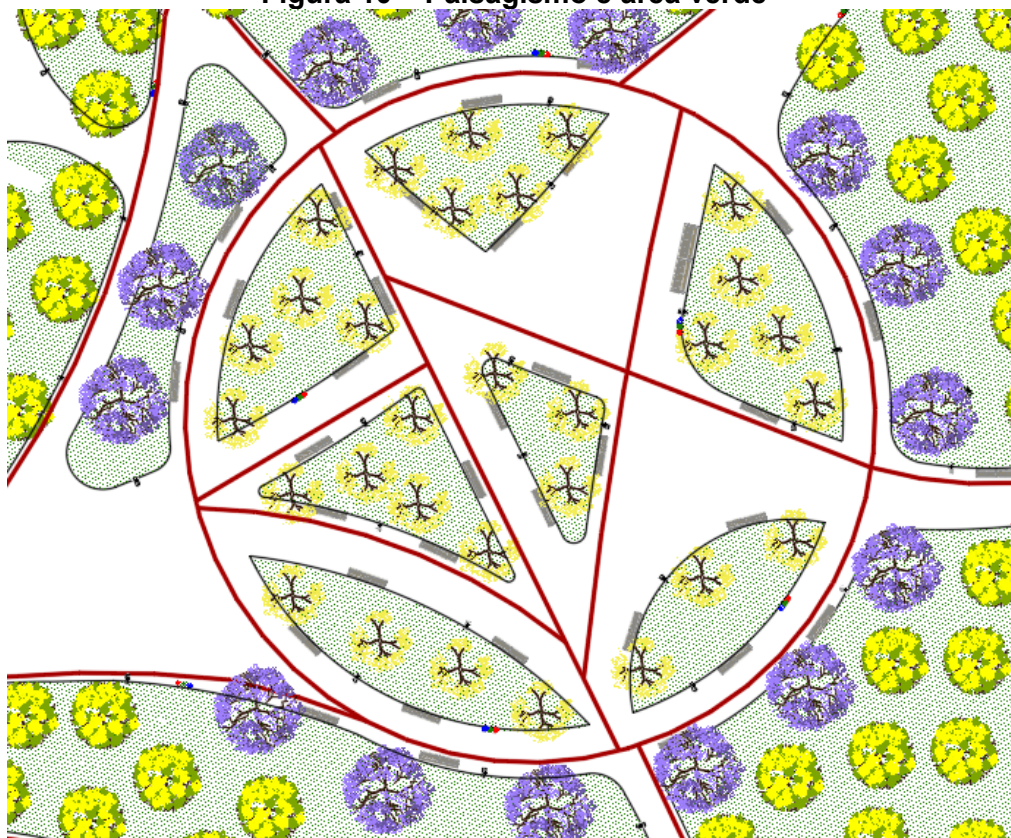
5.3 NOS LOTEAMENTOS

5.3.1 Pavimentos permeáveis

Em loteamentos urbanos ou em pátios de empresas são indicadas a instalação de pavimentos permeáveis nas áreas comuns, como estacionamentos ou praças. Além do mais, essas áreas no cotidiano podem ser utilizadas como espaço para lazer, visando induzir atividades sociais e estimular a preservação da área.

Em locais com depressão no terreno, as praças podem ser instaladas com a finalidade de auxiliar na redução do risco de enxurradas, remover poluentes e promover a recarga de mananciais subterrâneos. É importante que a maior área desses locais seja permeável, para tal pode-se utilizar vegetação e/ou pavimentos permeáveis (infraestrutura verde e azul).

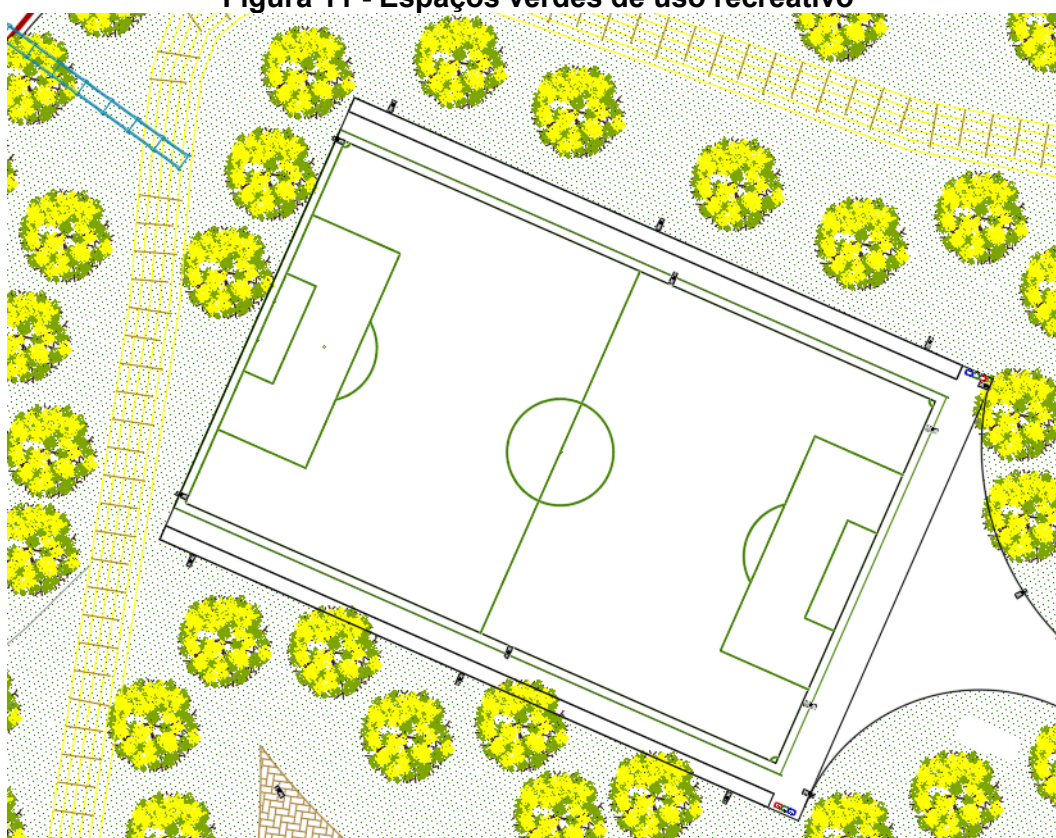
Figura 10 – Paisagismo e área verde



Fonte: Evolua Ambiental (2021)

Como área permeável por vegetação, indica-se cobertura vegetal, jardins e arborização, integrando infraestrutura de manejo de água pluvial com espaços de recreação e lazer ao ar livre. Desta forma, indica-se que todas as praças tenham um espaço amplo com arborização de copa larga para o estímulo de piquenique e atividades semelhantes. O paisagismo e a composição vegetal devem auxiliar na multifunção das áreas permeáveis, resultando em espaços de qualidades e atrativos. Apresentam-se propostas de paisagismo e cobertura vegetal na Figura 10 e na Figura 11 com representação em espaços verdes para recreação.

Figura 11 - Espaços verdes de uso recreativo



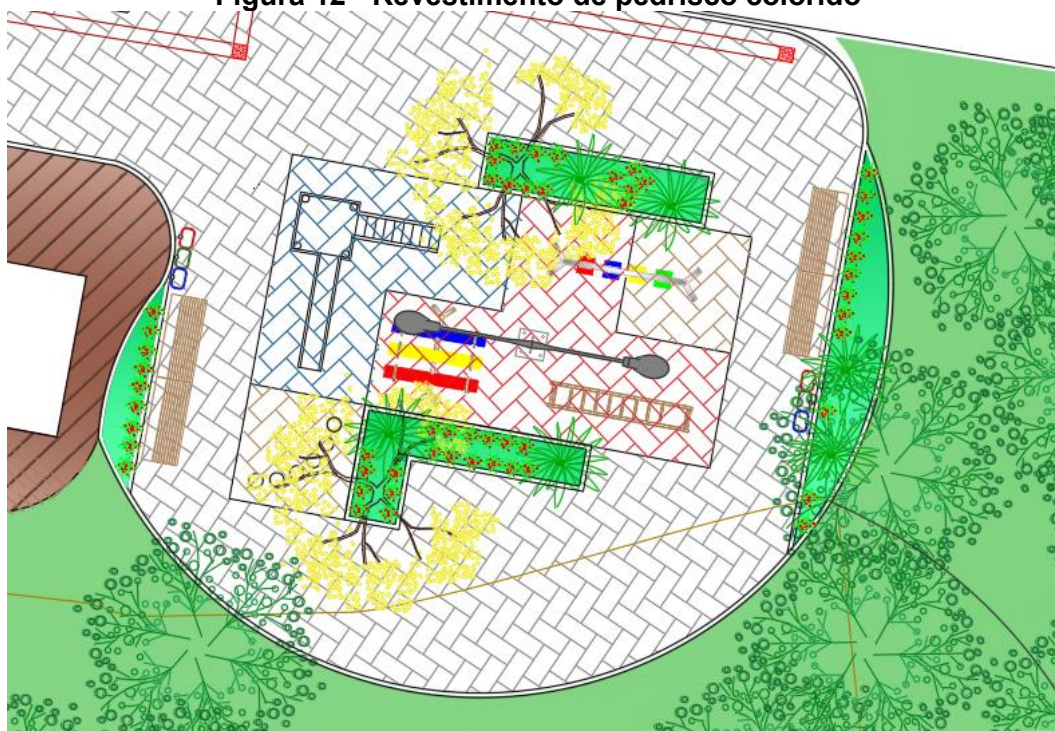
Fonte: Evolua Ambiental (2021)

Nas áreas que irão receber gramado, forrações e arbustos, deverá ser realizada a remoção de solo de 15cm de espessura. Considerando a resistência da grama, indica-se a utilização de grama batatais. Exceto para a o caso dos taludes, o plantio de gramas deve acontecer depois da execução dos caminhos e instalações de equipamentos proporcionando o melhor acabamento e forração, e antes da plantação das árvores. Nos taludes, a grama deve ser plantada antes da instalação da biomanta de proteção.

TIPOLOGIAS DE REVESTIMENTO

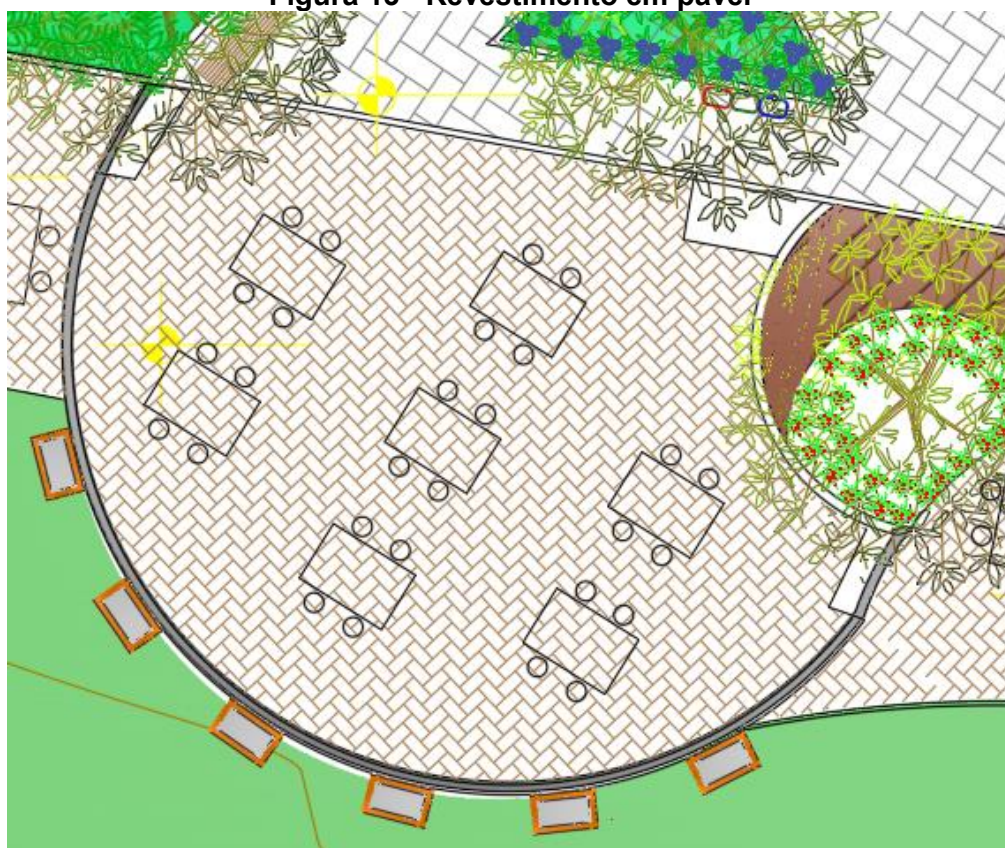
Os revestimentos permeáveis devem ser utilizados como alternativa para assegurar a permeabilidade dos solos e ainda assim possibilitar áreas de circulação e mobilidade, além de reduzir o escoamento superficial quando inseridos em um pavimento permeável. Os revestimentos diferenciados também permitem a delimitação de espaços evidenciando setores, desta forma, indica-se que pisos e cores diferentes sejam utilizadas para delimitar espaços em função dos usos como playground, academia ao ar livre e outros.

