

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO GONÇALVES FERREIRA DA SILVA

**GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: GUIA PARA EMISSÁRIOS DE
LANÇAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

CAMPO MOURÃO

2022

RODRIGO GONÇALVES FERREIRA DA SILVA

**GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: GUIA PARA EMISSÁRIOS DE
LANÇAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Water resources management: Guidebook for stormwater outfalls

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Maristela Denise Moresco Mezzomo

Coorientador: Prof. Dr. Cristiano Poletto

Coorientadora: Prof. Dra. Cristiane Kreutz

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão



RODRIGO GONCALVES FERREIRA DA SILVA

GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: GUIA PARA EMISSÁRIOS DE LANÇAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Gestão E Regulação De Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Regulação E Governança De Recursos Hídricos.

Data de aprovação: 13 de Dezembro de 2021

Prof.a Cristiane Kreutz, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Maristela Denise Moresco Mezzomo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Cristiano Poletto, Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Ufrgs)

Prof Eudes Jose Arantes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Gerson Salviano De Almeida Filho, Mestrado - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 13/12/2021.

Dedico este trabalho aos meus pais, por todo o amor, confiança e suporte.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Professora Doutora Maristela Denise Moresco Mezzomo, por me guiar durante essa etapa, sempre me auxiliando, em primeiro momento como orientadora e depois como membro da banca examinadora. Suas contribuições foram fundamentais para meu entendimento quanto à importância da gestão integrada dos recursos hídricos, bem como para a elaboração do guia e dessa dissertação.

Agradeço também à Professora Doutora Cristiane Kreutz, por me ajudar e me aceitar como orientando, por ocasião do afastamento da Professora Maristela para seu ingresso em programa de pós-doutorado.

Ao Professor Doutor Cristiano Poletto, pela coorientação, ensinamento e aporte, essencial para a estruturação e desenvolvimento deste trabalho.

Aos profissionais que compõem a banca examinadora, Mestre Gerson Salviano De Almeida Filho, Professor Doutor Eudes José Arantes e Professora Doutora Maristela Denise Moresco Mezzomo, por dedicarem tempo avaliando e aperfeiçoando, por meio de sugestões, a versão final dessa dissertação.

Aos amigos de mestrado, principalmente ao Sidival Antonio Calderan, à Giovana Moreira Goes e ao Maxuel Cirilo de Oliveira, pela motivação e companhia.

Às demais pessoas que me auxiliaram direta e indiretamente durante essa fase, em especial à Shirley da Costa Batista que sempre que possível me presenteou com sua companhia e atenção, nos bons e maus momentos.

Agradeço aos meus pais, Jobel Ferreira e Edina Gonçalves, e também ao meu irmão Rodolfo Ferreira pelo apoio incondicional em todas as etapas da vida.

Ao restante da minha família, em especial agradeço ao meu avô, Sérgio Gonçalves, sempre comigo em pensamento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPENº.2717/2015, e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná–UTFPR pelo apoio recebido.

RESUMO

A instalação de cidades e/ou expansão urbana, acarreta em uma série de impactos no ciclo hidrológico, principalmente, por meio da impermeabilização do solo. O volume das águas pluviais que escoam superficialmente requer planejamento, estruturas e ações voltadas para que os impactos socioambientais e econômicos sejam minimizados. É comum em muitas cidades brasileiras, o modelo de sistemas de drenagem urbana por meio de tubulações que direcionam as águas para corpos hídricos receptores. Todavia, há outras estruturas que podem ser instaladas para minimizar os impactos negativos desse lançamento hídrico. Este trabalho tem como objetivo discutir a importância de se ter estruturas bem planejadas para dissipar águas pluviais em zonas urbanas. A metodologia utilizada foi pesquisa bibliográfica e observações em campo. Os resultados demonstram que dentre os principais problemas relacionados estão: erosão nos pontos de lançamento, instabilidade de talude e assoreamento dos corpos hídricos. Como produto da discussão, foi elaborado um guia contemplando medidas estruturais e não estruturais para mitigação de impactos ambientais nos pontos de lançamentos das águas pluviais, sendo denominado “Guia: Emissários de lançamento de águas pluviais”. Este material apresenta conceitos básicos sobre aspectos associados aos emissários de lançamento, estruturas dissipadoras de energia, processos erosivos, monitoramento de emissários, entre outros. O material tem o potencial de assessorar técnicos vinculados ao poder público municipal, bem como gestores, loteadores e demais interessados, fundamentando-os com sugestões para minimizar danos socioeconômicos e ambientais vinculados aos emissários de águas pluviais.

Palavras chave: planejamento; drenagem urbana; chuva; erosão.

ABSTRACT

The installation of cities, and / or urban expansion, results in a series of impacts on the local hydrological cycle, mainly the waterproofing of the soil. The volume of stormwater that drains superficially have an increase that requires structures, planning and actions aimed at minimizing the socio-environmental and economic impacts of defluvium. In many Brazilian cities it's common the model of urban drainage systems through tubes that direct water to receiving water bodies. However, there are other structures that can be installed to minimize the negative impacts of this water discharge. This work aims to discuss the importance of having well planned structures to dissipate stormwater in urban areas. The methodology used for research was bibliographic and field observation. The results show that among the main related problems we can mention: soil erosion at the discharge points, slope instability, siltation of water bodies. Thus, as a product of the discussion, a guidebook was elaborated, including measures structural and not structural for the mitigating of environmental impacts at the points of stormwater discharge, being called "Guide: Stormwater outfalls". This material presents basic concepts about aspects associated with discharge outfalls, energy dissipating structures, erosive processes, monitoring of emissaries, etc. The material has the potential to advise technicians related to the municipal executive power, as well as managers, property developers and other interested parties, giving support to them with suggestions to minimize socioeconomic and environmental damage related to stormwater outfalls.

Keywords: planning; urban drainage; rain; erosion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - ODS 6 Água limpa e saneamento.....	15
Figura 2 - ODS 6 Água limpa e saneamento e suas metas	16
Figura 3 - Linha do tempo dos acontecimentos relativos à gestão dos recursos hídricos	21
Figura 4 - Composição da revisão de literatura	24
Figura 5 - Ciclo hidrológico de maneira sintetizada	29
Figura 6 - Exemplo de bacia hidrográfica	30
Figura 7 - Hidrogramas sobrepostos, área urbanizada e área não urbanizada.....	31
Figura 8 - Poluição com fonte difusa e pontual	33
Figura 9 – Rua urbana que sofreu deslizamento do talude	34
Figura 10 - Processo erosivo acentuado a jusante do emissário de águas pluviais.....	34
Figura 11 - Área com processo erosivo	37
Figura 12 - Exemplo de assoreamento, rio Figueirão, Mato Grosso do Sul	38
Figura 13 - Exemplo de sarjeta	42
Figura 14 - Exemplo de boca de lobo.....	42
Figura 15 - Manilhas de concreto para drenagem	42
Figura 16 - Manilhas de concreto sendo instaladas	43
Figura 17 - Esquema de drenagem urbana.....	44
Figura 18 - Situacional de galeria de drenagem urbana	44
Figura 19 - Plataforma concretada	45
Figura 20 - Plataforma com enrocamento	46
Figura 21 - Muro de contenção sem alas	47
Figura 22 - Muro de contenção com alas.....	47
Figura 23 - Blocos de impacto no emissário de lançamento	48
Figura 24 - Vista lateral de blocos de impacto	48
Figura 25 - Escada hidráulica de pequeno porte	49
Figura 26 - Exemplo de página do guia	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	11
2.1	Geral	11
2.2	Específicos	11
3	JUSTIFICATIVA.....	12
4	REVISÃO DE LITERATURA	13
4.1	Diretrizes globais quanto a gestão dos recursos hídricos	13
4.1.1	Breve contexto histórico internacional	13
4.1.2	Breve contexto histórico brasileiro.....	17
4.2	Drenagem urbana	22
5	MATERIAIS E MÉTODOS	24
5.1	Pesquisa bibliográfica	24
5.2	Guia para emissário de lançamento de águas pluviais	26
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.1	Conceitos de hidrologia e hidráulica.....	28
6.2	Impactos negativos decorrentes do planejamento inadequado diante da precipitação pluviométrica.....	32
6.3	Conceitos de solo, erosão e assoreamento de corpos hídricos.....	35
6.4	Galeria de drenagem de águas pluviais	39
6.5	Estruturas vinculadas a emissários de lançamento	44
6.6	Gestão municipal aplicada ao sistema de drenagem urbana.....	49
7	PRODUTO	52
8	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A antropização de ambientes naturais incide sobre a relação divergente entre desenvolvimento econômico e a preservação ambiental. Entretanto, a perspectiva da sustentabilidade deve estar incluída como pré-requisito ao desenvolvimento. Assim, inclusive o equilíbrio entre a expansão urbana e a conservação do meio ambiente deve-se atentar às questões relativas à disponibilidade hídrica, em parâmetros de qualidade e quantidade, considerando desde sua importância para a manutenção dos ecossistemas até a de seu uso nas atividades antrópicas, garantindo os usos múltiplos da água.

Dessa forma, no contexto da urbanização, o conjunto de ações vinculadas a supressão e ocupação de novas áreas devem considerar todos os impactos ambientais negativos gerados pelas atividades e ser conduzido a um cenário mais simbiótico. Ou seja, devem ser executados planos e medidas eficazes por parte do poder público, que resultem em uma conjuntura onde os danos socioambientais e econômicos sejam mínimos.

Ademais, nas áreas antropizadas ocorrem impactos na superfície pois estas ficam sujeitas à impermeabilização relacionada a aplicação de concreto e asfalto. Além disso, a supressão da vegetação nativa em um lugar que a priori estava adaptado às condições climáticas locais reverberam sobre o ciclo hidrológico natural, as condições do meio físico e o uso e ocupação do solo.

Neste sentido, em relação ao ciclo hidrológico, mais especificamente sobre o volume pluviométrico, a antropização pode provocar problemas vinculados a alagamentos, erosão, instabilidade de taludes, entre outros. Portanto, tendo em vista tais adversidades, o cenário ideal seria um em que a expansão urbana converge à uma conjuntura onde seu desenvolvimento respeitasse as particularidades naturais do local onde está inserido.

Para que isso ocorra, o sistema de drenagem se constitui como elemento chave para a funcionalidade da estrutura urbana, devendo ser eficiente. Assim, além de evitar a incidência de pontos de acúmulo de água, deve garantir que a mesma seja lançada em um corpo hídrico de maneira correta, sem ocasionar ou agravar processos erosivos, por exemplo. Outrossim, deve-se considerar também a segurança da população em relação a estabilidade do solo.

No contexto legal, o manejo das águas pluviais está fundamentado nas diretrizes nacionais do saneamento básico, conforme Lei Federal 11.445 de 2007. Além disso, está em concordância com as normativas presentes na Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal 9.433 de 1997, que inclusive tem como um de seus objetivos instigar e promover a captação, conservação e o aproveitamento das águas pluviais e o emprego racional e integrado dos recursos hídricos.

Assim, para uma gestão holística da água, que assegure a disponibilidade hídrica em padrões de qualidade e quantidade, é preciso planejamento e engajamento do poder público no manejo das águas pluviais. Ou seja, deve ser ponderado a respeito de todo o sistema de drenagem urbana, da captação até seu transporte a um corpo hídrico receptor.

Nesse diapasão, quanto às estruturas associadas à drenagem urbana, a pesquisa teórica deste trabalho convergiu aos dissipadores de energia, comumente dispostos nos pontos de lançamento das águas pluviais captadas superficialmente no perímetro urbano. Este resultado levou a elaboração de um Guia, que tem como objetivo auxiliar à gestão pública no que se refere à mitigação de impactos ambientais ocasionados devido ao lançamento das águas pluviais do sistema de drenagem urbana no ponto de deságue da galeria.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Discutir sobre o lançamento de águas pluviais em área urbana e periurbanas, destacando os principais problemas e as possíveis soluções.

2.2 Específicos

- Desenvolver pesquisa teórico-metodológica sobre drenagem urbana;
- Apresentar os principais impactos ambientais decorrentes do lançamento das águas pluviais e suas possíveis soluções;
- Elaborar um guia com informações pertinentes quanto a gestão, planejamento e dimensionamento de dissipadores de energia nos pontos de lançamento de águas pluviais.

3 JUSTIFICATIVA

O Plano Nacional de Saneamento Básico do ano 2007 surgiu com o advento da Lei Federal 11.445/07, e dentro das questões abordadas, há ponderações concernentes à importância de uma drenagem urbana eficiente como um dos pilares para a garantia de saneamento básico de qualidade. Ademais, a Lei Federal 9.433 de 8 de janeiro de 1997, tem entre os objetivos: captação, conservação e o aproveitamento das águas pluviais e uso racional e integrado dos recursos hídricos.

Entretanto, além de serem necessários planejamento e manejo correto das águas pluviais no meio urbano, a fim de evitar instabilidades nos taludes, erosão, enchentes, inundações, entre outros, deve-se considerar também todo o processo, da captação ao lançamento. Dessa forma, se o plano de drenagem urbana não contemplar no seu desenvolvimento e operação meios hábeis de deságue, pode comprometer as atividades que dependem desse canal a jusante.

Apesar de geralmente constarem citações relativas aos emissários de lançamento de águas pluviais nos planos diretores municipais, em alguns casos este documento não contém especificações a respeito das estruturas de quebra de energia ou outros meios de garantir a sua correta introdução no canal hídrico receptor. Em alguns casos, quando portam tais informações, não há uma rotina de fiscalização e/ou manutenção destas estruturas.

Nesse sentido, um dissipador de energia tem o intuito de minorar a possibilidade de ocorrência de problemas vinculados a erosão nos pontos de lançamento de águas pluviais, por meio da redução da velocidade de escoamento, conforme exposto na Norma 022/2004 - ES do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT.

Portanto, sob a ótica da conservação de recursos hídricos é fundamental que todo o processo de drenagem urbana seja bem planejado e executado, desde a captação até a emissão. Diante disso, o desafio dessa pesquisa foi desenvolver a discussão sobre o tema e propor um guia que possa servir como ferramenta auxiliar na gestão das águas pluviais aos gestores municipais, uma vez que ainda não foi encontrado material similar.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Diretrizes globais quanto a gestão dos recursos hídricos

4.1.1 Breve contexto histórico internacional

De acordo com Moura (2016) e com o caderno de capacitação em recursos hídricos “O Comitê de Bacia Hidrográfica: O que é e o que faz”, publicado pela Agência Nacional de Águas (2011), a trajetória do desenvolvimento das instituições, dos instrumentos e das políticas públicas fundamentais para a gestão dos recursos hídricos no Brasil não se sucedeu de maneira abrupta. Ou seja, cada resolução, meta e objetivo hodierno surgiu devido a diversos eventos, reuniões, análises e estudos com participação de muitos atores e autores com condições e prioridades divergentes. Assim sendo, no que se refere à maneira de gerir a água, há uma ampla carga histórica e cultural.

Na década de 1970, ainda segundo Agência Nacional de Águas (2011) e Moura (2016), as questões vinculadas ao meio ambiente tomaram proporções internacionais significativas. Isto se sucedeu por meio da publicação de um relatório, no ano de 1972, organizado pelo Clube de Roma e pelo Massachusetts Institute of Technology - MIT, que enfatizava a importância de desacelerar o consumo dos recursos naturais, fomentando a discussão global quanto aos possíveis impactos negativos que aquele cenário poderia propiciar ao planeta e a humanidade. Ademais, a mensagem do estudo foi endossada durante a Conferência de Estocolmo, que ocorreu no mesmo ano.

Posteriormente, em 1987, foi elaborado o Relatório Brudtland, que sugeriu o termo “desenvolvimento sustentável”, isto é, as questões econômicas não deveriam estar sobrepostas a importância da preservação do planeta e nem da justiça social (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1987).

Entretanto, os recursos hídricos especificamente só foram acrescentados como objeto de conservação em 1992, durante a Conferência de Dublin, onde foi definido os primeiros princípios para a gestão sustentável da água, levando em consideração, dentre outras coisas, que a água doce é um recurso finito e essencial para a manutenção da vida e desenvolvimento do meio ambiente. Além disso, ainda em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e

Desenvolvimento (CNUMAD), realizada em junho de 1992 no Rio de Janeiro, foi firmada a Agenda 21, que trazia um plano de ação com o intuito de preservação e recuperação do meio ambiente (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2011).

Segundo a publicação da Agência Nacional de Águas, ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores (2019b), no ano de 2000 os líderes mundiais se reuniram em Nova York, onde foi firmado um acordo para mitigar a pobreza extrema e outras adversidades correlatas. Dessarte, para isso tais dirigentes assinaram a Declaração do Milênio da ONU, que possuía como premissa o cumprimento de oito objetivos até o ano de 2015. Tal declaração se tratava de um plano de ação contendo um conjunto de metas que visavam promover o progresso das sociedades no prazo estipulado. Por fim, as diretrizes propostas e assinadas durante o evento levaram o nome de Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM) que, dentre estes, vale destacar o ODM 7 que atua no front da Qualidade da Vida e Respeito ao Meio Ambiente.

Ainda conforme a Agência Nacional de Águas (2019b), em 2012 ocorreu a Conferência Rio+20, no Brasil, tal evento proporcionou as condições iniciais para a construção de novos objetivos e metas com cumprimento projetado até o ano de 2030, a Agenda 2030. No entanto, apenas em 2015, durante o encontro da Cúpula de Desenvolvimento Sustentável da ONU em Nova York, os líderes mundiais entraram em acordo e firmaram a referida agenda, constituída por um plano de ação com implantação no período de 2016 a 2030. Tal proposta abrange 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Dentre os ODS, destaca-se o ODS número 6, conforme Figura 1, que tem como premissa a garantia da disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015), ou seja, os conceitos análogos ao gerenciamento dos recursos hídricos são postos sob os holofotes como uma das questões primordiais para o desenvolvimento humano.

Figura 1 - ODS 6 Água limpa e saneamento



FONTE: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2019b, p. 9).

Segundo Carvalho, Barcellos e Marques (2018), o ODS 6 (gestão da água e saneamento) é essencial pois avoca, além do ponto de vista antropológico, o prisma ambiental, mediante a busca da mitigação do desperdício da água, o abrandamento da poluição, a propulsão para reciclagem, o empenho no desenvolvimento de novas tecnologias para reuso, e se dedica a alcançar o saneamento básico universal, impactando diretamente na qualidade dos ecossistemas.

Nessa perspectiva, no advento da Agenda 2030, foram propostas 8 metas, Figura 2, com 11 indicadores distribuídos entre elas, com o intuito de monitorar o progresso de execução do ODS aludido (ANA, 2019b).

Figura 2 - ODS 6 Água limpa e saneamento e suas metas



FONTE: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2019b, p. 10).

Destas oito metas demonstradas na imagem anterior, devido ao escopo do trabalho, destacam-se as seguintes, conforme Quadro 1:

Quadro 1 - Metas do ODS 6 relacionadas ao tema deste trabalho

Meta	Título	Descrição
6.1	Água potável	Até 2030, alcançar acesso universal e equitativo à água para consumo humano, segura e acessível para todas e todos.
6.3	Melhorar a qualidade da água	Até 2030, melhorar a qualidade da água nos corpos hídricos, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, reduzindo pela metade a proporção do lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente o ciclo e reuso seguro localmente.

6.4		Uso eficiente da água	Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores, assegurando retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez.
6.6		Proteger e restaurar ecossistemas	Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos, reduzindo os impactos da ação humana.
6.b		Apoiar e fortalecer a participação local	Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, priorizando o controle social para melhorar a gestão da água e do saneamento.

FONTE: United Nations (2015, p. 18).

Além do ODS 6, vale citar também neste trabalho o ODS 11, cidades de comunidades sustentáveis, pois vincula o âmbito urbano com o desenvolvimento sustentável, principalmente as Metas 11.1, 11.3 e 11.5 que se referem, respectivamente, ao acesso universal de todos à habitação segura, inclusive quanto ao fornecimento de serviços básicos e urbanização de favelas, a urbanização inclusiva e sustentável e a proteção da vida humana frente a desastres, sem exclusão aos relacionados a água (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2019).