Figura 12 - Revestimento de pedrisco colorido



Fonte: Evolua Ambiental (2021)

Figura 13 - Revestimento em paver



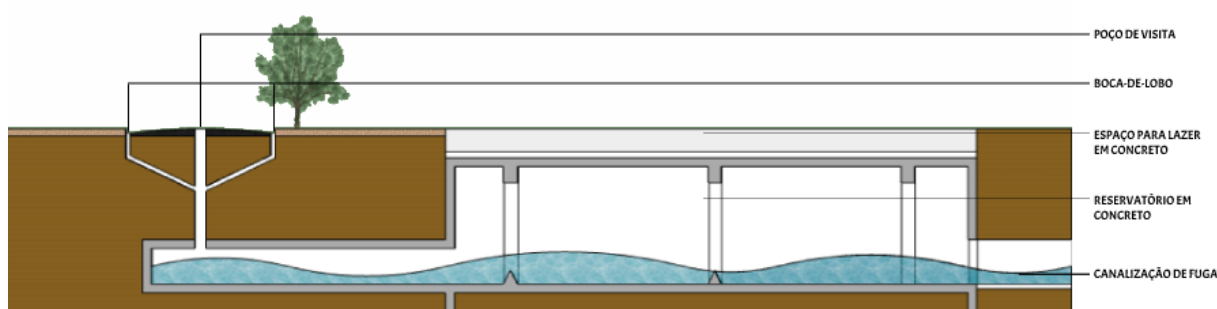
Fonte: Evolua Ambiental (2021)

O concreto permeável usinado ou produzindo *in loco* deve ser despejado sobre a base reguladora de forma, em que o concreto preencha os moldes até o nível estabelecido. O adensamento e a regularização deverão ser realizados com o auxílio de uma régua vibratória ou manualmente, com régua de madeira ou de alumínio. O processo de adensamento deve ser cuidadoso, evitando a segregação entre a pasta cimentícia e os agregados. O acabamento pode ser sarrafeado ou desempenado. Em áreas muito inclinadas o revestimento deve ter superfície áspera, evitando que pessoas escorreguem, Figura 14.

aberto, em momentos de seca, pode ser utilizado como praça e/ou quadra de esporte; ou quando for subterrâneo, a área coberta também se encaixa em uso público para prática de esportes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [201-c]).

A instalação dessas estruturas em loteamentos também contribui para o sistema de microdrenagem urbana, diminuindo a vazão de escoamento do ponto exutório, minimizando o impacto hidrológico da redução de capacidade de armazenamento natural da bacia de contribuição.

Figura 15 – Reservatório de detenção



Fonte: Evolua Ambiental (2021)

Junto desses reservatórios é desejável a implantação de área de recreação, integrando o espaço urbano ao uso da comunidade local. Ou, se estiver em local com alta densidade demográfica, recomenda-se a instalação de forma subterrânea. Um bom indicador para a localização desses equipamentos são áreas onde naturalmente encontram-se poças ou pântanos alagadiços perenes, ou seja, a área seria inundada somente durante o evento de chuva intensa (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002).

O planejamento e projeto de obras de detenção e retenção é muito mais do que um simples exercício de hidrologia e de hidráulica. Existem muitos aspectos técnicos que devem ser cuidadosamente considerados além da hidrologia e da hidráulica. Destacam-se:

- a determinação da inclinação máxima de talude para escavação de reservatórios de armazenamento em locais potencialmente favoráveis para isso, assim como de pequenos levantamentos em valas naturais que ofereçam condições propícias para armazenamento;

- a estimativa da carga anual de transporte de material sólido da bacia tributária, verificando se será necessário prever bacia(s) de sedimentação ou outros meios de controle de sedimentos;
- a seleção das variedades de vegetação para proteção de taludes que resistam a inundações ocasionais que possam durar várias horas ou mesmo vários dias.

Devem também ser consideradas as condicionantes e as necessidades de natureza não técnica, dentre as quais se ressaltam:

- a análise das necessidades da comunidade local, inclusive as relativas à recreação de modo a inserir as possíveis obras de retenção e retenção num contexto de uso múltiplo;
- a análise dos riscos que possam comprometer as condições de segurança e prever os meios de mitigá-los;
- a procura dos caminhos adequados, tendo em vista o financiamento de desapropriações, construção e manutenção das obras.

Do ponto de vista hidrológico/hidráulico, o dimensionamento de um reservatório envolve basicamente três elementos:

- Dimensionar o volume total de armazenamento;
- Dimensionar a sua estrutura de entrada;
- Dimensionar a sua estrutura de saída.

Todos esses componentes estão tecnicamente conectados e eles são determinados em função do grau de proteção requerido pelo reservatório e pelo sistema de obras no qual ele está inserido.

6 PROJETOS DE MICRODRENAGEM

A microdrenagem é composta por sistemas de condutos pluviais no loteamento ou na rede primária. Para elaboração de projetos de rede pluvial de microdrenagem é necessário a determinação de:

- Subdivisão da área e traçado;
- Identificação de áreas controladas e não-controladas por MCs (controle na fonte) do tipo das apresentadas no capítulo 5;
- Determinação das vazões que afluem à rede de condutos;
- Dimensionamento da rede de condutos;
- Dimensionamento das medidas de controle.

Além da determinação desses dados, é necessário o conhecimento de dados como:

- Plantas e mapas da área da bacia de contribuição;
- Dados topográficos e cadastral;
- Dados sobre urbanização;
- Dados sobre o corpo receptor.

As curvas de nível devem ter equidistância tal que permita a identificação dos divisores das diversas sub-bacias do sistema. Admite-se um erro máximo de três centímetros na determinação das cotas do terreno nos cruzamentos das ruas e nas rupturas de declividade entre os cruzamentos. Deve-se fazer um levantamento topográfico de todas as esquinas, mudanças de greides das vias públicas e mudanças de direção. Deve-se, também, dispor de um cadastro das redes públicas de água, eletricidade, gás, esgotos e águas pluviais existentes que possam interferir no projeto.

No projeto definitivo são necessárias plantas mais minuciosas das áreas onde o sistema será construído. As plantas devem indicar com precisão os edifícios, as ferrovias, as rodovias, os canais, as redes de gás, água, esgotos, telefone, eletricidade, enfim quaisquer estruturas que possam interferir com o traçado proposto das tubulações de águas pluviais.

Deverão ser dispostos dados sobre o tipo de ocupação das áreas, a porcentagem de ocupação dos lotes e a ocupação do solo nas áreas não-urbanizadas pertencentes à bacia, tanto na situação atual como nas previstas pelo plano diretor. É necessário obter o perfil geológico, por meio de sondagens, ao longo do traçado projetado para a tubulação, se houver suspeita da existência de rochas

subsuperficiais, para que se possa escolher o traçado definitivo com um mínimo de escavação em rocha.

Por fim, deve-se ter informações sobre os níveis máximos do curso de água no qual será efetuado o lançamento final, assim como do levantamento topográfico do local deste lançamento. Deve-se prever também o levantamento da qualidade da água antes do lançamento e após o lançamento para que sejam tomadas medidas de controle de poluição.

O sistema de drenagem é composto de uma série de unidades e dispositivos hidráulicos, associados à pavimentação, com objetivo de garantir as características de tráfego e conforto dos usuários. A microdrenagem é composta pelo traçado da rede pluvial, bocas-de-lobo, poços de visitas e galerias circulares. Outros termos usualmente utilizados são apresentados no que segue:

- Greide - é uma linha do perfil correspondente ao eixo longitudinal da superfície livre da via pública;
- Guia - também conhecida como meio-fio, é a faixa longitudinal de separação do passeio com o leito viário, constituindo-se geralmente de concreto argamassado, ou concreto extrusado e sua face superior no mesmo nível da calçada;
- Sarjeta - é o canal longitudinal, em geral triangular, situado entre a guia e a pista de rolamento, destinado a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coleta.
- Sarjetões - canal de seção triangular situado nos pontos baixos ou nos encontros dos leitos viários das vias públicas destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destas para os pontos de coleta;
- Bocas coletoras - também denominadas de bocas-de-lobo, são estruturas hidráulicas para captação das águas superficiais transportadas pelas sarjetas e sarjetões; em geral situam-se sob o passeio ou sob a sarjeta;
- Caixas de ligação – são caixas que recebem os tubos de ligação onde estão as bocas-de-lobo;
- Galerias - são condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras e ligações privadas até os pontos de lançamento ou nos emissários, com diâmetro mínimo de 0,40 m;

- Condutos de ligação - também denominados de tubulações de ligação, são destinados ao transporte da água coletada nas bocas coletoras até as caixas de ligação ou poço de visita;
- Poços de visita e ou de queda - são câmaras visitáveis situadas em pontos previamente determinados, destinadas a permitir a inspeção e limpeza dos condutos subterrâneos;
- Trecho de galeria - é a parte da galeria situada entre dois poços de visita consecutivos;
- Emissários - sistema de condução das águas pluviais das galerias até o ponto de lançamento;
- Dissipadores - são estruturas ou sistemas com a finalidade de reduzir ou controlar a energia no escoamento das águas pluviais, como forma de controlar seus efeitos e o processo erosivo que provocam;
- Bacias de drenagem - é a área abrangente de determinado sistema de drenagem.

A concepção do sistema é a fase mais importante do projeto, pois definirá as linhas básicas do traçado das redes, localização dos poços de visita e bocas-de-lobo, e pontos de lançamento no sistema de drenagem. A primeira atividade será o lançamento da rede básica principal sobre o arruamento da área, utilizando os elementos topográficos disponíveis e a rede de drenagem existente.

Para estudar a configuração da drenagem é necessário realizar um processo interativo com o projetista do arranjo urbanístico da área, principalmente para que se obtenha um melhor aproveitamento das áreas de detenção ou retenção, de acordo com a filosofia de projeto da área. O sistema de galerias deve ser planejado de forma integrada, proporcionando a todas as áreas, condições adequadas de drenagem.

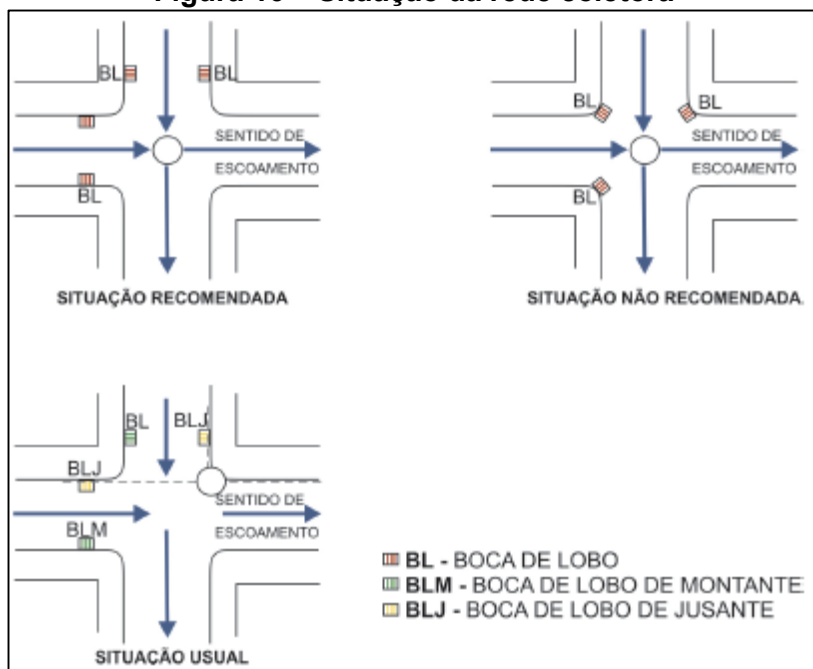
Nos projetos de macrodrenagem devem constar dados da localização e de projetos da rede coletora, das bocas-de-lobo, poços de visita, ruas e suas sarjetas, além da locação das galerias.