Posto isto, a gestão dos recursos hídricos, como elencado neste tópico, ganhou atenção relevante em escala global apenas há poucas décadas, evidenciando como essa temática é nova perante a história da humanidade. Acresce que o seu desenvolvimento até a atual conjuntura ocorreu de maneira gradual, culminando com o acordo elaborado por representantes mundiais, onde cada nação signatária dos ODS, com suas características e circunstâncias singulares, se comprometeu com as metas estabelecidas.

Não obstante, nesse ínterim o Brasil passou por inúmeros processos que fortaleceram os entes e mecanismos gestores da água em seu território, conforme relatado no próximo tópico.

4.1.2 Breve contexto histórico brasileiro

No que concerne ao Brasil, a gestão de recursos hídricos contou como um importante marco legal o Decreto Federal n.º 24.643 de 1934, que instituiu o Código

das Águas. Dentre outras normas, o referido decreto trouxe em seu texto princípios fundamentais quanto aos direitos públicos sobre a água, inclusive questões relevantes para o aproveitamento hídrico na geração de energia elétrica. (MOURA, 2016).

A prioridade do uso da água se manteve nas atividades agrícolas e na produção de energia por meio das hidrelétricas durante décadas, não sendo realizadas mudanças significativas no Código das Águas. Ou seja, no decorrer da Era Vargas, dos anos populistas e da ditadura militar houveram poucas alterações expressivas na gestão hídrica (SILVA, 2013).

Em 1981, foi sancionada a Lei Federal n.º 6.938, que dispunha sobre a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, a qual teve como foco a conservação, melhoria e a recuperação ambiental, isto é, diretrizes associadas à preservação da qualidade das águas no território brasileiro.

Contudo, no ano de 1988, por meio da Constituição Federal, irromperam as primeiras menções relevantes de caráter jurídico sobre o reconhecimento do impacto antropológico no meio ambiente e à importância da preservação dos recursos naturais (SILVA, 2013).

Posteriormente, por meio da Lei Federal n.º 9.433 de 1997, conhecida como Lei das Águas, houve um marco histórico na gestão da água no Brasil (SILVA, 2013), pois culminou no surgimento da Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH. Dentre algumas diretrizes, foi definido os instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH (ANA, 2011). Cada ente federativo pertencente ao SINGREH foi incumbido de uma competência respectiva, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Competência dos entes federativos ao SINGREH

Ente federativo	Competência
União Federal	<ul style="list-style-type: none"> • Gerencia a Política Nacional e o Plano Nacional de Recursos Hídricos; • Fiscaliza e regula a gestão hídrica no país, junto ao Ministério do Meio Ambiente e a Agência Nacional de Águas; • Conselho Nacional de Recursos Hídricos regulamenta política com a participação do governo federal, estados, DF, Setores e Usuários da Sociedade Civil; • Gerencia comitês de bacias federais ou interestaduais; • Fiscaliza a água para consumo humano por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
Estados	<ul style="list-style-type: none"> • Responsável pela gestão das águas sob o seu domínio; • Elabora legislação específica para sua área; • Organiza o Conselho Estadual de Recursos Hídricos e garante o funcionamento dos comitês de bacia em sua competência; • Fiscaliza a água para consumo humano por meio da Vigilância Sanitária estadual.
Municípios	<ul style="list-style-type: none"> • Integram políticas de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e do meio ambiente com as políticas federal e estaduais de Recursos Hídricos; • Possuem assentos nos Comitês de bacias Hidrográficas no intuito de promover a articulação intersetorial e federativa das políticas públicas territoriais; • Fiscaliza a água para consumo humano por meio da Vigilância Sanitária municipal.
Distrito Federal	<ul style="list-style-type: none"> • Possui as mesmas competências dos estados e municípios na gestão de seus Recursos Hídricos

FONTE: Aith e Rothbarth (2015, p. 169).

Segundo o documento da Agência Nacional de Águas, ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores (2019), com o intuito de gerir os recursos hídricos a ANA realiza frequentemente o acompanhamento da conjuntura das águas nacionais, isto ocorre por meio de estatísticas e indicadores que nutrem o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Dessa forma, cada meta vinculada ao ODS 6 é monitorada por meio de indicadores, como pode ser observado no quadro a seguir, cujo trata das metas destacadas neste trabalho.

Quadro 3 – Indicadores das metas destacadas

Meta	Indicador
6. 1 - Água potável	<ul style="list-style-type: none"> • 6.1.1 - Proporção da População que Utiliza Serviços de Água Potável Geridos de Forma Segura.
6.3 - Melhorar a qualidade da água	<ul style="list-style-type: none"> • 6.3.1 - Proporção de Águas Residuais Tratadas de Forma Segura; • 6.3.2 -Proporção de Corpos Hídricos com Boa Qualidade da Água.
6. 4 - Uso eficiente da água	<ul style="list-style-type: none"> • 6.4.1: Alterações na Eficiência do Uso da Água; • 6.4.2: Nível de Stress Hídrico: Proporção entre a Retirada de Água Doce e o Total dos Recursos de Água Doce Disponíveis do País.
6.6 - Proteger e restaurar ecossistemas	<ul style="list-style-type: none"> • 6.6.1: Alteração dos Ecossistemas Aquáticos ao Longo do Tempo;
6.b - Apoiar e fortalecer a participação local	<ul style="list-style-type: none"> • 6.b.1: Proporção de Unidades Administrativas Locais com Políticas e Procedimentos Estabelecidos Visando à Participação Local na Gestão da Água e Saneamento.

FONTE: Agência Nacional de Águas (2019b, p. 4).

No ano de 2000, por meio da Lei Federal n.º 9.984, foi criada a Agência Nacional de Águas - ANA, instalada a partir da edição do Decreto Federal nº 3.692, tal agência é definida como “entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecendo regras para a sua atuação, sua estrutura administrativa e suas fontes de recursos” (BRASIL, 2000, pg. 1).

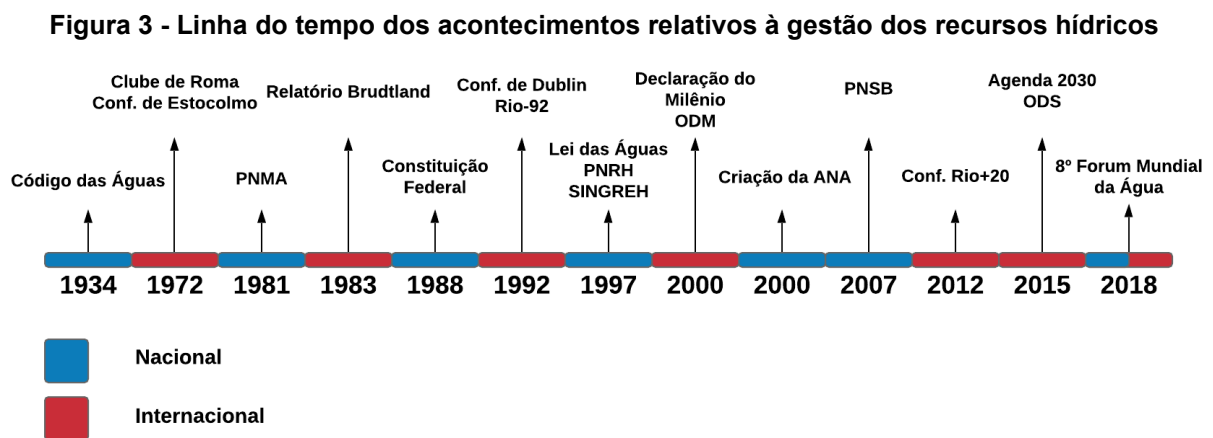
Aliado direta e indiretamente a gestão dos recursos hídricos, em 2007 foi elaborado o Plano Nacional de Saneamento Básico - PNSB, por meio do advento da Lei Federal n.º 11.445, que dentre as questões abordadas contempla ponderações a respeito da importância da drenagem urbana das águas pluviais, elencando-a como um dos pilares para a garantia de um saneamento básico de qualidade. Isto é, apesar da distinção de abordagem e objetivos do PNSB e da PNRH, a disponibilidade hídrica para o uso múltiplo da água, bem como a garantia de sua qualidade depende de uma visão polivalente e integrada.

Sendo assim, estas políticas nacionais se estendem aos estados, podendo ter normativas e diretrizes específicas e adaptadas às particularidades de cada cenário. No caso do estado do Paraná, por exemplo, houve a instituição da Política

Estadual de Recursos Hídricos (PERH/PR) por meio da Lei Estadual 12.726 de 26 de novembro de 1999.

No prisma de eventos internacionais, em 2018 ocorreu no Brasil o 8º Fórum Mundial da Água, sediado em Brasília. Dentre as edições, que ocorrem a cada 3 anos, esta foi a maior já realizada e a primeira no Hemisfério Sul (WORLD WATER FORUM, 2018).

A seguir, a Figura 3 apresenta um resumo da linha temporal com alguns acontecimentos nacionais e internacionais descritos neste capítulo.



FONTE: Aatoria própria (2021)

Dessarte, como resultado dos eventos históricos descritos brevemente nesse trabalho, foi possível instaurar instrumentos legais e institucionais essenciais para que haja o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento e monitoramento do patrimônio hídrico brasileiro eficiente, fundamentais para quantificar, compreender e lidar com as demandas populacionais e ambientais.

Consoante a garantia da disponibilidade da água para a presente e futuras gerações, a gestão dos recursos hídricos é um dos alicerces necessários para o desenvolvimento nacional, contudo requer empenho e esforço contínuo dos entes responsáveis. Não obstante, segundo Esteves (2012, p.47), “estima-se que o Brasil concentre entre 12% e 16% do volume total de recursos hídricos do planeta. Todavia, estes se encontram distribuídos de forma não homogênea ao longo de nosso território continental”. Neste contexto, de acordo com a ANA (2019a), a Região Hidrográfica Amazônica detém aproximadamente 80% da água superficial

desse montante, contracenando com a baixa demanda hídrica e densidade demográfica.

Ademais, ainda conforme Esteves (2012), há outras considerações atenuantes quanto a disponibilidade de água, como o nível de urbanização, divergências quanto ao uso da água e incidência de poluição. Essas informações demonstram o quão vulnerável o país pode estar em relação a eventos extremos, apesar dos números absolutos globais do volume de água estarem a favor do Brasil.

4.2 Drenagem urbana

O gestor público, além de considerar uma série de questões sociais e financeiras ao optar pelo sistema de drenagem que será adotado, deve se embasar, por meio da assessoria dos seus técnicos, em conceitos de solos e de hidrologia.

Dessarte, na conjuntura do perímetro urbano, dentre as possíveis estruturas condutivas de deflúvio, pode ser optado pela administração pública a utilização de manilhas de concreto instaladas subterraneamente. Outrossim, em locais que careçam de estruturas mais complexas, o escoamento superficial pode ser carreado por meio de calhas e sarjetas, por exemplo (BOTELHO, 2017).

Todavia, como fora supracitado, existem diversas variáveis a serem consideradas ao escolher a forma de drenagem. Assim sendo, devido ao escopo do estudo e da localidade em que está sendo executado, o sistema doravante trabalhado ao longo deste trabalho será o por meio das manilhas de concreto subterrâneas, alimentadas pela água da chuva captadas por bocas de lobo, que posteriormente são lançadas em corpo hídrico.

Entretanto, para se alcançar o desenvolvimento de tais estruturas houve uma série de avanços históricos no manejo das águas pluviais. Nesse sentido, Righetto et al. (2009) disserta que a priori o manejo das águas pluviais se dava de maneira localizada e estava vinculado ao surgimento de problemas de cunho socioeconômicos, para a proteção da saúde pública e infraestruturas. Ademais, seu surgimento ocorreu devido a expansão urbana caótica em meados do século XX.

Ainda segundo Righetto et al. (2009), o manejo integrado das águas urbanas avançou como resultado dos graves problemas ambientais vinculados ao crescimento socioeconômico dos municípios.

Em consonância com Righetto et al. (2009), Christofidis et al. (2019) defende a simbiose da natureza e atividades humanas, discorrendo que a gestão das águas pluviais no âmbito urbano deve considerar as características naturais do ambiente, se atentando também às mudanças climáticas.

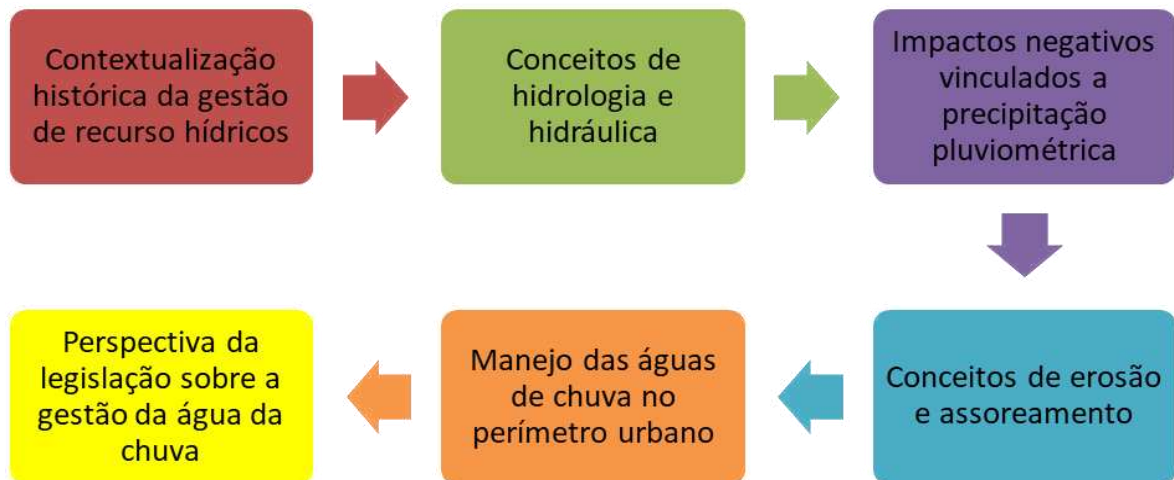
5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Pesquisa bibliográfica

Primeiramente foi realizado o levantamento de literatura para compor a pesquisa bibliográfica que fundamentou o trabalho, por meio de artigos, teses e livros vinculados à temática de drenagem urbana, gestão pública, recursos hídricos, hidrologia, erosão, assoreamento e impactos ambientais.

Assim sendo, os conceitos abordados que fundamentaram a revisão de literatura foram dispostos de tal maneira que pudessem estar cerzidos com o conteúdo precedente e subsequente. Posto isto, na Figura 4 está demonstrado a sequência da estrutura utilizada no referido tópico, que apesar de indicar conceitos amplos, seu enfoque convergiu para o manejo das águas da chuva no ponto de lançamento do sistema de galerias de drenagem urbana.

Figura 4 - Composição da revisão de literatura



FONTE: Autoria própria (2021)

Além de pesquisadores e profissionais das áreas correlatas ao objeto de estudo deste trabalho, do prisma legislativo, esta dissertação se embasou sobretudo nas Leis Federais: 9.433 de 1997, 10.257 de 2001 e 11.445 de 2007, concernentes a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos, ao Estatuto da Cidade e as diretrizes nacionais para o saneamento básico, respectivamente. Dessa forma, foi

analisado as diretrizes nacionais quanto a gestão e manejo das águas pluviais e qual seria o papel dos municípios nesta questão.

Entretanto, foram citadas ao longo do trabalho diversos outros atos normativos nacionais associados a temática, conforme pode ser observado no Quadro 4.

Quadro 4 – Atos normativos citados

Ato normativo	Ementa
Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	<ul style="list-style-type: none"> • Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997	<ul style="list-style-type: none"> • Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989
Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000	<ul style="list-style-type: none"> • Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico.
Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978.
Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012	<ul style="list-style-type: none"> • Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.
Decreto Federal nº 3.692, de 19 de dezembro de 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Dispõe sobre a instalação, aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos Comissionados e dos Cargos Comissionados Técnicos da Agência Nacional de Águas - ANA, e dá outras providências.

Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934	<ul style="list-style-type: none"> • Decreta o Código de Águas.
Lei Estadual nº 12.726, de 26 de novembro de 1999 (Paraná)	<ul style="list-style-type: none"> • Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e adota outras providências.

FONTE: Autoria própria (2021)

No que se refere aos dispositivos estruturais do gerenciamento do volume pluviométrico, devido ao escopo do trabalho, a pesquisa teórica convergiu para as estruturas contidas nos pontos de lançamento da água da chuva, captadas superficialmente no perímetro urbano. Assim, ao longo da revisão de literatura foram apontadas algumas estruturas que podem ser instaladas nos emissários, enfatizando sua relação com impactos ambientais nos corpos hídricos receptores e em áreas de entorno.

Dessa forma, autores como Fendrich et al. (1997), Mello (2013) e Back e Poleto (2017) foram fundamentais para relacionar alguns conceitos de solos e sedimentos com a incidência de processos erosivos nos pontos de lançamento do sistema de drenagem das águas da chuva, bem como o assoreamento a jusante do corpo hídrico receptor.

5.2 Guia para emissário de lançamento de águas pluviais

A elaboração do guia, levou em consideração aspectos concernentes ao manejo da água da chuva nos emissários.

O material foi elaborado com a preocupação de não se limitar apenas a aspectos estruturais, mas também com práticas de gestão e planejamento, tudo com o intuito de fortalecer os mecanismos de gerenciamento dos recursos hídricos.

Dessa maneira, algumas figuras e esquemas dispostos no guia foram produzidas e formatadas por meio do software editor de imagens gratuito Pixlr. Tal ferramenta é gratuita e necessita de um computador com navegador e acesso à internet, pois sua plataforma trabalha de maneira online, dispensando assim a instalação de seus componentes em disco rígido.

Além disso, o corpo do material foi confeccionado no site Canva, uma ferramenta online com planos gratuitos e pagos, capaz de produzir diversos designs

e templates personalizados. As páginas do guia foram geradas por meio do Canva e foram exportadas da plataforma no formato Portable Document Format (PDF).

Os registros fotográficos dos pontos de lançamento das águas pluviais, dispostos ao longo das páginas do guia, foram obtidas em visitas a campo realizadas em janeiro de 2021 em pontos aleatórios no município de Campo Mourão, Paraná e por meio da bibliografia consultada.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado foi realizada uma pesquisa bibliográfica contendo conceitos relativos à drenagem urbana. Além disso, houve a elaboração do material “Guia: Emissários de lançamento de águas pluviais”, descrito no tópico 7.

6.1 Conceitos de hidrologia e hidráulica

A água é utilizada em inúmeras atividades antrópicas fundamentais, como o próprio abastecimento público, a limpeza e o saneamento, podendo ter sua origem por meio da captação em fontes superficiais e/ou subterrâneas. Outrossim, pode estar integrada no âmbito urbano por meio dos corpos hídricos, como rios e lagos, e/ou por intermédio da precipitação pluviométrica.

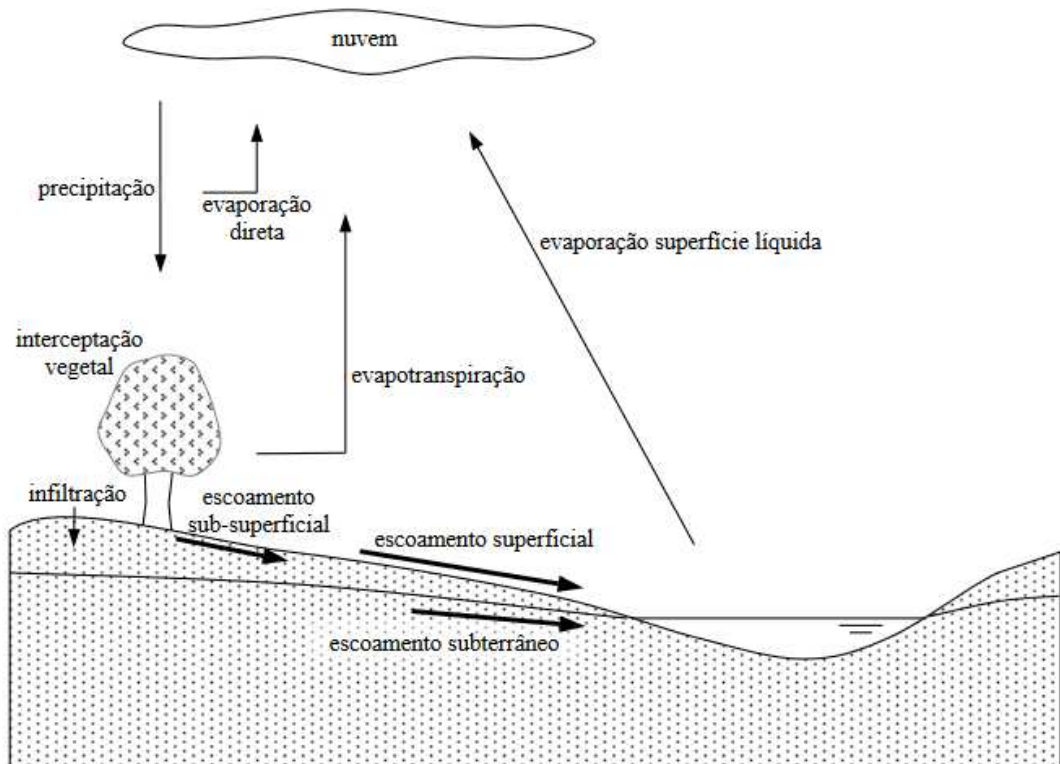
Dessa forma, segundo Peixoto, Rodrigues e Albuquerque (2017), a água por ter uma natureza dinâmica e ocorrência complexa, e devido a sua interação em âmbitos urbanos com questões de ordem social, econômica e política, resulta em circunstâncias e necessidades variáveis no que tange a elaboração de modelos de seu gerenciamento.