6.1 REDE COLETORA

A rede coletora é o conjunto de galerias e tubulações de ligação, Figura 16, que deverá ser lançada em planta baixa, de acordo com as condições naturais do escoamento superficial. No caso de galerias circulares, conduzindo as águas pluviais

para canais principais ou cursos d'água receptores, as redes deverão contar com diâmetro mínimo de 0,40 m. No desenvolvimento do projeto, deverão ser adotados diâmetros comerciais correntes usualmente iguais a: 0,40; 0,50; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20; 1,50; 1,80 e 2,00 m.

Figura 16 – Situação da rede coletora



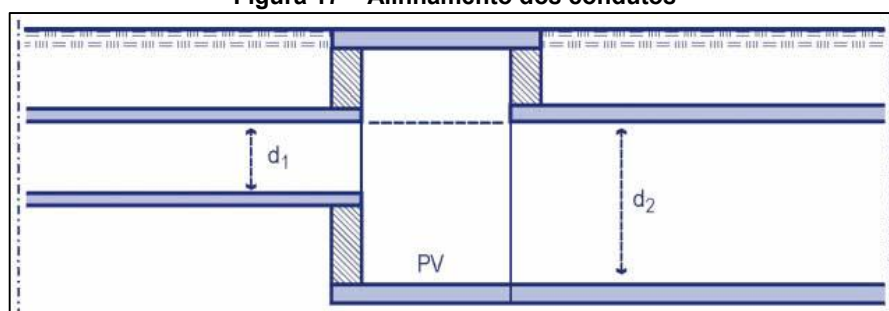
Fonte: Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

As redes coletoras ou galerias pluviais deverão ser capazes de escoar a vazão de projeto considerando uma relação entre lâmina d'água e diâmetro igual ou menor a 0,80 (premissa: conduto livre, não forçado). A velocidade máxima admissível será determinada em função do material a ser empregado na rede. Para tubo de concreto, a velocidade máxima admissível será de 5,0 m/s e a mínima de 0,75 m/s.

Nos casos em que a declividade do terreno for muito grande, pode-se admitir velocidades de até 7 m/s, desde que sejam verificadas as alturas de carga nos poços de queda.

Nas mudanças de diâmetro, os tubos deverão ser alinhados pela geratriz superior, Figura 17.

Figura 17 – Alinhamento dos condutos



Fonte: Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

A capacidade máxima das galerias pode ser quantificada pelo método dos parâmetros adimensionais (Azevedo Netto, 1998), sendo que para galeria circular com relação $y/D = 0,80$, tem-se:

$$Q = \frac{0,3046 \cdot D^{8/3} \cdot I^{1/2}}{n}$$

E para galeria retangular com $y/b = 0,50$:

$$Q = \frac{0,1984 \cdot b^{8/3} \cdot I^{1/2}}{n}$$

Onde:

y = altura da lâmina d'água (m)

D = diâmetro da galeria circular (m)

b = largura da galeria retangular (m)

I = inclinação estimada do trecho de galeria (m/m)

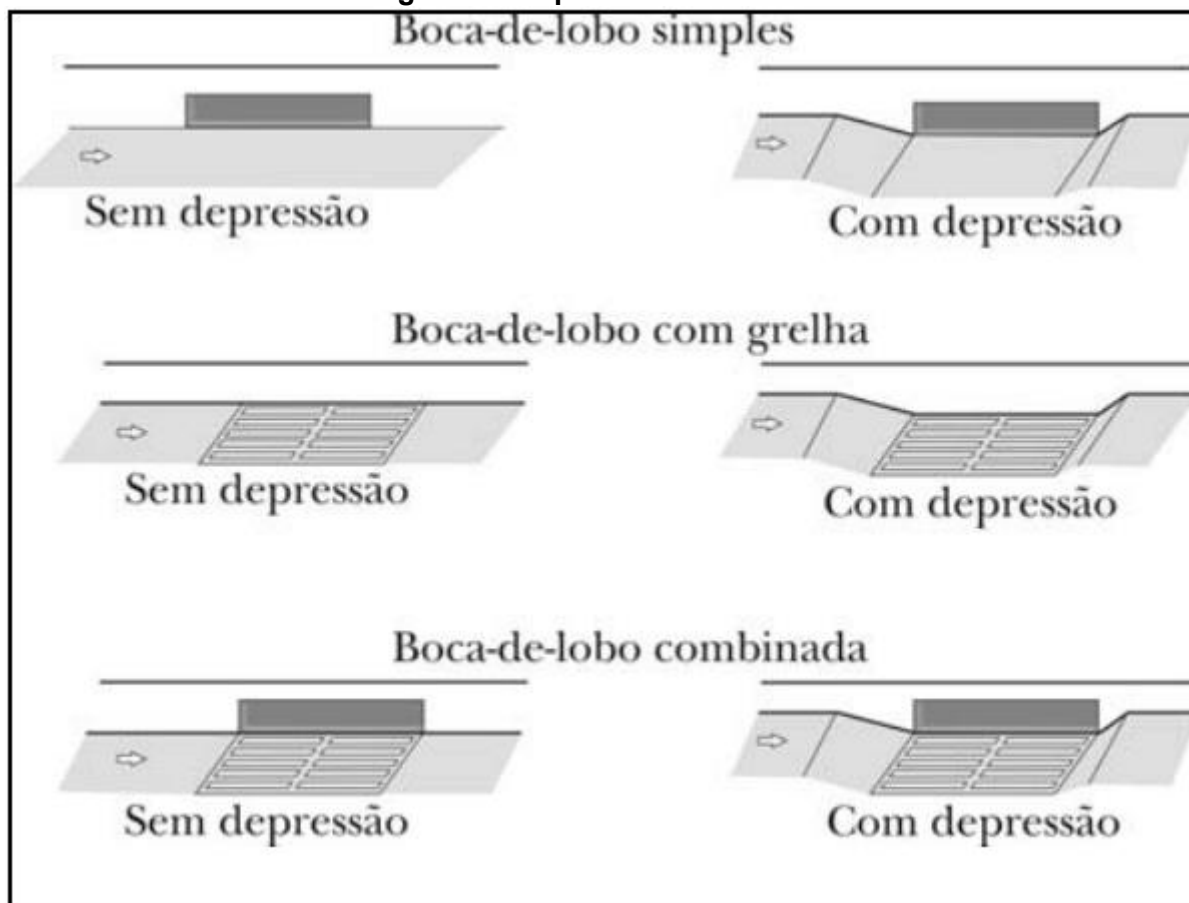
n = coeficiente de rugosidade de Manning.

6.2 BOCAS-DE-LOBO

As bocas-de-lobo são equipamentos de captação de água pluvial instalados juntos as sarjetas, que encaminham a água coletada para a rede de drenagem pluvial e dali para um emissário, lago, lagoa ou etc. Podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guias; ralos de sarjetas (grelhas); ralos combinados (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA/COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1980), com ou sem depressão (Figura 18). A água, ao

se acumular sobre a boca-de-lobo com entrada pela guia, gera uma lâmina d'água mais fina que a altura da abertura no meio-fio, fazendo com que a abertura se comporte como um vertedouro de seção retangular. As bocas-de-lobo e suas caixas de ligação devem permanecer limpas e desobstruídas de folhas de árvore, materiais particulados ou de resíduos sólidos, para que não impeça o correto escoamento das águas.

Figura 18 - Tipos de boca-de-lobo



Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (1980)

A localização das bocas-de-lobo deve ser compatível com a capacidade máxima de escoamento das sarjetas ou sarjetões. É necessário colocar bocas-de-lobo nos pontos mais baixos do sistema, com vistas a impedir alagamentos e águas paradas em zonas mortas. Em geral, adota-se uma distância máxima de 40 m entre as bocas-de-lobo. Evita-se locá-las em esquinas/cruzamentos e interligar mais que quatro bocas-de-lobo por meio de tubos de ligação.

As canalizações de ligação entre bocas-de-lobo e destas aos poços de vista deverão ter diâmetro de 0,40 m e declividade mínima de 1%. Quando não existir

possibilidade dessas ligações serem feitas diretamente, as bocas-de-lobo deverão ser ligadas em postos de visitas acopladas à galeria.

O funcionamento hidráulico das bocas-de-lobo sofre influência das declividades transversais e longitudinais, da geometria da seção transversal e das rugosidades da sarjeta e da superfície do pavimento sobre a qual parte da água escoar. A forma de abertura da boca-de-lobo também interfere na quantidade de água captada. A boca ou ralos são consideradas de menor eficiência hidráulica, enquanto a grelha com depressão possui a maior eficiência (COELHO; LIMA, 2011).

A água, ao se acumular sobre a boca-de-lobo com entrada pela guia (sem depressão), gera uma lâmina d'água mais fina que a altura da abertura no meio-fio, fazendo com que a abertura se comporte como um vertedouro de seção retangular, cuja capacidade de captação é (TOMAZ, 2011):

$$Q = 1,60Ly^{3/2}$$

Onde:

Q = vazão de engolimento (m³/s)

y = altura da lâmina d'água próxima à abertura da guia, sendo $y \leq h$;

h = altura da abertura na guia (m), e;

L = comprimento da soleira (m)

Se a altura da lâmina d'água superar o dobro da abertura na guia, a vazão é calculada pela seguinte expressão:

$$Q = 3,10 Lh^{3/2} \sqrt{\frac{2y - h}{2h}}$$

Onde:

Q = vazão (m³/s)

h = altura da abertura na guia (m)

L = comprimento da soleira (m)

y = altura da lâmina d'água próxima à abertura da guia (m), e;

A opção por uma ou outra fórmula para $h < y < 2h$, fica a critério do projetista. A abertura máxima na guia deve ser de 15 cm (TOMAZ, 2011 *apud* Haestad Method, 2002).

Para lâminas d'água de profundidade inferior a 12 cm, as bocas-de-lobo com grelha funcionam como um vertedouro de soleira livre, cuja equação é (TOMAZ, 2011):

$$Q = 1,66Py^{3/2}$$

Onde:

Q = vazão de engolimento da grelha (m³/s)

y = altura da lâmina d'água próxima à abertura da guia (m), e;

P = perímetro da boca-de-lobo (m)

Se um dos lados da grelha for adjacente ao meio-fio, o comprimento deste lado não deve ser computado no cálculo do valor de P.

Se a profundidade da lâmina for maior que 42 cm, a vazão deve ser calculada por:

$$Q = 2,91A\sqrt{y}$$

Onde:

Q = vazão (m³/s)

y = altura da lâmina d'água próxima à abertura da guia (m), e;

A = área livre da grade (m²) (assim, as áreas das grades devem ser excluídas)

Como no caso anterior, o projetista deve se encarregar do critério a ser adotado para $12 \text{ cm} < y < 42 \text{ cm}$.

Teoricamente, a capacidade de captação das bocas-de-lobo combinadas é aproximadamente igual à soma das vazões pela abertura na guia e pela grelha.

A capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo é menor que a calculada devido a vários fatores, entre os quais: obstrução causada por detritos, irregularidades nos pavimentos das ruas junto às sarjetas e alinhamento real. No Quadro 5 são propostos alguns coeficientes para estimar essa redução.

Quadro 5 - Fatores de redução da vazão de engolimento de bocas-de-lobo

Tipo de boca-de-lobo	% sobre o valor teórico
de guia	80
com grelha	50
combinada	65

Fonte: Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

Quando lançada em via pública (sarjeta), a água pluvial de determinado lote não deve ser superior ao limite da capacidade da boca-de-lobo existente na localidade.

6.3 POÇOS DE VISITA

A colocação dos poços-de-visita deve atender à necessidade de visita em mudanças de direção, de declividade e de diâmetro e ao entroncamento dos trechos (máximo 4, sendo 3 entradas e uma saída). O afastamento entre poços de visita consecutivos deve ser o máximo possível, por critérios econômicos. DAEE/CETESB (1980) sugere espaçamento de 120 metros entre os poços de visita para tubulações com diâmetro mínimo (0,30m - 0,40m); 150 metros entre poços de visita para tubulações com diâmetro de 0,50m até 0,90m, e; 180 metros entre poços de visita para tubulações maiores que 0,90m de diâmetro. Esses poços podem ser aproveitados como caixas de ligação, unindo as bocas-de-lobo às galerias.

6.4 RUAS E SARJETAS

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 ruas abaixo. Se a vazão for excessiva ocorrerá alagamentos, inundação de calçadas e; erosão do pavimento devido à velocidade excessiva das águas.

A capacidade de condução das ruas e sarjetas pode ser calculada por duas hipóteses: 1) água escoando por toda a calha da rua; 2) água escoando somente pela sarjeta. No caso da segunda hipótese, a vazão para sarjeta triangular pode ser expressa por:

$$Q = \frac{0,376 \cdot S_x^{1,67} \cdot S_L^{0,6} \cdot T^{2,67}}{n}$$

Onde:

Q = vazão da sarjeta de seção triangular (m³/s);

Sx = declividade transversal da sarjeta (m/m);

SL = declividade longitudinal da sarjeta (m/m);

T = largura da superfície livre da água na rua (m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning (= 0,016 para revestimento asfáltico com textura áspera).

A velocidade máxima da água conduzida pela sarjeta não deve inferior a 0,5 m/s ou superior a 3 m/s. A velocidade da sarjeta (v) pode ser calculado conforme segue:

$$v = \frac{0,752 \cdot S_x^{0,67} \cdot S_L^{0,5} \cdot T^{0,67}}{n}$$

Onde:

v = velocidade da água em sarjeta de seção triangular (m/s);

Sx = declividade transversal da sarjeta (m/m);

SL = declividade longitudinal da sarjeta (m/m);

T = largura da superfície livre da água na rua (m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning (= 0,016 para revestimento asfáltico com textura áspera).

Deve-se levar em conta que a tensão de cisalhamento junto às paredes da sarjeta é irregular, devido à profundidade transversalmente variável, o que ocasiona um escoamento não-uniforme, mesmo quando em regime permanente. Se a água da sarjeta se acumula em torno da boca-de-lobo, as características da boca-de-lobo serão mais determinantes na altura do escoamento que a sarjeta.

As capacidades de escoamento das sarjetas podem sofrer redução no valor calculado. A fim de aproximar o resultado teórico das limitações existentes nos casos reais, uma vez calculada a capacidade teórica, multiplica-se o seu valor por um fator de redução, que leva em conta a possibilidade de obstrução de sarjetas de pequenas declividades por sedimentos, apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 – Fator de redução de escoamento da sarjeta

Declividade da Sarjeta (%)	0,4	1 a 3	5	6	8	10
Fator de Redução	0,5	0,8	0,5	0,4	0,27	0,2

Fonte: Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

6.5 GALERIAS

O dimensionamento das galerias é realizado com base nas equações hidráulicas de movimento uniforme, como a de *Manning*, *Chezy* e outras. O cálculo depende do coeficiente de rugosidade e do tipo de galeria adotado. O Quadro 7 apresenta valores do coeficiente de rugosidade de Manning conforme característica do canal analisado. Em resumo, o processo de cálculo é igual ao estabelecido para as redes coletoras (item 6.1).

Quadro 7 - Valores do coeficiente de rugosidade de *Manning*

Características	n
Canais retilíneos com grama de até 15 cm de altura	0,30 - 0,40
Canais retilíneos com capins de até 30 cm de altura	0,30 - 0,060
Galerias de concreto pré-moldado com bom acabamento	0,011 - 0,014
Sarjeta moldado no local com formas metálicas simples	0,012 - 0,014
Sarjeta moldado no local com formas de madeira	0,015 - 0,020
Sarjeta em asfalto suave	0,013
Sarjeta em asfalto rugoso	0,016
Sarjeta em concreto suave com pavimento de asfalto	0,014
Sarjeta em concreto rugoso com pavimento de asfalto	0,015
Sarjeta em pavimento de concreto	0,014 - 0,016
Pedras	0,016

Fonte: Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

Além disso, existe o problema da determinação das declividades e dimensões mais econômicas. No entanto, as seguintes normas devem orientar a escolha desses parâmetros:

- r condutos de no mínimo 40 cm de diâmetro, para evitar obstruções, e declividade mínima de 0,5%. O(A) projetista poderá calcular a tensão trativa, de modo que seja sempre superior a 2 Pa;
- Nunca se deve diminuir as seções à jusante, pois qualquer detrito que venha a se alojar na tubulação deve ser conduzido até a descarga final;
- Para que se minimize o volume de escavação, a declividade dos condutos deve se adaptar o máximo possível da declividade do terreno;

- O ajuste nas conexões de condutos de seções diferentes deve ser feito pela geratriz superior interna. Porém, isto não se aplica a junções de ramais secundários que afluem em queda aos poços de visita.
- Evitar mudanças bruscas de direção e traçados suscetíveis à produção remanso e ressalto hidráulico. Garantir a distribuição uniforme do escoamento para galerias compostas por duas ou mais tubulações.

7 PROJETOS DE MACRODRENAGEM

A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. Quando é mencionado o sistema de macrodrenagem, as áreas contribuintes costumam ser de pelo menos 2 km² ou 200 ha. Estes valores não devem ser tomados como absolutos porque a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações. O sistema de macrodrenagem deve ser projetado com capacidade superior ao de microdrenagem, com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005).

Para a elaboração de soluções para a macrodrenagem sugerimos a adoção de modelos de acordo com as características do sistema e do problema. Os modelos são subdivididos nos seguintes módulos: bacia de detenção ou retenção e canal (ou conduto). No módulo bacia de detenção ou retenção o escoamento é amortecido nos reservatórios urbanos sendo utilizado modelos de transformação de chuva em vazão de projeto. No módulo canal o escoamento é transportado pelos canais e condutos através do sistema de drenagem natural ou artificial.

7.1 BACIAS DE DETENÇÃO E RETENÇÃO

Assim como apresentado no item 5.3.2, os reservatórios de detenção e retenção também podem ser aplicados na rede de macrodrenagem. O planejamento e projeto de obras de detenção e retenção é muito mais do que um simples exercício de hidrologia e de hidráulica. Existem muitos aspectos técnicos que devem ser cuidadosamente considerados além da hidrologia e da hidráulica. Destacam-se:

- A determinação da inclinação máxima de talude para escavação de reservatórios de armazenamento em locais potencialmente favoráveis para isso, assim como de pequenos levantamentos em valas naturais que ofereçam condições propícias para armazenamento;
- A estimativa da carga anual de transporte de material sólido da bacia tributária, verificando se será necessário prever bacia (s) de sedimentação ou outros meios de controle de sedimentos;
- A seleção das variedades de vegetações para proteção de taludes que resistam a inundações ocasionais que possam durar várias horas ou mesmo vários dias.

Devem também ser consideradas as condicionantes e as necessidades de natureza não técnica, dentre as quais se ressaltam:

- A análise das necessidades da comunidade local, inclusive as relativas à recreação de modo a inserir as possíveis obras de retenção e retenção num contexto de uso múltiplo;
- A análise dos riscos que possam comprometer as condições de segurança e prever os meios de mitigá-los;
- A procura dos caminhos adequados, tendo em vista o financiamento de desapropriações, construção e manutenção das obras.

Do ponto de vista hidrológico/hidráulico, o dimensionamento de um reservatório envolve basicamente três elementos:

- Dimensionar o volume total de armazenamento;
- Dimensionar a sua estrutura de entrada;
- Dimensionar a sua estrutura de saída.

Todos esses componentes estão tecnicamente conectados e eles são determinados em função do grau de proteção requerido pelo reservatório e pelo sistema de obras no qual ele está inserido. Recomenda-se que o dimensionamento dessas estruturas seja feito interativamente (por tentativas). Inicia-se estabelecendo um volume útil preliminar, depois, estabelecendo a estrutura de saída (orifícios, vertedores etc) e por fim fazendo o *routing* (Tomaz, 2011). Verificar se o hidrograma de saída corresponde ao desejado, isto é, se reduz significativamente o risco de inundação.

As saídas de fluxo dos reservatórios são reguladas por dispositivos hidráulicos fixos, tais como: vertedores, orifícios, condutos de fundo e reguladores móveis, automáticos ou de controle remoto.

Os vertedores de emergência são, geralmente, de parede espessa, com borda livre de 30 a 60 cm acima da cota máxima de projeto. A equação utilizada é:

$$Q = C_d L h^{3/2}$$

onde:

C_d = coeficiente para vertedores de parede espessa, que varia entre 1,55 e 1,71 m, sendo o mais frequente 1,66;

L = largura do vertedor;

h = diferença entre o nível de água e a cota da soleira do vertedor.

O funcionamento do orifício (Figura 19) depende da carga acima dele e do seu afogamento a jusante. O dimensionamento desse tipo de saída da barragem de retenção pode ser realizado como bueiro. A vazão de orifícios é obtida por:

$$Q = C_d A \sqrt{2gh}$$

Onde:

C_d = coeficiente de descarga (esse valor é, muitas vezes, adotado entre 0,6 e 0,7);

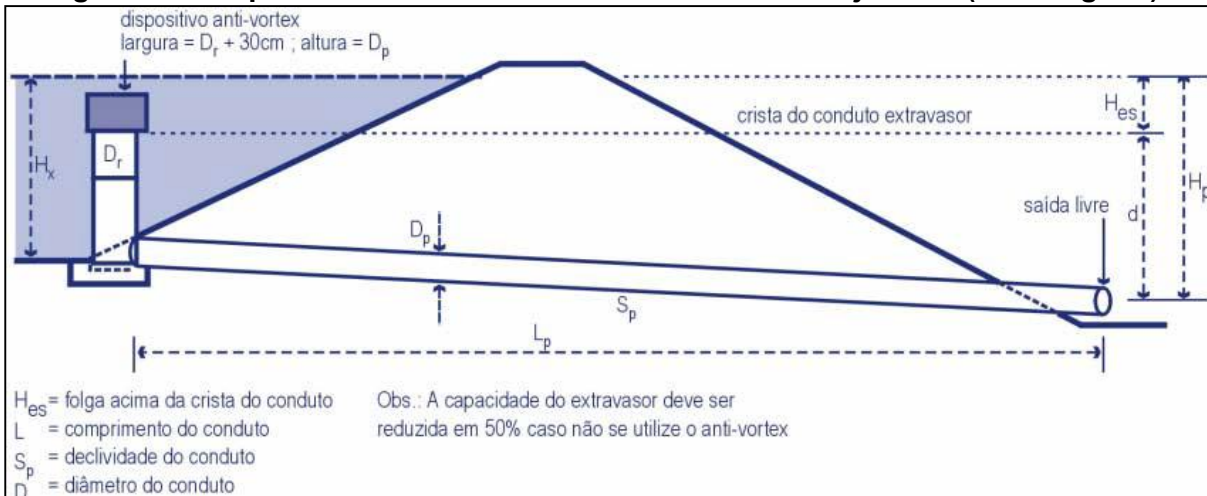
A = área da seção transversal do orifício (m²);

h = diferença entre o nível de água e o centro da seção do orifício (m);

g = aceleração da gravidade (m²/s).

Essa equação é utilizada para orifício não afogado a jusante (Figura 20).

Figura 19 - Dispositivo de saída: orifício com saída livre a jusante (não afogado).



Fonte: Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

Já os reguladores de controle podem ser mecânicos e auto-reguláveis, ou mesmo de controle remoto. O controle é, em geral, baseado no monitoramento do nível do sistema. Devido aos entupimentos e falhas de alguns dispositivos, é recomendável que o sensor monitore a jusante do dispositivo de saída (Tucci & Bertoni, 2021).

7.2 CANAIS

A adoção de canais abertos em projetos de drenagem urbana deve ser sempre prioritária, em especial as que mantenham as características naturais dos corpos d'água. Esse tipo de medida possibilita veiculação de vazões superiores à de projeto mesmo com prejuízo da borda livre, são de fáceis manutenção e limpeza, permitem a possibilidade de adoção de seção transversal de configuração mista com maior economia de investimentos

Além disso, é importante que sejam utilizadas medidas que possibilitem a integração paisagística com valorização das áreas ribeirinhas, inclusive com maior facilidade para ampliações futuras caso seja necessário.

8 CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO E CONTROLE DOS IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO URBANO SOBRE O SISTEMA DE DRENAGEM

O rápido crescimento urbano tem provocado um aumento excessivo das superfícies impermeabilizadas sobre o solo original. Este fato contribui para a interrupção do ciclo hidrológico natural. Em zonas urbanas consolidadas, 90% das chuvas podem transformar-se em escoamento superficial, trazendo aumento da vazão, inclusive em chuvas de curta duração e baixa intensidade. Este problema aumenta com o incremento dos padrões de chuva (FUNDACIÓN CONAMA, 2018).