Em um contexto mais amplo, os recursos hídricos além de seu caráter de múltipla utilidade nas atividades antrópicas, são fundamentais para a manutenção dos ecossistemas.

Segundo Magalhães (2005), apesar do ciclo hidrológico ser de cunho essencial em hidrologia, devido a sua complexidade, as variáveis envolvidas no fenômeno são usualmente resumidas e categorizadas nas seguintes etapas: precipitação, evaporação de superfícies líquidas, evaporação da umidade do solo, transpiração da biota, infiltração, e, por fim, em escoamento superficial, sub-superficial e subterrâneo. Ademais, a transpiração dos seres vivos e a evaporação hídrica são frequentemente indicados como evapotranspiração.

Acresce que a dinamicidade do ciclo hidrológico, representado de maneira sintetizada na Figura 5, exige uma gestão da água de maneira ímpar no que se refere ao uso de solo, instalação de infraestruturas apropriadas, lançamento de efluentes, dentre outros, a fim de preservar a água tanto qualitativamente quanto quantitativamente, garantindo a conservação do meio ambiente e a qualidade de vida humana.

Figura 5 - Ciclo hidrológico de maneira sintetizada



FONTE: Magalhães (2005, p. 27).

Nesse condão, os sistemas de drenagem urbana, utilizados no controle de inundações, são uma resposta da engenharia à necessidade do gerenciamento do escoamento natural da precipitação nas cidades (GRIBBIN, 2017). Esta precipitação, segundo Bertoni e Tucci (2001, pg. 177), “é entendida em hidrologia como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre”, seja por meio da neblina, granizo, geada, neve e chuva, sendo esta última seu estado mais comum no Brasil.

Dessa maneira, a água pluvial, que é a água que decorre da precipitação pluviométrica, tem sua taxa de infiltração no solo de acordo com as particularidades do âmbito em que incide, com seu excedente escoando superficialmente. Assim, se houver uma delimitação da área de contribuição dessa água pluvial, por via de regra, com toda sua vazão superficial descarregando em um único exutório, essa região, que pode conter diversos cursos d’água, é definida como bacia hidrográfica (SILVEIRA, 2001).

Outrossim, “uma bacia hidrográfica pode ser fragmentada em sub-bacias, que são basicamente formadas pela área drenada por uma afluente específico do rio” (PEIXOTO; SILVEIRA, 2017, pg. 4). Na figura 6, a seguir, está um exemplo de esquema de bacia hidrográfica, porém no caso demonstrado o exutório coincide com o mar.

Figura 6 - Exemplo de bacia hidrográfica



FONTE: Freitas et al. (2015, p. 9).

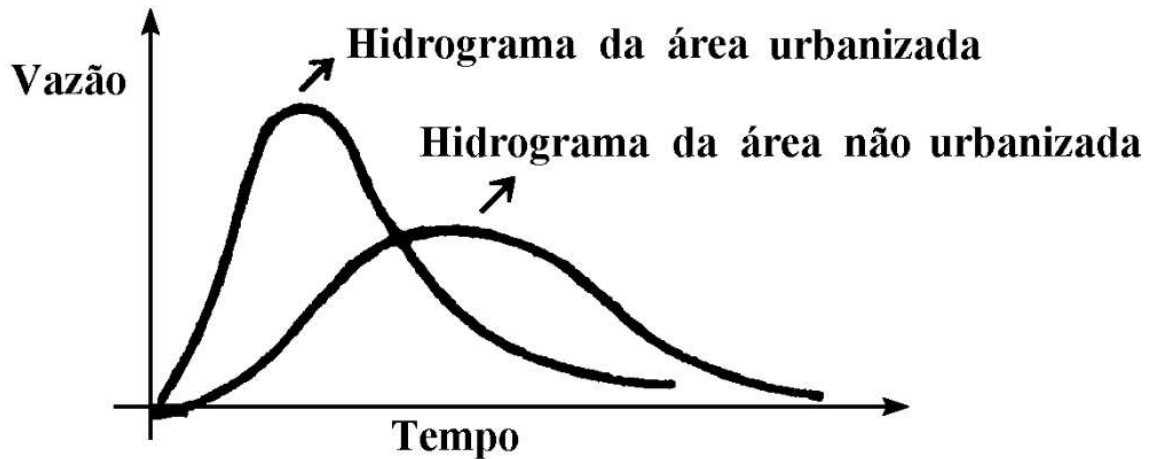
Posto isso, do mesmo modo que as áreas rurais, o perímetro urbano está incluso em um contexto hidrológico complexo, podendo estar inserido em uma ou mais bacias hidrográficas, cada qual podendo abranger suas sub-bacias e características distintas.

Assim sendo, consoante a Peixoto e Silveira (2017), entender os aspectos singulares do contexto das cidades, que sofreram transformações expressivas em sua área de abrangência, é um desafio para um planejamento ambiental urbano com maior eficácia e verdadeiramente sustentável.

Nesse diapasão, não assemelhando-se ao contexto rural, de acordo com Tucci (2015), o desenvolvimento urbano propicia a impermeabilização do solo, por meio de estruturas como ruas e pátios, por exemplo. Dessa forma, quando ocorre essa modificação no espaço, aliado a supressão da vegetação nativa, pode surgir um aumento na vazão máxima e no volume total da água que esco

superficialmente, também denominada de deflúvio ou *runoff*, além de antecipar o pico desta vazão, conforme pode-se notar nos hidrogramas sobrepostos presentes na Figura 7.

Figura 7 - Hidrogramas sobrepostos, área urbanizada e área não urbanizada



FONTE: Tucci (2015, p. 18).

Como pode ser observado por meio da Figura 7, um hidrograma é um gráfico que relaciona a vazão de água que escoia superficialmente com o tempo de duração do evento da chuva (GRIBBIN, 2017). Além disso, vale destacar que o fluxo do deflúvio ocorre de cima para baixo, até incidir em uma área de fundo de vale, essa podendo ser seca ou até mesmo dispor na localidade um corpo hídrico permanente (BOTELHO, 2017).

Ainda nessa ponderação, esse incremento no volume total de água para um curto período de tempo, aliado a uma maior velocidade de escoamento superficial, produz uma carga de energia acumulada com potencial de causar e/ou agravar processos erosivos, acarretando no deslocamento das partículas de solo (GRIBBIN, 2017). Nesse sentido, conforme Nunes e Rosa (2020), essa conjuntura fomenta o aumento da pressão hídrica nas áreas de fundo de vale, o que corrobora com o supracitado.

Da óptica das águas subterrâneas, a redução do volume hídrico infiltrado impacta negativamente a capacidade de armazenamento de água nas microbacias, principalmente durante períodos de estiagem, reduzindo substancialmente a quantidade disponível nos reservatórios subterrâneos (RODRIGUES; GOUVEIA, 2013).

Portanto, em relação a ocupação de bacias hidrográficas urbanas, se não houver o manejo correto das águas pluviais, com planejamento e ações adequadas, poderão irromper pontos de erosão superficial, acompanhados pelo assoreamento dos corpos hídricos receptores (GALERANI et al., 2015). Ou seja, danos socioambientais que comprometem os usos múltiplos da água.

6.2 Impactos negativos decorrentes do planejamento inadequado diante da precipitação pluviométrica

Conforme descrito no tópico anterior, a precipitação pluviométrica no meio urbano pode provocar pontos de erosão superficial e, por consequência, assoreamento dos corpos hídricos que recebem as águas pluviais oriundas do sistema de drenagem. No entanto, os impactos negativos não se limitam apenas ao desprendimento e transporte de sedimentos, vale salientar, antes do aprofundamento nas questões de solo e hidrossedimentologia no capítulo subsequente, as consequências socioeconômicas de um sistema de drenagem urbana ineficiente.

Do prisma hidrológico a equação é simples, a água acumulada na atmosfera precipita, uma parte infiltra no solo e o restante escoar superficialmente. Devido às características do Brasil, doravante, neste trabalho, a precipitação será tratada e resumida como o fenômeno de chuva.

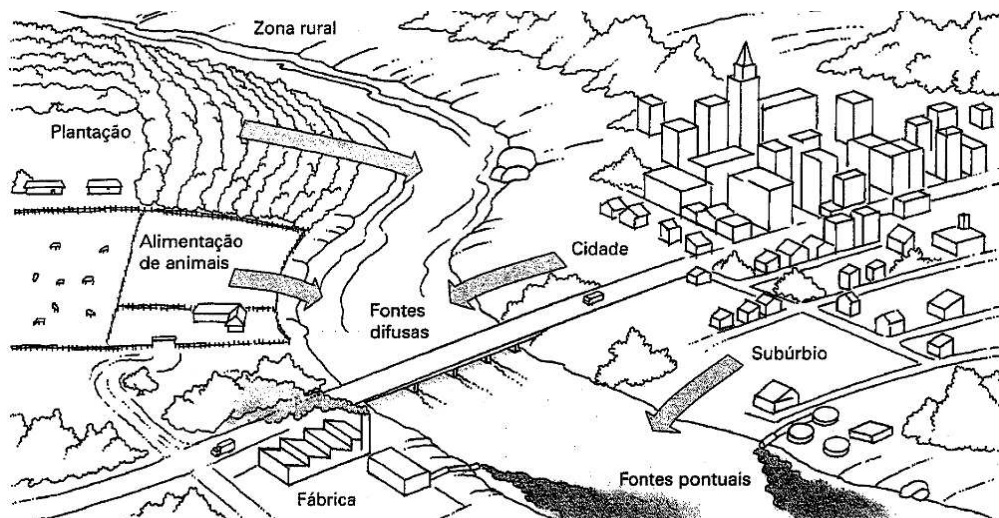
Assim, na óptica social, e com as particularidades já elencadas no meio urbano, a chuva pode propiciar adversidades aos gestores públicos e a população como um todo. Segundo Botelho (2017), deslizamento ou instabilidade de taludes, danificação dos pavimentos pelas altas velocidades das águas nas ruas, obras de correção em estruturas danificadas pelo acúmulo de água, estão entre os possíveis problemas vinculados à impermeabilização do solo quando não há um planejamento e ações adequados.