Os maiores impactos causados pelo incremento das chuvas intensas são: aceleração da velocidade e degradação dos canais; declínio da qualidade da água devido à lavagem de poluentes acumulados nas superfícies impermeáveis e aumento no assoreamento e erosão dos solos em áreas permeáveis devido ao aumento do escoamento; diminuição da reserva de água subterrânea, resultando em diminuição dos fluxos de tempo seco, água de menor qualidade nos canais durante as baixas vazões, aumento da temperatura da água nos canais e maior carga poluente anual; aumento das inundações; transbordamentos combinados de esgoto sanitário devido à infiltração e afluxo de águas pluviais, danos à vida aquática resultante do acúmulo de sólidos em suspensão, e aumento dos riscos para a saúde dos seres humanos devido aos resíduos sólidos, que também podem colocar em risco e destruir fontes alimentares ou habitats da vida aquática (FLOW, 2003 apud EPA, 2004).

Além dos problemas de poluição do canal há os referentes aos sistemas convencionais de drenagem, que são: descargas dos sistemas unitários, contaminação difusa, custos da gestão centralizada, desperdício do recurso potencialmente aproveitável, incremento das vazões a jusante (PHILIP, 2011). Também há que adicionar os efeitos da mudança climática que pode causar períodos mais frequentes de chuvas intensas, conforme histórico dos últimos 30 anos no sul do Brasil (FUNDACIÓN CONAMA, 2018; MARENGO, 2014).

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2018) espera-se que haja aumento da frequência e severidade das enchentes e das secas, decorrentes das mudanças climáticas. Para reduzir os riscos das mudanças climáticas, uma das principais estratégias é a adaptação. A adaptação inclui a combinação da tecnologia, engenharia e das opções naturais; assim como medidas

institucionais e sociais para conter os danos e explorar oportunidades da mudança climática (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2020).

A solução é promover, através da drenagem sustentável e das soluções baseadas na natureza, a distribuição da chuva na totalidade do território urbanizado, integrada com espaços públicos e edificações, aproveitando a operatividade da paisagem natural, especialmente a vegetação. Desta forma, permite-se captar água com máxima qualidade e com maior cota altimétrica, o que facilita o seu aproveitamento (FUNDACIÓN CONAMA, 2018).

Um sistema de drenagem mais integrado entende a água das chuvas como um recurso e busca infiltrá-la para recarregar os aquíferos e assim gradualmente manterem os corpos d'água. Assim como percebe esta água como uma fonte para utilização. A água é tratada, pois possui poluentes atmosféricos e do arraste das superfícies por onde escoam, de forma descentralizada e em sistemas naturais por meio do solo, lagoa e vegetação. O sistema de drenagem urbano é planejado para melhorar a paisagem e prover meios de recreação. Além de restaurar e proteger os ecossistemas urbanos para manter e melhorar os habitats naturais (JIN, 2011).

A distribuição da vazão no tempo resulta da influência mútua de todos os componentes do ciclo hidrológico entre a precipitação e a vazão na bacia hidrográfica. Após o início da chuva, existe um intervalo de tempo até que o nível começa a elevar-se. Este atraso é devido às perdas pela interceptação vegetal e depressões do solo, além do tempo de deslocamento da água, característico de cada bacia hidrográfica. A elevação da vazão até o pico apresenta geralmente um gradiente maior que a parte posterior, sendo assim, o escoamento superficial processo predominante neste período, refletindo a resposta ao comportamento aleatório da precipitação. Em função da distribuição da precipitação, o hidrograma atinge o máximo e apresenta a seguir a recessão onde é observado normalmente um ponto de inflexão. Este ponto caracteriza o fim do escoamento superficial, que demonstra uma resposta rápida, e a predominância do escoamento subterrâneo, que escoam pelo solo poroso e apresenta um tempo de retardo maior (TUCCI, 1993a).

A inundação e as enxurradas são fenômenos naturais que ocorrem pelo planeta de acordo com as características da região (vegetação, clima, topografia, solo, etc). Quando estes fenômenos ocorrem em locais onde há presença humana, eles provocam danos materiais e humanos à sociedade, ou seja, há exposição e são tratados como desastres naturais (MICHEL et al., 2012).

Os rios ocupam normalmente seu leito menor ou primário, mas com a ocorrência de chuvas ocorre o aumento da vazão e este ocupa o seu leito maior ou secundário, provocando o que se denomina enchente. Quando ocorrem chuvas intensas, a tendência é que o rio ocupe sua planície de inundação (várzea). Caso esta área esteja ocupada por edifícios, ruas, avenidas; pode haver o risco de desastre.

8.1 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS

As medidas de uso e ocupação do solo devem ser incorporadas pelo Plano Diretor de Organização Físico Territorial de Jaraguá do Sul, incluindo parâmetros de zoneamento para as áreas de risco e índices de redução da impermeabilização do solo. Orienta-se a incorporação no plano diretor do zoneamento de inundação; assim como das áreas de susceptibilidade aos movimentos gravitacionais de massa.

O monitoramento da impermeabilização do solo deve ser feito periodicamente, com sugestão de a cada 6 meses, no máximo 1 ano. Esse monitoramento poderá ser realizado através do mapa de uso do solo, atualizando e avaliando a porcentagem da área urbana impermeabilizada, de acordo com o uso e as características da pavimentação.

A proposta de controle de uso e ocupação do solo visa controlar o impacto da expansão urbana na drenagem e no sistema pluvial da cidade. Para estabelecer as zonas das áreas de risco foram consideradas as áreas de suscetibilidade, os estudos de cheias e o diagnóstico do município. Desta forma, se propõe a implantação de três zonas: zona de passagem de enchentes, zona com restrições e zona com baixo risco; apresentadas no Produto 3 – Proposições para o sistema de drenagem urbana.

A impermeabilização potencializa as condições para inundação degradando o meio ambiente, e deve ser responsabilidade dos proprietários dos lotes cumprir com as condições de permeabilidade colaborando com a compatibilização de drenagem. A intenção é acumular o máximo possível dos excedentes da chuva para retardar o pico das enchentes visando recuperar as condições de escoamento e infiltração como era antes do processo de urbanização.

Os novos parcelamentos do solo deverão prever o limite de vazão máxima específica de saída para a rede pública. Os lotes que não conseguirem manter a permeabilidade, compatível com a sua pré-ocupação, deverão captar o equivalente a área impermeável por meio dos dispositivos de absorção e retenção de águas pluviais.

Considerando os impactos no sistema de drenagem e a falta de um índice de permeabilidade do solo no zoneamento urbano de Jaraguá do Sul, indica-se como medida estruturante a regulamentação de uma proporção do solo a ser permeável nos lotes urbanos. Destaca-se a previsão de algumas formas de compensação de permeabilidade por meio de implantação de sistemas de coleta de água da chuva.

Desta forma, é importante que haja fiscalização de rotina nas obras para averiguação da instalação do sistema de esgotamento sanitário individual ou da ligação ao sistema público, quando disponível. Além do mais, cabe averiguar se a ligação no sistema público está adequada para evitar que haja a ligação no sistema de microdrenagem. Também é importante que haja autonomia legal para o órgão fiscalizador poder retirar os materiais e aplicar notificações e multas aos infratores.

8.2 CONTROLE DOS IMPACTOS

As diretrizes, seus objetivos e ações do Plano Municipal de Drenagem Urbana apresentam as formas de controle dos impactos advindos de falhas do sistema de drenagem urbana, assim como a meta a ser alcançada com cada objetivo, apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8 – Diretrizes do Plano Municipal de Saneamento Básico

Objetivo	Justificativa	Meta / Controle do impacto
Mitigação das inundações	Mitigar os eventos de inundação e seus consequentes danos	Diminuição em 70% dos danos causados por inundação no município de Jaraguá do Sul até 2040
Melhoria do sistema de microdrenagem	Ocorrências de alagamento ocorrem por falhas no sistema de microdrenagem	Reduzir os índices de alagamento em 60% até 2030 / em 80% até 2040 / em 90% até 2051
Reestruturação do Plano Diretor de Organização Física Territorial	Regulamentar grande parte das medidas propostas no PMDD	Implementação das ações propostas do PMDD no plano diretor do município de Jaraguá do Sul até o ano de 2024
Controle do escoamento no lote	Reduzir o volume de água escoada superficialmente, aumentando a vida útil do sistema de microdrenagem e mitigando problemas de alagamento	Reduzir os índices de alagamento em 60% até 2030 / em 80% até 2040 / em 90% até 2051

Objetivo	Justificativa	Meta / Controle do impacto
Melhoria da gestão do sistema de microdrenagem	Ocorrências de alagamento ocorrem por falhas no sistema de microdrenagem	Reduzir os índices de alagamento em 60% até 2030 / em 80% até 2040 / em 90% até 2051
Melhoria da gestão do sistema de macrodrenagem	Mitigar os eventos de inundação e seus consequentes danos, através da gestão da água urbana	Reduzir os danos causados por eventos de inundação em 70% até o ano de 2040
Educação ambiental	Fundamental para que as demais ações propostas sejam apoiadas e compreendidas pelos munícipes	Alcançar todos os domicílios com campanha educativa sobre saneamento básico e a prevenção de riscos de desastres
Melhoria da qualidade de água pluvial	Prevenir a contaminação das águas de mananciais	Entregar a água pluvial aos rios sem aumentar os sólidos em suspensão, até o ano de 2030

Fonte: Evolua Ambiental (2021)

8.3 GERENCIAMENTO DE CONTINGÊNCIAS

O gerenciamento de contingências é realizado através de um plano que deve compreender fundamentalmente os seguintes itens:

- Sistema de alerta e monitoramento em tempo real das chuvas e dos níveis d'água, apoiado em informações meteorológicas também obtidas em tempo real;
- Centro de gerenciamento de emergências, onde são processadas as informações do sistema de alerta e encaminhadas às instâncias administrativas, técnicas e de defesa civil;
- Unidades operacionais incumbidas de mobilizar meios humanos e materiais necessários para a avaliação em campo das emergências e acionamento das instâncias competentes e aptas para a mobilização dos recursos que se fizerem necessários para o seu atendimento.

8.3.1 Monitoramento em tempo real e previsões

Em 2012 o Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA) da Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB) em parceria com a Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul e a Fundação Jaraguense de Meio Ambiente

(FUJAMA) elaborou o Mapeamento de Áreas de Risco a Inundação e a Implantação do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias (PINHEIRO, 2012). Este documento deve ser utilizado como base para a implantação do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias para Jaraguá do Sul.

Os sistemas de alerta necessitam de monitoramento das condições hidrometeorológicas e por isso devem estar integrados com órgãos do Governo Estadual como a Defesa Civil e do Governo Federal como o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN). Além do mais, é importante que haja a implantação de uma política pública municipal com foco na prevenção e mitigação de desastres, mas que também esteja preparada para os momentos em que este é iminente; ou seja, nas fases de preparação, resposta e reconstrução.

Um bom sistema de alerta comunica a população para o risco de desastre e a mesma, consciente de seu papel, toma medidas para diminuir os danos e preservar sua vida e daqueles que estão a sua volta. Sistemas de alerta bem geridos, diminuem as perdas e tornam os municípios mais conscientes de seu papel.

A responsabilidade por implantar essas medidas em nível municipal é da Secretaria de Defesa Civil, mas que precisa de parceria com o responsável pelo saneamento básico, como é o Samae em Jaraguá do Sul. Uma cidade melhor preparada implanta ações diversas para evitar perdas materiais, econômicas e de vidas.

8.3.2 Diretrizes para plano de contingências

A formulação de um plano de contingências deve considerar as características do sistema proposto. É importante compreender as relações que há entre o sistema de drenagem urbano e manejo de águas pluviais com as demais áreas da gestão pública, para que os papéis institucionais estejam claros.

Além do mais, a articulação e cooperação entre as áreas envolvidas é base para a boa governança e gestão do sistema. É relevante que o Samae tenha documentado o nome de cada instituição com:

- Descrição de sua influência sobre o sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais de Jaraguá do Sul;

- A legislação pertinente que lhe dá poderes para tal com o artigo, inciso, parágrafo, quando for o caso;
- Assim como a descrição do (s) responsável (is) atual (is) e seu (s) contato (s).

Essas informações acessíveis facilitam a tomada de decisão e resolução de situações emergenciais e facilita a descrição de como as pessoas, o meio ambiente e as propriedades serão protegidas durante as inundações.

Dentre as instituições, merecem destaque o próprio Samae Jaraguá do Sul, que além de ser o responsável pela drenagem urbana (responsabilidade limitada à dispositivos de até 800mm), também é pelo abastecimento público de água, coleta e tratamento de esgoto e manejo de resíduos sólidos. Além do mais, destacam-se as Secretarias Municipais de:

- Obras e Serviços públicos;
- Defesa Civil;
- Planejamento e Urbanismo;
- Assistência Social e Habitação;
- Saúde;
- Fundação Jaraguense de Meio Ambiente.