Além dos impactos socioambientais da chuva supracitados, Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007), apontam a ocorrência da dispersão de poluentes devido à água pluvial. Tal ocorrência interfere na qualidade hídrica e pode ter origem no carreamento de partículas sólidas, organismos patogênicos, carga orgânica, entre outras encontradas em calçadas, ruas e em resíduos dispostos no perímetro urbano,

resultando em seu lançamento nos corpos hídricos a jusante da rede de drenagem pluvial.

Assim, segundo Braga et al. (2005), a origem da poluição hídrica pode ser dividida em fontes pontuais, no caso do lançamento de cargas por meio de sistemas individualizados, como nos casos de esgotamento sanitário ou efluentes de origem industrial, e fontes difusas. Dessa forma, no que tange à drenagem urbana, juntamente à poluição proveniente de campos agrícolas por exemplo, é caracterizado como uma fonte difusa, ou seja, cuja não possui um local específico de emissão e sim ocorre ao longo de uma extensa área. A seguir, na Figura 8, se encontra uma ilustração referente à poluição por fonte difusa e pontual.

Figura 8 - Poluição com fonte difusa e pontual



FONTE: Braga et al. (2005, p. 83).

Ademais, concernente a impactos negativos no solo relacionado à chuva em âmbitos antropizados, na Figura 9 e 10 estão dispostos registros fotográficos de uma área de instabilidade de talude e uma voçoroca no ponto de lançamento da chuva no sistema de drenagem, respectivamente.

Figura 9 – Rua urbana que sofreu deslizamento do talude



FONTE: Arquivo do Grupo de Pesquisa em Geoecologia e Gestão Ambiental UTFPR-CM (2019)

Figura 10 - Processo erosivo acentuado a jusante do emissário de águas pluviais



FONTE: Arquivo do Grupo de Pesquisa em Geoecologia e Gestão Ambiental UTFPR-CM (2019)

Além dos transtornos socioeconômicos discorridos anteriormente, vale acrescentar os pontos de alagamento e inundações como consequências negativas no âmbito urbano e em atividades antrópicas, outrossim. Pode-se citar, por exemplo, que só no dia 10 de fevereiro de 2020, devido às fortes chuvas, o comércio na Grande São Paulo levou um prejuízo aproximado de 110 milhões, conforme

notificado pela Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo do Estado de São Paulo (2020).

Além das inundações e problemas relacionados a impermeabilização, a incidência da chuva pode fomentar o aumento de processos erosivos, deslizamentos e conseqüentemente o transporte de sedimentos e sua deposição, resultando em assoreamento nos canais de drenagem e nos corpos hídricos a jusante, além de possibilitar o transporte de poluentes agregados às partículas sedimentares (GALERANI et al., 2015).

De acordo com Botelho (2017), o desenvolvimento urbano deve ser planejado corretamente, levando em consideração as particularidades do local, respeitando sua topografia e geologia, a fim de implantar um projeto e sistema pluvial apropriado. Ou seja, manejar corretamente as águas pluviais com o intuito de mitigar a incidência de prejuízos socioeconômicos e ambientais.

6.3 Conceitos de erosão e assoreamento de corpos hídricos

Do prisma dos conceitos relativos a solos, e consoante com Fendrich et al. (1997), a camada de solo é constantemente desprendida e transportada pelo escoamento da água superficial, com suas partículas se depositando ao longo dos corpos hídricos.

Dessa forma, no âmbito natural, esta circunstância converge a uma conjuntura equilibrada onde não há danos socioeconômicos, no caso de um espaço não ocupado. No entanto, conforme Mello (2013) e Fendrich et al. (1997), ao se realizar modificações que perturbem a condição estacionária prévia podem surgir pontos erosivos, que no contexto antropológico possibilita adversidades no meio agrícola e no manejo dos recursos hídricos nas áreas urbanas.

Vale salientar que concernente aos impactos socioeconômicos das erosões em áreas urbanas, seu custo “pode ser medido pelos gastos privados e públicos para a restauração de cursos d’água que recebem o material erodido e para calçar e refazer edificações e vias destruídas ou ameaçadas de desabamento”. (BRAGA et al., 2005, p. 139). Assim, considerando que alguns problemas podem ter seus impactos minorados, ou até mesmo evitados, se as cidades contarem com um planejamento e gestão pública congruentes, da perspectiva orçamentária, há

argumentos favoráveis a instalação de infraestruturas adequadas para suportar as vazões pluviométricas regionais.

Segundo Lepsch (2010), os processos erosivos ocorrem sobretudo devido à ação do vento e da água da chuva, esta última é denominada como erosão hídrica que se divide em duas etapas distintas, primeiramente se sucede a desagregação dos sedimentos do solo e em seguida o seu transporte. Ou seja, por meio da energia cinética oriunda das gotas de chuva, efeito splash, aliado ao deflúvio, ocorre o desprendimento das partículas do solo, que posteriormente, são carregadas para locais de menor altitude. Por fim, este material acaba se depositando ao longo de superfícies secas ou corpos hídricos, tais como o fundo dos lagos, rios e oceanos.

Já a erosão pela ação do vento, conforme versado por Araújo, Almeida e Guerra (2005), ocorre sobretudo em ambientes de climas áridos e semiáridos, ao invés de âmbitos com condições climáticas mais úmidas.

Assim sendo, segundo Araújo, Almeida e Guerra (2005), a erosão hídrica está sujeita a cinco variáveis básicas, sendo elas: o clima, tipo de solo, topografia, cobertura vegetal e uso e manejo do solo. Quanto aos parâmetros climáticos, os mais relevantes são a intensidade e a duração da precipitação.

Nesse condão, considerando as alterações antrópicas em âmbitos urbanizados, das cinco variáveis citadas no parágrafo anterior, as cidades estão circunscritas em locais onde a topografia, a cobertura vegetal e o manejo dos solos são severamente afetados.

Dessa forma, de acordo com Lepsch (2010), quanto aos tipos de erosões hídricas, pode se elencar a erosão laminar, em sulcos e em voçorocas. Alguns autores, como Araújo, Almeida e Guerra (2005), utilizam o termo de ravinamento para tratar da erosão em sulcos.

Ainda conforme Lepsch (2010), a erosão laminar trata-se da remoção da camada superficial do terreno, e em consonância de Fendrich et al. (1997) e com Back e Poleto (2017), pode estar condicionada a intensidade pluviométrica e com as características particulares do solo, bem como a fatores topográficos e climáticos.

Ademais, se considerar o prisma estrito da energia cinética, a erosão por salpicamento, fomentado pelo impacto das gotas de chuva que precipitam com velocidades médias de aproximadamente 22 a 33 km/h, é mais relevante que a causada pelo escoamento superficial, cujo comumente se desloca com velocidades de 1 a 2 km/h, segundo Araújo, Almeida e Guerra (2005). Portanto, salienta-se que o

efeito splash promove ainda mais o desprendimento de solo em locais sem cobertura vegetal na superfície.

Em contrapartida, a erosão em sulcos, ou de ravinamento, ocorre devido a enxurrada resultante de um terreno com superfície irregular, ou que propicie a concentração do escoamento da água em determinadas localidades (LEPSCH, 2010). Além disso, ressalta-se que sua ocorrência “é mais séria onde ocorrem chuvas intensas, em bacias hidrográficas ou locais com características de alta produção de escoamento superficial do solo solta” (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2005, p. 89).

Para Almeida Filho e Teixeira Filho (2014), a incidência da voçoroca, ou boçoroca, advém do desenvolvimento das ravinas após esta atingir o freático. Ademais, além da influência das águas superficiais no processo erosivo, no cenário das voçorocas ocorre o seu agravamento devido a movimentação de águas subterrâneas, fomentando o aumento das dimensões e da gravidade das, a priori, ravinas.

A erosão hídrica pode acarretar em uma reação em cadeia, onde os sulcos de pequeno porte têm a capacidade de se ampliarem e provocar o surgimento de cavidades ramificadas, que por fim podem se desenvolver em uma voçoroca (Figura 11) (LEPSCH, 2010).

Figura 11 - Área com processo erosivo



FONTE: Lepsch (2010, p. 194).

Além da erosão referida anteriormente, outro impacto negativo relacionado ao desprendimento dos sedimentos do solo, que pode ser ocasionado pelo lançamento das águas pluviais do sistema de drenagem, é o assoreamento dos corpos hídricos.

Conforme Carvalho et al. (2000) e Cabral (2005), o assoreamento é um problema grave que afeta diretamente os reservatórios e os rios, reduzindo o volume total de água utilizável. Isso ocorre por meio da retenção dos sedimentos no fundo dos corpos hídricos ocasionada pela sua sedimentação, decantação e atrito. Outrossim, Jorge e Guerra (2013) salientam que além do assoreamento, a transporte dos sedimentos resultam também em poluição depositada ao longo dos rios, lagos, reservatórios e açudes.

Ademais, a depender do diâmetro do sedimento, pode ser carregado ao longo dos rios, sendo transportados por longas distâncias. Inclusive, no caso de incidência próximo a barragens e demais centrais produtoras de energia por intermédio da movimentação das águas, pode diminuir a capacidade de geração de energia de usinas hidrelétricas (MAIA, 2006). A seguir, na Figura 12, está disposto uma fotografia do rio Figueirão, no Mato Grosso do Sul, em um trecho impactado pelo assoreamento.