Como instituições independentes da Prefeitura de Jaraguá do Sul tem-se a Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS); o Conselho Municipal do Meio Ambiente; a Comissão Municipal de Tubulações; o Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (CERH/SC) e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu.

É importante identificar os recursos humanos, equipamentos, instalações, suprimentos e outros recursos disponíveis para atender às emergências, e como serão mobilizados; identificando ações que devam ser tomadas antes, durante e após a situação de emergência.

8.3.3 Estrutura do Plano de Contingência

Na estrutura do plano de contingência deve apresentar a finalidade para qual o plano foi elaborado; a descrição da situação de emergência para qual o plano foi realizado e a caracterização das áreas sujeitas ao plano.

A forma de operação, como sequência e finalidade das ações, deve ser apresentada contendo:

- Organização dos órgãos e estruturas de resposta;
- Dispositivos de monitoramento, alerta e acionamento;
- Condições de ativação do Plano de Emergência;
- Níveis de atuação e suas implicações;
- Sequência geral de ação antes, durante e depois da emergência;

Deverá estar descrito as atribuições de responsabilidades de cada órgão envolvido na resposta a emergências e com atribuições na implantação do plano. Isto abrange uma lista de atividades específicas para cada órgão. As instruções para uso do plano deverão estabelecer de forma sucinta as condições em que o plano será utilizado, assim como para a manutenção do plano, incluindo os procedimentos para revisão do plano, sua periodicidade e responsabilidades.

É importante que o Município contemple em seu planejamento orçamentário a disponibilidade de estoques de recursos financeiros e materiais que possam ser aplicados de forma ágil e imediata quando da verificação da ocorrência de emergências decorrentes das inundações urbanas.

9 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

A falha no gerenciamento da drenagem urbana é causadora direta de impactos negativos na qualidade das águas dos rios. Com o advento de chuvas intensas e aumento do escoamento superficial, materiais como os resíduos sólidos, que se encontram nas calçadas e ruas tendem a ser arrastados e comumente atingem as sarjetas e alcançam as bocas-de-lobo e bueiros, dificultando ou até mesmo impedindo a passagem de água.

A manutenção das vias para controle da vegetação indesejada por vezes utiliza produtos poluentes, além do uso indiscriminado de produtos químicos para o controle de pragas urbanas.

Todos esses pontos apresentados podem influenciar diretamente na qualidade da água pluvial, pois atingem os corpos de água como poluição difusa. Boas práticas de manejo do solo minimizam a contaminação dos cursos de água por fertilizante, agrotóxicos e a entrada de partículas em momentos de escoamento superficial ocasionados por chuvas intensas.

9.1 CONTROLE DA POLUIÇÃO POR CARGAS DIFUSAS

Fertilizantes e agrotóxicos oriundos de áreas agricultáveis atingem os corpos de água e contribuem para a poluição difusa. Esses produtos são aplicados no solo e em momentos de escoamento superficial causado por chuvas intensas são conduzidos pela água. Dependendo do uso do solo, essa poluição pode impactar gravemente a qualidade de água comprometendo seu uso. O bom manejo do solo também evita a erosão do mesmo, impedindo assim que suas partículas aumentem os sólidos em suspensão e turbidez da água; e ainda contribuam para o assoreamento dos rios.

Os serviços de terraplenagem e aterros em geral devem adotar medidas para evitar o carreamento de partículas de solo além da área que está sendo trabalhada. É importante que sejam seguidas medidas de controle para tal. Deve-se exigir contenção de solo na área do terreno. Além do mais, os caminhões utilizados nas obras e que precisem circular nas vias públicas também, devem fazê-lo com os pneus limpos. Essas medidas evitam que a água drenada arraste partículas que acabarão atingindo o sistema de drenagem e contribuam para o aumento dos sólidos em suspensão e turbidez da água, que prejudicam o abastecimento público e o

ecossistema fluvial. Desta forma, é relevante que o Samae firme parceria com a Secretaria Municipal de Planejamento e Urbanismo, para que esta adote essas medidas.

Outro problema comum que afeta a qualidade de água pelo arraste de partículas é a manutenção das estradas rurais. Dessa forma, deve-se adotar procedimentos operacionais que evitem o carreamento de materiais dessas estradas para os corpos hídricos. Geralmente a manutenção dessas vias é feita pela Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos, desta forma, ressalta-se novamente a importância da parceria interinstitucional entre o Samae e essa para a adoção de medidas mitigadoras.

A vigilância epidemiológica muitas vezes utiliza agroquímicos para o controle de pragas urbanas, para aniquilar insetos que causam patologias, por exemplo. Esse tipo de campanha deve ser executado por profissionais especializados e de forma cautelosa e controlada. A quantidade de produto químico a ser pulverizada necessita estar de acordo com a bula e a manipulação do produto deve ser feita de forma a evitar a entrada no sistema de microdrenagem (bocas-de-lobo, bueiros) e macrodrenagem (corpos de água). Também deve-se evitar o contato direto desses produtos com o solo, para que o mesmo não percole para camadas subterrâneas e atinja lençóis freáticos.

O controle de mato nas vias e praças muitas vezes é realizado com uso de agrotóxicos, conhecido como capina química, apesar de ser proibido desde 2009 pela Lei Estadual nº 14734/2009. Essa prática deve ser evitada para que esses produtos não atinjam o sistema de drenagem e a água subterrânea contribuindo para a poluição difusa. Além do prejuízo aos munícipes e operadores ao inalar tais substâncias. Pode-se adotar o controle de mato por meios físicos, como remoção, por exemplo. Esta atividade é responsabilidade da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos da Prefeitura de Jaraguá do Sul. O munícipe também deve ser conscientizado da proibição dessa prática e dos riscos por meio da Vigilância Sanitária.

Para evitar a contaminação por esgoto nos canais de drenagem, é importante que ocorra fiscalização em relação a ligação adequada da saída dos esgotos das edificações para a rede, nos locais onde há disponibilidade. Quando o tratamento é individual, também é necessário fiscalizar a presença e funcionamento dos sistemas de fossa séptica e filtro anaeróbio. É bastante corriqueiro que a população em geral

desconheça a importância da limpeza periódica das fossas. Orienta-se para ações de conscientização e fiscalização junto à Vigilância Sanitária.

Além do correto tratamento do esgoto doméstico, é de suma importância a separação efetiva das redes pluviais e sanitárias. A infiltração de águas pluviais na rede de esgoto doméstico aumenta o volume a ser tratado na estação, assim como a infiltração de efluente sanitário na rede de drenagem acaba por poluir os rios com o efluente não tratado. A separação das redes é uma das metas do Ministério do Desenvolvimento Regional (2015) e deve ser avaliada nos momentos de manutenção preventiva da rede de drenagem e da rede de esgotamento sanitário.

9.2 REVITALIZAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS

As medidas ótimas para gerenciamento de cargas difusas (do inglês *Best Management Practice*, BMP) é um conjunto de medidas capazes de reduzir o potencial poluidor das águas de drenagem, realizado através de ações sobre a bacia hidrográfica, com o intuito de reduzir a carga poluidora antes do lançamento dessas no corpo receptor. O manejo das águas pluviais pode ser feito através da revitalização de áreas verdes; controle do uso do solo urbano; regulamentação de áreas em construção; controle de ligações de esgoto clandestinas; varrição das ruas e manejo dos resíduos sólidos; e a educação da população.

A revitalização de áreas verdes, através da recuperação das matas ciliares, é de importância não somente para os recursos hídricos, como também para a recuperação ambiental da fauna e flora, a manutenção dos corredores ecológicos e a proteção do solo contra processos erosivos. O processo de recuperação da área de várzea demanda a elaboração de projeto para a recuperação da cobertura vegetal, controle da erosão do solo, recuperação e fixação de margens dos rios, recuperação das matas.

É necessário realizar um diagnóstico das áreas de várzea dos rios e comparar a situação atual com a situação ideal, considerando as condições ecológicas. A partir daí, será possível propor um novo cenário, considerando os usos e as restrições existentes. Além de buscar restabelecer as condições naturais do ambiente estudado. Quanto maior a área incorporada, maior as possibilidades de regeneração e maior o índice de eficiência do projeto de recuperação (BINDER, 1998).

O controle de uso e ocupação do solo, assim como a regulamentação de áreas em construção, é realizado através de regulamentação e legislação municipal. Os trabalhos devem ser elaborados em consonância com o Plano Diretor Físico Territorial, e demais normas relacionadas ao tema.

Através de ações consolidadas pelo Plano Municipal de Saneamento Básico, integra-se os quatros eixos no sistema de saneamento básico e as ações para o controle de ligações de esgoto clandestinas, através de fiscalização; e a integração da varrição das ruas e manejo dos resíduos sólidos. Consolidados pelo plano de educação ambiental que deve ser contínuo para que a população assuma sua responsabilidade, desempenhando seus deveres. Também é fundamental para que as demais ações propostas sejam apoiadas e compreendidas pelos munícipes.

10 LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO ASSOCIADA

Nos instrumentos de regulação são definidos os tipos de projetos, os estudos necessários (de acordo com as características dos mesmos), dando ênfase à adequação ambiental e controle da poluição, do qual a drenagem é um componente importante. Dentro deste contexto, o Estudo de Viabilidade Urbanística são solicitados para empreendimentos urbanos, buscando analisar o impacto sobre a infraestrutura urbana como a drenagem.

10.1 PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

A implementação do Plano Diretor de Drenagem deve ser regulamentada a partir de legislação específica abordando as diretrizes estabelecidas no relatório. Os critérios do Plano devem estabelecer os condicionantes do espaço para a drenagem urbana definindo que os novos empreendimentos devem manter as condições hidrológicas originais da bacia, através de amortecimento da vazão pluvial. A implantação de legislação de drenagem visa definir os usos das margens de inundação e o controle das ocupações.

Os princípios da regulamentação proposta baseiam-se no controle na fonte do escoamento pluvial, através do uso de dispositivos que amortecem o escoamento das áreas impermeabilizadas e/ou recupere a capacidade de infiltração, através de dispositivos permeáveis ou pela drenagem em áreas de infiltração.

10.2 DECRETO MUNICIPAL

O decreto municipal deve regulamentar as ações de planejamento e manejo das águas pluviais, abordando zonas de ocupações com usos restritos de acordo com as áreas de inundação, sistemas de drenagens e índices a serem abordados em lotes e loteamentos no momento de aprovação de projeto e no momento de regularização dos lotes.

A instituição de decreto que se baseia na padronização de elementos básicos para a regulamentação deve abordar a vazão máxima de saída a ser mantida em todos os desenvolvimentos urbano, o volume de retenção necessário à manutenção da vazão máxima citada no item anterior; e incentivar os empreendedores a utilizarem pavimentos permeáveis e outras medidas de controle na fonte da drenagem urbana.

10.3 REGULAMENTAÇÃO DO ZONEAMENTO DAS ÁREAS INUNDÁVEIS

A regulamentação do zoneamento das áreas inundáveis deve ser prevista no Plano Diretor Municipal e leis complementares ao PDM, compatibilizando com as zonas existentes.

O plano diretor e o código de obras devem ser adequados com zonas de restrição devido a situação de cheias e aplicação de índices de taxa de permeabilidade mínima dos lotes.

A regulamentação deve identificar que é de responsabilidade dos proprietários dos lotes cumprir com as condições de permeabilidade colaborando com a compatibilização de drenagem. A intenção é acumular o máximo possível dos excedentes da chuva para retardar o pico das enchentes visando recuperar as condições de escoamento e infiltração como era antes do processo de urbanização.

Os novos parcelamentos do solo deverão prever o limite de vazão máxima específica de saída para a rede pública. Os lotes que não conseguirem manter a permeabilidade, compatível com a sua pré-ocupação, deverão captar o equivalente a área impermeável por meio dos dispositivos de absorção e retenção de águas pluviais. As regras estabelecidas devem ser claras e objetivas.

As normas municipais sobre o uso do solo devem buscar a sustentabilidade ambiental para o espaço urbano, evitando também danos na área rural e no território de outros municípios vizinhos ou sob o risco de sofrer impactos, como, por exemplo, os localizados na mesma bacia hidrográfica.

A regulamentação das zonas de inundação deve considerar que as áreas de passagem das cheias são zonas de alto risco, que são inundáveis com chuvas de baixo tempo de recorrência, e que possuem função hidráulica, por isso não devem ser ocupadas, devem ser utilizadas apenas para paisagismo e proteção ambiental. As zonas com restrições são aquelas que inundam com chuvas com tempo de recorrência de 5 a 25 anos, possuem risco médio. Devem ser usadas para parques e atividades recreativas, habitações sobre pilotis ou pátios de edificações industriais e comerciais. As zonas de baixo risco, são inundáveis em chuvas com tempo de recorrência de 50 anos. Possuem certa segurança da população, mas ainda é necessário haver medidas de controle em eventos críticos.

10.4 REGULAMENTAÇÃO DAS MEDIDAS DE CONTROLE ESTRUTURAIS

Para a regulamentação das medidas de controle estruturais se faz necessário a publicação das ações a serem realizadas em prol da execução das diretrizes almeçadas, a fim de garantir a legalidade da implantação das medidas.

É importante que as regulamentações garantam que o ciclo hidrológico seja mantido e o máximo de água possível seja infiltrado, filtrado, armazenado e evapotranspirado. Dentre as medidas elencadas estão as superfícies com vegetação como jardins, praças e parques; áreas impermeáveis desconectadas para que entre elas haja a infiltração/armazenamento de água; telhados verdes; jardins de chuva; uso de pavimentos permeáveis (SANEAMENTO AMBIENTAL, 2020).

Adicionalmente, o MDR (2020) elucida que municípios com apoio do governo federal para ações em drenagem urbana precisam implementar medidas não estruturais como utilização de pavimentações semipermeáveis em pátios de estacionamentos, decreto de manutenção das vazões originais para novos empreendimentos, parques de novos empreendimentos, entre outros (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2020).

10.5 REFORMULAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO

A reformulação do sistema de gestão considera as características do sistema proposto. É importante manter as relações que há entre o sistema de drenagem urbano e manejo de águas pluviais com as demais áreas da gestão pública. Além do mais, a articulação e cooperação entre as áreas envolvidas é base para a boa governança e gestão do sistema. É relevante que o Samae tenha documentado o nome de cada instituição; descrição de sua influência sobre o sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais de Jaraguá do Sul; a legislação pertinente que lhe dá poderes para tal, quando for o caso; assim como a descrição do (s) responsável (is) atuais e seus contatos. Essas informações acessíveis facilitam a tomada de decisão e resolução de situações emergenciais. Dentre as instituições, merecem destaque o próprio Samae Jaraguá do Sul, que além de ser o responsável pela drenagem urbana (responsabilidade limitada à dispositivos de até 800mm), também é pelo abastecimento público de água, coleta e tratamento de esgoto e manejo de resíduos sólidos. Além do mais, destacam-se as Secretarias Municipais de: Obras e Serviços Públicos; Defesa Civil; Planejamento e Urbanismo; Assistência Social e

Habitação; Saúde; além da Fundação Jaraguense de Meio Ambiente. Como instituições independentes da Prefeitura de Jaraguá do Sul tem-se a Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS); o Conselho Municipal do Meio Ambiente; a Comissão Municipal de Tubulações; o Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (CERH/SC) e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu. Informações sobre o papel dessas instituições no sistema de drenagem urbana foram apresentadas no diagnóstico do PDDU.

O sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas necessita passar por manutenção preventiva para que se mantenha em bom estado de funcionamento. Também deve-se desenvolver um Procedimento Operacional Padrão para a manutenção do sistema. Esses procedimentos facilitam o treinamento operacional e a provisão de estoque de materiais para tal. Exemplifica-se como procedimentos a serem descritos as ações necessárias para a limpeza de uma boca-de-lobo ou como deve ser feita a reposição de uma tubulação que apresenta defeito, por exemplo. Isso faz com que os procedimentos sejam uniformes, independentemente de quem o execute. Cada operação de manutenção precisa ter uma ficha específica contendo pelo menos: a data de elaboração, versão, nome da operação, responsável pela elaboração, colaboradores necessários para a operação, materiais necessários e etapas a serem seguidas.

Em um primeiro momento, é importante que os colaboradores que participam dessas operações auxiliem na construção dos procedimentos padrões. Em uma segunda fase, após a padronização todos os responsáveis pela execução precisam ter conhecimento e fácil acesso à informação. Cada operação de manutenção preventiva ou corretiva, deve ser registrada. É importante que haja um plano para a manutenção preventiva de toda a rede de microdrenagem no decorrer de um ano. Nesse plano deve constar pelo menos a data, as ruas, os operadores responsáveis e os materiais necessários para a execução da operação. Após as operações de manutenção executadas estas devem ser cadastradas, preferencialmente em um sistema eletrônico para facilitar a consulta. Ressalta-se que o estado de funcionamento do sistema deve ser registrado indicando após a manutenção seu funcionamento está adequado ou com alguma irregularidade.

Um dos grandes desafios para a rede de microdrenagem funcionar adequadamente é mantê-la desobstruídas de resíduos sólidos. Desta forma, caso não haja um plano de varrição de ruas, este deve ser implantado pelo órgão responsável,

mesmo que o serviço seja terceirizado, e privilegiar as áreas com maior densidade populacional, onde geralmente há mais resíduos. É importante que haja constância na prática de varrição, pois alagamentos e inundações bruscas tendem a ocorrer de forma inesperada. O Samae deve ser parceiro e incentivador dessa ação desenvolvida pela Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos, com auxílio de terceiros.

Ainda em relação aos resíduos sólidos, além da consolidação da coleta seletiva em todo o município, é importante que haja incentivo para a redução do uso de plásticos em geral, especialmente as sacolas. O plástico possui o agravante de não ser decomposto pela água e contribuir para a contaminação desta. Em países europeus, as sacolas plásticas no comércio são cobradas, desta forma, oferece-se para a venda ao cliente sacolas de melhor qualidade e que suportam mais peso. Essa ação resulta em menor uso de sacolas. Essa ação é importante para evitar que este material obstrua as bocas-de-lobo e contribua para o agravamento de alagamento e inundações. Para que tal medida seja implantada, pode-se articular com a Associação Empresarial de Jaraguá do Sul (ACIJS) e a Câmara de Dirigentes Lojistas (CDL) para que haja apoio.

10.6 PREVISÃO DE CHEIAS E ALERTA AO RISCO DE DESASTRE

A regulamentação da ocupação de áreas urbanas é um processo iterativo que passa por uma proposta técnica a ser discutida pela comunidade antes de sua incorporação ao Plano Diretor da cidade. Portanto, não existem critérios rígidos aplicáveis a todas as cidades, mas sim recomendações básicas que podem ser seguidas de acordo com o caso.

A regulamentação do uso das zonas de inundação apoia-se em mapas com demarcação de áreas de diferentes riscos e nos critérios de ocupação das mesmas, tanto quanto ao uso como quanto aos aspectos construtivos. Para que esta regulamentação seja utilizada, beneficiando as comunidades, a mesma deve ser integrada à legislação municipal sobre loteamentos, construções e habitações, a fim de garantir a sua observância.

Para auxiliar nos cuidados para desastres de riscos de cheias nas margens dos cursos d'água orienta-se que medidas sejam tomadas para que as construções sejam protegidas na época de cheia. Dentre as medidas, destacam-se:

- Instalação de vedação temporária ou permanente nas aberturas das estruturas;
- Elevação de estruturas existentes;
- Construção de novas estruturas sob pilotis;
- Construção de pequenas paredes ou diques circundando a estrutura, relocação ou proteção de artigos que possam ser danificados dentro da estrutura existente;
- Relocação de estruturas para fora da área de inundação;
- Uso de material resistente à água ou novas estruturas;
- Regulamentação da ocupação da área de inundação por cercamento;

Adoção de incentivos fiscais para um uso prudente da área de inundação; instalação de avisos de alerta na área e adoção de políticas de desenvolvimento. As medidas não estruturais de inundação podem ser agrupadas em: regulamentação do uso da terra, construções à prova de cheias, seguro de cheia, previsão e alerta de inundação.

10.7 LEGISLAÇÃO VOLTADA AO MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

A política de manejo das águas pluviais urbanas é um instrumento jurídico de gerenciamento das ações de ordenamento territorial. A legislação é voltada ao manejo das águas pluviais e controle de impactos decorrentes do desenvolvimento municipal.

O objetivo da legislação é minimizar os impactos e estimular situações que contribuam para que o crescimento da cidade aconteça de forma ordenada em consonância com o planejamento do manejo das águas pluviais.

Para se alcançar os objetivos da lei orienta-se atenção aos usos permitidos próximo aos cursos d'água, parâmetros de impermeabilização do solo e a orientação do uso de sistemas complementares para absorção e escoamento das águas pluviais.

Sugere-se que não sejam permitidos usos comerciais, industriais e residenciais, assim como aterros abaixo da cota de inundação – que corresponde a 4,00 m.

Acima da cota de 4,00 m é orientado o uso industrial e comercial, desde que não interfiram no fluxo de cheia local. Aconselha-se que o uso residencial seja permitido apenas acima da cota de 4,5 m.

A proposta de controle de uso e ocupação do solo visa controlar o impacto da expansão urbana na drenagem e no sistema pluvial da cidade. Para estabelecer as zonas das áreas de risco foram consideradas as áreas de suscetibilidade, os estudos de cheias e o diagnóstico do município. Desta forma, se propõe a implantação de três zonas:

- Zona de passagem da enchente: esta zona visa a proteção integral da área, nela não deve haver obstrução por aterro, estreitamento ou qualquer obra que produza a elevação do nível de inundação. A definição da seção do rio deve considerar o aumento do nível do rio para a vazão de 20 anos de tempo de retorno.
- Zona com restrições: apesar do risco de inundação, esta área pode ser ocupada, desde que atenda as restrições estabelecidas. Tratam-se de áreas cuja velocidade de escoamento é baixa. As ocupações permitidas devem garantir a segurança da população.
- Zona com baixo risco: esta zona possui baixa probabilidade de inundação.

As zonas estipuladas devem ser inseridas no Plano Diretor Municipal. A seguir é apresentado a proposta de parâmetros para o zoneamento das áreas referidas.

- Zona de passagem de enchente: Nesta área não será permitida novas construções. As áreas já ocupadas devem passar por programa de realocação, por meio de incentivos e criação de um mercado específico que vise atualizar a situação destas áreas mesmo que gradualmente.
- Nas zonas de restrições podem ser projetados espaços para parques e atividades esportivas e/ou recreativas com baixo índice de manutenção, edificações estruturalmente protegidas para possíveis casos de enchentes.

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Projeto Técnico: Microrreservatórios**. Soluções para Cidade. São Paulo, SP: ABCP, FCTH, [201-a]. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Microreservat%C3%B3rios_web.pdf. Acesso em: 07 jul. 2021

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Projeto Técnico: Jardins de Chuva**. Soluções para Cidade. São Paulo, SP: ABCP, FCTH, [201-b]. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF_Jardins-de-Chuva-online.pdf. Acesso em: 22 jun. 2021

ABCP - Associação Brasileira de Concreto Portland. **Projeto Técnico: Reservatórios de Detenção**. Soluções para Cidade. São Paulo, SP: ABCP, FCTH, [201-c]. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf. Acesso em: 22 jun. 2021

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009. **Manejo de água pluviais urbanos**. Antonio Marozzi Righetto (coordenador) – Projeto PROSAB. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 10844/1989 - **Instalações prediais de águas pluviais** - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 13 pag

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15527/2019 **Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis** — Requisitos. Rio de Janeiro, ABNT, 2019. 14p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16416/2015 **Pavimentos permeáveis de concreto: requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015a. 31 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 9050/2015 **Acessibilidade e edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015b. 162 p.

ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos - TUCCI, C.E.M., Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 1995. 428 p. (coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 5).

AGOSTINHO, Mariele de Souza Parra; POLETO, Cristiano. **Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos**. Holo Environment, v 12, n 2, 2012. Disponível em file:///C:/Users/usuario/Downloads/3054-34465-1-PB.pdf, acesso em 06 jul. 2021

ALENCAR, J.C. **Potencial de corpos d'água em bacias hidrográficas urbanizadas para renaturalização, revitalização e recuperação**. Um estudo da bacia do Jaguaré.

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2017.

ALMEIDA, Liziane; e SERRA, Juan Carlos Valdez, 2017. **Modelos Hidrológicos, tipos e aplicações mais utilizadas**. Revista FAE, Curitiba, Edição Jan/Jun – 2017.

AMBIENTE BRASIL. 2019. **Telhados verdes**. Disponível em: <https://noticias.ambientebrasil.com.br/redacao/2019/06/19/152571-telhados-verdes.html> . Acesso em: 28 jun. 2021.