Figura 12 - Exemplo de assoreamento, rio Figueirão, Mato Grosso do Sul



Myrian Abdon

FONTE: Abdon (2014, p. 198).

Vale acrescentar que a erosão e assoreamento também são causados por deficiências relacionadas à conservação de solo em áreas agrícolas, obras de infraestrutura, tais como rodovias e ferrovias, entre outras.

Nesse sentido, tendo em vista os possíveis impactos negativos socioambientais e econômicos atrelados a processos erosivos, é de vital importância o correto planejamento e execução de ações que provocam alterações nas características superficiais do solo e da vegetação. Ou seja, para garantir uma gestão holística dos recursos hídricos que assegure o uso múltiplo da água, os conceitos que envolvem o manejo da terra têm relevância ímpar.

6.4 Galeria de drenagem de águas pluviais

Os sistemas de drenagem urbana podem ser divididos em duas categorias, a microdrenagem e a macrodrenagem. Conforme Bidone e Tucci (2015, p. 77) “a microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana”, e fundamentada de acordo com a subdivisão da área e do traçado, da determinação do volume de água que converge para as tubulações e como será o método adotado em seu dimensionamento.

Assim sendo, segundo Martins (2015), a macrodrenagem equipara-se com a rede de escoamento natural do solo, prévia à antropização de uma área, onde o deflúvio desloca-se para os corpos hídricos que já captavam as águas de chuva anteriormente. Conseqüentemente, as estruturas primárias, que captam as águas pluviais e que compõem a microdrenagem, tem sua condução final destinada à macrodrenagem.

Dessa forma, uma rede de galerias de águas pluviais de drenagem urbana requer projetos dimensionados para suportar as vazões pluviométricas regionais. Assim, as instalações devem estar condizentes com a demanda de água local, tanto em seu ponto de coleta, quanto nos canais condutivos até seu lançamento, garantindo a estabilidade da estrutura e sem fomentar danos socioambientais.

Nesse condão, segundo Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007), o projeto de galeria de águas pluviais deve considerar uma série de parâmetros e variáveis, que dependem das condições de clima, geográficas e econômicas. Tais condições impactam nos valores utilizados no dimensionamento das estruturas, como por

exemplo o tempo de concentração, coeficiente de *runoff*, cotas, declividade, entre outros.

Segundo Porto (2015), para pequenas bacias hidrográficas, recomenda-se o uso do Método Racional para cálculo de vazões de escoamento em galerias pluviais, Equação 1.

$$Q_p = 0,275 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (1)$$

Onde: Q_p vazão de pico em m^3/s , C o coeficiente adimensional que vincula o volume hídrico excedente dos efeitos de armazenamento da bacia (na conjuntura do armazenamento desprezado, o C se refere ao coeficiente de escoamento superficial, coeficiente de *runoff*, Quadro 5), I intensidade média da chuva em $mm/hora$ e A como sendo a área de bacia em km^2 .

Quadro 5 – Coeficientes de escoamento superficial direto

Ocupação do solo	C
DE EDIFICAÇÃO MUITO DENSA: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com rua e calçadas pavimentadas	0,70 a 0,95
DE EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA: Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 a 0,70
DE EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 a 0,60
DE EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas, mas com muitas áreas verdes	0,25 a 0,50
DE SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções	0,10 a 0,25
DE MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campos de esporte sem pavimentação	0,05 a 0,20

FONTE: Porto (2015, p. 140).

Concernente ao o que se considera pequenas bacias, Porto (2015) e Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007) indicam a utilização da equação supracitada para bacias até $3 km^2$ ou, no caso de Porto (2015), que tenham seu tempo de concentração inferior a uma hora. Já a Resolução 068 da Secretaria do

Desenvolvimento Sustentável e Turismo do Paraná (2019) indica que o Método Racional deve ser utilizado para bacias de contribuição de no máximo 2,5 km².

Na mesma ponderação, o tempo de concentração, aludido anteriormente, de acordo com Gribbin (2017, pg. 168), é “a medição do tempo necessário para o escoamento ocorrer do ponto mais remoto da bacia hidrográfica ao exutório da bacia”. Entretanto Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007), indicam que este parâmetro se refere ao tempo levado da gota de água da chuva da sua precipitação, no ponto mais a montante de uma bacia hidrográfica, até incidir em uma seção transversal de interesse. Dentre as seções de interesse Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007) apontam barragens, pontes, locais projetados para captação para abastecimento público ou um poço de visita, por exemplo.

Em relação ao coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de *runoff*, segundo Porto (2015), depende de alguns fatores, sendo eles: o tipo de solo, ocupação da bacia, umidade antecedente, intensidade da chuva, entre outros.

Tanto o coeficiente de *runoff* quanto o tempo de concentração são parâmetros particulares de cada localidade, e estão relacionados diretamente ao volume de água da chuva que será captado pelo sistema de drenagem e será lançado no corpo hídrico receptor.

Por fim, a intensidade da chuva pode ser obtida pelas relações IDF, Intensidade-Duração-Frequência, que segundo Zahed e Marcellini (2015, pg. 40) “são obtidas através de uma série de dados de chuvas intensas suficientemente longas e representativas do local de interesse”. Ainda conforme estes autores, o trabalho mais importante em escala nacional concernente as IDF foi apresentado por Pfafstetter (1982).

Ademais, os projetos de galeria devem estabelecer limites de velocidade mínima e máxima, cujo volume de água poderá tomar nas manilhas de concreto. Isto parte do pressuposto que o projeto deve garantir que haja uma velocidade mínima de vazão para que ocorra a autolimpeza do conduto, ao mesmo tempo que não exceda valores que comprometam a estrutura da tubulação.

Dentre as estruturas que comumente constituem o sistema de drenagem urbano por meio de manilhas de concreto pode-se citar, na ordem da captação até o lançamento, sarjeta (Figura 13), boca de lobo (Figura 14) e galeria (Figuras 15 e 16). Posterior as imagens, estão dispostas descrições desses elementos estruturais.

Figura 13 - Exemplo de sarjeta



FONTE: Aatoria própria (2021)

Figura 14 - Exemplo de boca de lobo



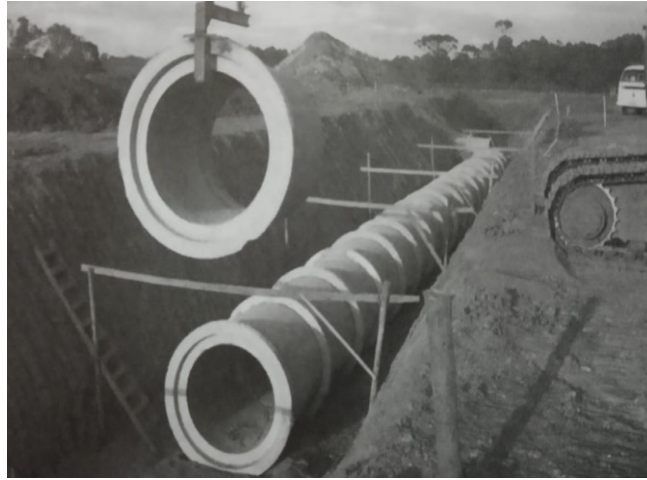
FONTE: Aatoria própria (2021)

Figura 15 - Manilhas de concreto para drenagem



FONTE: Aatoria própria (2020)

Figura 16 - Manilhas de concreto sendo instaladas



FONTE: Botelho (2017, p. 311).

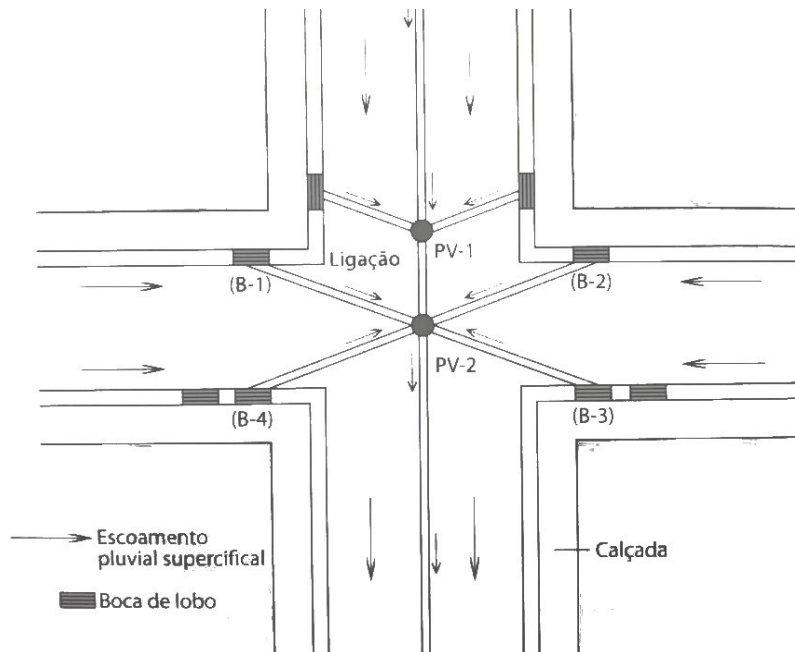
Segundo Porto et al. (2001), a sarjeta é um elemento com a mesma orientação do meio fio, formando com este uma calha que conduz a água pluvial. A posteriori, em locais dotados de boca de lobo, o escoamento superficial é guiado até o ponto onde ocorre sua captação. Nessa ponderação, as bocas de lobo devem estar instaladas nos pontos mais baixos do sistema viário, mitigando assim a incidência de pontos de água parada.

Subsequente a sua captação, a água da chuva é transportada por meio de galerias até o ponto de lançamento. Tais estruturas, conforme Porto et al (2001, pg. 823), são definidas como: “canalizações públicas destinadas a conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas”.

Além dos elementos construtivos citados anteriormente, pode-se apontar também a importância do poço de visita (PV), local responsável tanto para acesso de inspeção e manutenção das tubulações, quanto para troca de direção, declividade e diâmetro das galerias (PORTO et al., 2001).