ANA – Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. Portal Hidroweb v3.2.6. Disponível em <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>, acesso em 24 mar. 2021

AUTRAN CONSULTORIA. Consultoria em Sustentabilidade. Disponível em <http://www.autranconsultoria.com.br/>, acesso em 23 mar. 2021

BASTOS, Patrícia Covre. **Efeitos da Urbanização sobre Vazões de Pico de Enchente**. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2009. Disponível em: http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10218/1/tese_3681_Disserta%c3%a7%c3%a3o%20completa.pdf, acesso em 28 de abril de 2021

BERTONI, Juan Carlos; TUCCI, Carlos E.M. (org.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

BEUX, Fernanda Christine; OTTONI, Adacto Benedicto. **Métodos alternativos de drenagem a partir da retenção e infiltração das águas de chuva no solo, visando a redução das enchentes urbanas**. Revista Nacional de Gerenciamento das Cidades, v 03, n 17, 2015. Disponível em <https://pdfs.semanticscholar.org/ee2e/a8216bfcf738e82d4dadb941700a5f4e14f2.pdf>, acesso em 07 jul. 2021

BIBLUS, 2020. **Jardim de chuva**: projeto com guia técnica. ACCA Software S. p. A. Italy. Disponível em <https://biblus.accasoftware.com/ptb/jardim-de-chuva-projeto/>, acesso de 22 jun. 2021

BINDER, W. (1998). **Rios e Córregos, Preservar - Conservar – Renaturalizar**. A Recuperação de Rios, Possibilidades e Limites da Engenharia Ambiental - Rio de Janeiro: SEMADS, 41 p.

BIOGUIA, 2019. **Techos verdes vivos**: definición, beneficios y cómo hacerlos en tu hogar. Disponível em https://www.bioguia.com/hogar/techos-verdes-vivos_29267965.html, acesso em 22 jun. 2021

BRASIL, 1997. Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. **Dispõe sobre a Política Nacional dos Recursos Hídricos**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm, Acesso em 17 mar. 2021.

BRASIL, 2012. Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre o Código Florestal.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm, acesso em 16 mar. 2021.

BRASIL, Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007, que **Estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico.** Brasília, DF: Presidência da República, [2007]. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm. Acesso em 01 jun 2021.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem.** Rio de Janeiro: 1990.

COELHO, Márcia Maria Lara Pinto; LIMA, José Geraldo de Araújo. Eficiência hidráulica de bocas-de-lobo situadas em sarjetas de greide contínuo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Minas Gerais, Volume 16 n.2 - Abr/Jun 2011, 133-143.

CPRM, 2015. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massas e inundações** – Jaraguá do Sul, SC. Serviço Geológico do Brasil, Ministério de Minas e Energia, Brasil, 2015.

EPA – Environmental Protection Agency, 1998. **Stream Corridor Restoration** – principles, processes and practices.

DAEE; CETESB. **Drenagem Urbana.** 2a ed. São Paulo. 1980.

FREIRE, C. C; OMENA, S. P. F. **Princípios de Hidrologia Ambiental.** Esta disciplina foi desenvolvida utilizando como material de apoio os conteúdos elaborados para o Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos UFSC/UFAL, com financiamento do CNPq, no ano de 2005. UFSC, UFAL: 2005, 203 p.

FUNDACIÓN CONAMA. **Agua y ciudad: sistemas urbanos de drenaje sostenible.** Grupo de trabajo ST-10. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Madrid: Fundación CONAMA, 2018. 25 p. Disponível em: http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/STs%202018/10_preliminar.pdf. Acesso em: 28 jun. 2021.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Global warming of 1.5° C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.** 2018.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Lei nº 14.734, de 17 de junho de 2009. **Dispõe sobre a proibição, em todo o Estado de Santa Catarina, da capina química nas áreas que relaciona.** Disponível em <https://leisestaduais.com.br/sc/lei-ordinaria-n-14734-2009-santa-catarina-dispoe-sobre-a-proibicao-em-todo-o-territorio-do-estado-de-santa-catarina-da-capina-quimica-nas-areas-que-relaciona>, acesso em 22 jul. 2021

JARAGUÁ DO SUL, 2007. Lei Complementar nº 4.675 de 11 de junho de 2007. **Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências.** Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/j/jaragua-do-sul/lei-ordinaria/2007/468/4675/lei-ordinaria-n-4675-2007-dispoe-sobre-a-obrigatoriedade-das-empresas-projetistas-e-de-construcao-civil-a-prover-os-imoveis-residenciais-e-comerciais-de-dispositivo-para-captacao-de-aguas-da-chuva-e-da-outras-providencias>, acesso em 15 mar. 2021.

KARMANN, I. **Água: ciclo e ação geológica.** In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M. de; TAIOLI, F. (Orgs.). Decifrando a Terra. 2ª ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 623p.

KIBLER D. F. **Urban Stormwater Hydrology.** Water Resources Monograph 7, American Geophysical Union, Washington. D.C. EUA, 1982.

KOBIYAMA, M.; VANELLI, F. M.; MOREIRA, L. L.; MENEZES, D.; GODOY, J. V. Z. (2019). **“Aplicação de Hidrologia na Gestão de Riscos e de Desastres Hidrológicos”.** In: CASTRO, D. (org.). Ciclo das Águas na bacia hidrográfica do rio Tramandaí. Porto Alegre, RS: Sapiens, 2019. p.135 – 140.

MARENGO, J. A. O futuro clima do Brasil. **Revista USP**, São Paulo, n. 103, p. 25-32, 2014. DOI <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p25-32>

MCID, Ministério das Cidades. **Termo De Referência Para Elaboração De Plano Diretor De Águas Pluviais Urbanas.** Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2011, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

MDR, Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plansab – Plano Nacional de Saneamento Básico.** Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília, março de 2019

MDR, Ministério do Desenvolvimento Regional. **Manual para apresentação de Propostas para sistemas de Drenagem urbana sustentável e de Manejo de águas pluviais.** Secretaria Nacional de Saneamento, Programa Gestão de Riscos e Desastres. Brasília, abril de 2020.

MICHEL, G. P.; KOBIYAMA, M.; GOERL R. F. MICHEL, R. D. L. **Aplicação da hidrologia para prevenção de desastres naturais, com ênfase em mapeamento.** Jaraguá do Sul, 27 e 28 de agosto de 2012. Curso de Capacitação. Disponível em: <https://static.fecam.net.br/uploads/1512/arquivos/298686_0922126001346420164_material_3_mapeamento_inundacao.pdf>. Acesso em: 24 maio 2021.

NAÇÕES UNIDAS. **Como Construir Cidades Mais Resilientes: Um Guia para Gestores Públicos Locais.** Genebra: Nações Unidas, 2012.

NASCIMENTO. W. M. & VILAÇA, M. G.. **Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento.** Publicado na revista eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Três Lagoas, n. 7, maio de 2008

ONU - Organização das Nações Unidas. **Como Construir Cidades Mais Resilientes: Um Guia para Gestores Públicos Locais**. Genebra: Nações Unidas, 2015.

ONU - Organização das Nações Unidas. **HABITAT III: Nova Agenda Urbana**. Documento adotado na terceira Conferência das Nações Unidas para Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável. Quito: ONU, 2016. 24 p. Disponível em: <<http://uploads.habitat3.org/hb3/NUA-Portuguese-Brazil.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2021.

PARKINSON, J. et al. **Relatório Drenagem Urbana Sustentável no Brasil**. In: Workshop, 2003, Goiânia – GO.

PHILIP, R. Module 4. **Stormwater Management**: Exploring the options. SWITCH Training Kit. Integrated urban water management in the city of the future. Freiburg, Germany: SWITCH Project, ICLEI European Secretariat GmbH, 2011. 37 p. Disponível em: <https://www.unescap.org/sites/default/files/Day%201_14.00LJ_Stormwater%20Management%20-%20Exploring%20Options.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

PINHEIRO, A.; LOEWEN, A. R.; MOURA, J. M. B. M. **Mapeamento de áreas de risco a inundação e a implantação do sistema de previsão e alerta de cheias**. Universidade Regional de Blumenau (Blumenau, Santa Catarina). 2ª ed., 2015

PINTO. N. L. S. et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 278 p. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio

Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu - Relatório Síntese 2018/ Celso Lopes de Albuquerque Junior; Gean Carlos Fermينو; Bruno da Silva Pierri; Rodrigo Nascimento e Silva; Ismael Medeiros; Leonardo Schorcht Bracony Porto Ferreira [Editores]. – Palhoça-SC : Editora Unisul, 2018. 81 p.

PORTO, R. L. **Fundamentos para a gestão da água**. São Paulo, 2012, 232 p. Disponível em:< <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/2011/05/livro-Fundamentos-da-Gestao-da-agua-sma.pdf> >. Acesso em: 25 maio 2021.

Prefeitura Municipal de Blumenau – PMB. **Manual de Drenagem** (Requerimento – Condomínios). 2019. 2p.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo: SMDU, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais. **Plano Diretor de drenagem urbana: Manual de drenagem**. Setembro de 2005

SAMAE. **Manual de Projetos Hidrossanitários – Roteiro para elaboração de projetos**. 2018. Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul. 29 p.

SANEAMENTO AMBIENTAL. Aula 12 – **Medidas de Controle em Drenagem Urbana** (Parte III - Medidas não estruturais). Rio Grande do Norte: UFRN, 16 jul. 2020. 1 vídeo

(5:23 min). Publicado por: saneamento ambiental. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=C1hFZL3y_RQ. Acesso em: 25 jun. 2021.

SANTOS, Maria Fernanda & Reis, M & Paiva, S & Gonçalves, Luciana & Barbassa, Ademir. (2016). **Descentralizando o manejo das águas pluviais**: Como promover a participação da comunidade?. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/309286233_Descentralizando_o_manejo_das_aguas_pluviais_Como_promover_a_participacao_da_comunidade, acesso em 06 jul. 2021

SILVA, T F. **Tecnologia alternativa em drenagem urbana**: telhado verde. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2017.

SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade, ABRH, EDUSP, 1993, cap. 2.

SILVEIRA, ALL da; GOLDENFUM, Joel Avruch. Metodologia generalizada para pré-dimensionamento de dispositivos de controle pluvial na fonte. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 2, p. 157-168, 2007.

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **MANUAL DE DRENAGEM URBANA**. Região Metropolitana de Curitiba – PR. Programa de saneamento ambiental da região metropolitana de Curitiba plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba. SUDERHSA / CH2M HILL. 2002

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais: piscinões, galerias, bueiros, canais: métodos SCS, Denver**, Santa Bárbara Racional, TR-55. 2. ed. rev. São Paulo: Navegar, 2011. 592 p. il.

TUCCI, C. E. M. (1993a). **Hidrologia**: ciência e aplicação. Brasil: Editora da Universidade, 1993

TUCCI, C.E.M. et al (Org.). **Hidrologia Ciência Aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH/EDUSP, 1993b. 943 p. (coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).

TUCCI, Carlos E.M. **Drenagem Urbana**. Revista Ciência e Cultura. vol.55 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2003. Disponível: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020#:~:text=IMPACTOS%20DO%20DESENVOLVIMENTO%20URBANO%20NA,produz%20grande%20impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o%20do%20solo.&text=Pode%20se%20observar%20dessas%20equa%C3%A7%C3%B5es,bacia%20pela%20popula%C3%A7%C3%A3o%20\(3\)](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020#:~:text=IMPACTOS%20DO%20DESENVOLVIMENTO%20URBANO%20NA,produz%20grande%20impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o%20do%20solo.&text=Pode%20se%20observar%20dessas%20equa%C3%A7%C3%B5es,bacia%20pela%20popula%C3%A7%C3%A3o%20(3)), acesso em 27 de abril de 2021.

Tucci, Carlos & Bertoni, Juan. (2021). **INUNDAÇÕES URBANAS NA AMÉRICA DO SUL**.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: água e emprego**. Sumário executivo. 2016. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040por.pdf>>. Acesso em: 14 ago 2021.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: água para um mundo sustentável**. Sumário executivo. 2015. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary_POR_web.pdf>. Acesso em: 20 maio 2021.

VANELLI, F. M.; KOBAYAMA, M.; MONTEIRO, L. R. **Dicotomias associadas aos desastres**. In: II Encontro Nacional de Desastre, 2, 2020, [Virtual]. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2020. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/219474/001123249.pdf?sequence=1>. Acesso em: 30 jun. 2021.

WWAP (Programa Mundial das Nações Unidas para Avaliação dos Recursos Hídricos)/ONU-Agua. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **O valor da água**. World Water Assessment Programme. Colombella, Perugia, Itália: UNESCO, 2020.

WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: **Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua**. París Francia: UNESCO, 2018.