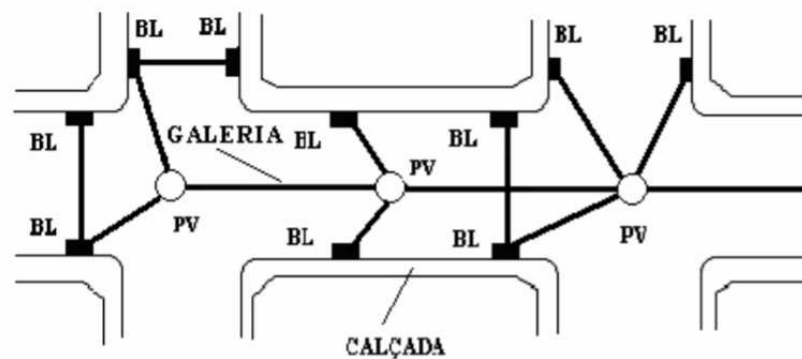
Ademais, na Figura 17 e 18, pode ser notado um esquema geral do sistema de drenagem urbana, com indicação do sentido do escoamento superficial, bocas de lobo e poço de visita.

Figura 17 - Esquema de drenagem urbana



FONTE: Botelho (2017, p. 38).

Figura 18 - Situacional de galeria de drenagem urbana



BL - boca de lobo
PV - poço de visita

FONTE: Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007, p. 65).

6.5 Estruturas vinculadas a emissários de lançamento

Além das estruturas aludidas no capítulo anterior, conforme Fendrich et al. (1997), é preciso conjecturar também a respeito dos locais adequados para o ponto de desaguadouro da galeria de águas pluviais, inclusive no que concerne a resistência do solo em relação a energia cinética proveniente do deflúvio.

Segundo Gribbin (2017), no ponto de lançamento das águas pluviais no corpo hídrico receptor é onde se pode ocorrer a maioria dos danos provenientes da erosão do solo.

Nesse diapasão, é preciso considerar como será a estrutura da tubulação no local de deságue do sistema de drenagem urbano. Assim, Salomão (1999) argumenta que se houver aumento no volume e na velocidade das enxurradas, e não existir um modo de dissipar esta energia, pode ocasionar o desenvolvimento de ravinas e voçorocas.

Conforme a Norma 022/2004 - ES do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT, um dissipador de energia é um elemento alocado nas entradas, saídas ou executado na manilha de drenagem pluvial. Tal dispositivo tem como intuito atenuar a velocidade de escoamento das águas pluviais captadas a fim de reduzir os riscos vinculados a processos erosivos, tanto no ponto de lançamento quanto em sua área circundante.

Dentre as possíveis opções de estruturas dissipadoras de energia, neste trabalho serão citadas: a plataforma de chegada das águas pluviais, enrocamento, muro de contenção lateral, blocos de impacto e escada hidráulica.

Primeiramente, a plataforma de chegada se refere à cobertura do solo com concreto ou enrocamento e tem a função de impedir o impacto direto da água da chuva no solo exposto (Figuras 19 e 20).

Figura 19 - Plataforma concretada



FONTE: Autoria própria (2021)

Figura 20 - Plataforma com enrocamento



FONTE: Minnesota Pollution control agency (2017, p. 1).

Segundo a Agência Federal de Gerenciamento de Emergências dos Estados Unidos, Federal Emergency Management Agency - FEMA (2010), a principal função do enrocamento é a proteção do solo contra a energia hídrica, principalmente em áreas de transição turbulentas, e é uma opção menos onerosa quando comparado ao concreto. Vale acrescentar que além do prisma econômico sua aplicação também providencia uma proteção a longo prazo.

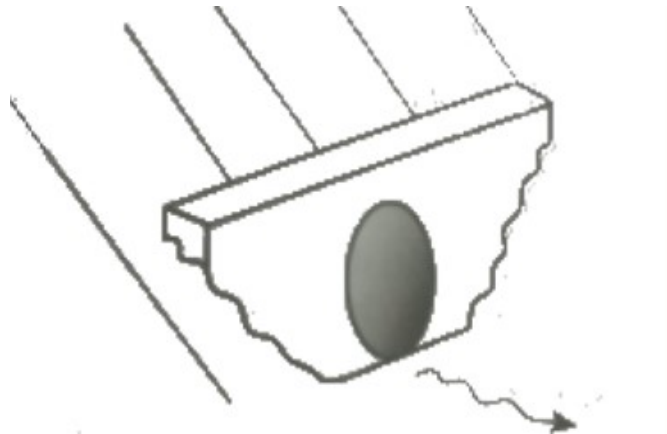
Ademais, em trechos de menor dimensão, a dissipação de energia não é expressiva, porém as características dessa alternativa permitem espalhar o escoamento da água, auxiliando a transição entre a infraestrutura e a camada natural existente no canal a jusante do lançamento (HENRIQUES, 2014).

Vale acrescentar que, segundo a FEMA (2010), o uso do enrocamento é indicado em locais onde o diâmetro da tubulação é menor que 1,50 metros, a velocidade hídrica é menor que 6 metros por segundo e o número de Froude não seja superior a 2,5.

Quanto ao número de Froude, de acordo com Çengel e Cimbala (2012), trata-se de um valor atribuído ao comportamento hídrico do escoamento de um canal aberto, podendo ser classificado como tranquilo, para valores inferiores a 1, crítico quando é igual a 1 ou rápido quando for superior a 1. Por fim, para seu cálculo, se é considerado: a velocidade média do líquido em uma seção transversal, a aceleração da gravidade, o formato da seção por onde ocorre o escoamento, entre outros.

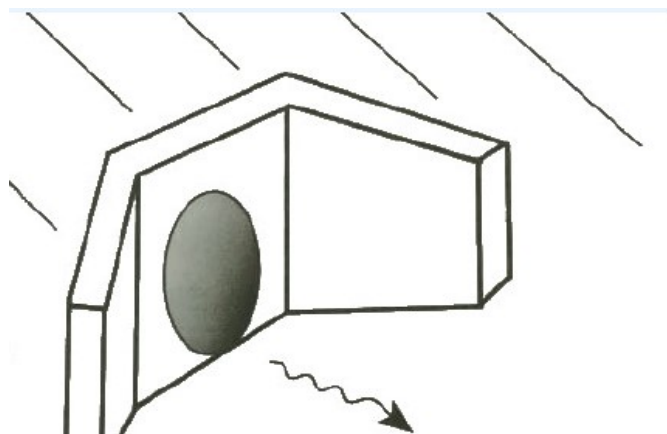
Concernente ao muro de contenção, este tem como objetivo a proteção do solo lateral do emissário de lançamento, evitando sua erosão e mantendo a declividade local, podendo conter ou não alas, conforme Figuras 21 e 22 (GRIBBIN, 2017).

Figura 21 - Muro de contenção sem alas



FONTE: Gribbin (2017, p. 110).

Figura 22 - Muro de contenção com alas



FONTE: Gribbin (2017, p. 110).

Os blocos de impacto, Figura 23 e 24, “efetuam a dissipação da energia através do impacto do fluxo em alta velocidade contra uma estrutura rígida” (BAPTISTA; COELHO, 2014, p. 400). Além disso, segundo FEMA (2010), a dissipação da energia cinética da água ocorre sobretudo devido à turbulência criada por meio da mudança da direção da água após o impacto na estrutura.

Figura 23 - Blocos de impacto no emissário de lançamento



FONTE: Autoria própria (2021)

Figura 24 - Vista lateral de blocos de impacto



FONTE: Autoria própria (2021)

Já a escada hidráulica, Figura 25, usa da declividade do solo para fomentar a dissipação da energia por meio do choque do fluxo de água o degrau a jusante, ademais esta estrutura é comum em loteamentos em áreas íngremes, taludes e em estradas (BOTELHO, 2017). As dimensões do patamar, degraus, espelho dos degraus e os materiais utilizados são calculados e dimensionados conforme a solicitação de esforço da estrutura.

Figura 25 - Escada hidráulica de pequeno porte



FONTE: Autoria própria (2021)

Á vista dos elementos e estruturas que foram versadas neste tópico, nota-se que o sistema de galerias de águas pluviais para seu dimensionamento deve considerar algumas variáveis, tais como o crescimento demográfico, área do perímetro urbano, localização, declividade, taxa pluviométrica, topografia, dentre outros. Dessa forma, o planejamento territorial deve ser eficiente para minimizar os impactos negativos socioambientais provenientes das chuvas em locais antropizados. Portanto, uma gestão pública deve buscar o máximo de ferramentas e meios para garantir a qualidade e quantidade hídrica para os mais variados fins.

6.6 Gestão municipal aplicada ao sistema de drenagem urbana

Segundo a Lei Federal 10.257 de 2001, denominada como Estatuto da Cidade, o Plano Diretor Municipal (PDM) “é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana”, e deve ser elaborado, entre outras diretrizes, para municípios com densidade demográfica maior que vinte mil habitantes. Outrossim, o PDM é obrigatório também para as cidades “incluídas no cadastro nacional de Municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos”. Ademais, a lei supracitada determina quais os itens mínimos que devem contar no PDM.

Posto isto, apesar de haver menções no Estatuto da Cidade quanto a drenagem urbana, ela estabelece obrigatoriedade de abordagem no PDM apenas

para os municípios cadastrados “com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos” (BRASIL, 2001). Entretanto, em seu artigo 3º, estipula que compete à União promover, junto aos estados, distrito federal e os municípios, programas de saneamento básico, além de estabelecer suas diretrizes.

Por fim, a Lei Federal 10.257 de 2001 menciona também que os conteúdos abordados no PDM devem estar consoantes com a Lei Federal 9.433 de 1997, a Lei das Águas, a qual estipula que cabe aos municípios, dentre outros entes federativos, a integração das políticas locais de saneamento básico. Além disso, a Lei das Águas tem como um de seus objetivos instigar e promover a captação, conservação e o aproveitamento das águas pluviais, bem como assegurar a disponibilidade hídrica com padrões de qualidade adequados para os respectivos usos.

À vista disto, as diretrizes nacionais para o saneamento básico são estabelecidas por meio da Lei Federal 11.445 de 2007, e tem como um dos princípios fundamentais disponibilizar serviços de drenagem e manejo das águas pluviais. Em seu inciso IV do artigo 2º, determina a obrigatoriedade do tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes de galerias, indicando que estas devem estar apropriadas para a saúde pública, ao meio ambiente, para a segurança da vida, e ainda, adequados ao patrimônio público e privado.

Ademais, vale destacar também a Lei Federal 12.608 de 2012, cuja institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, que possui, dentre seus objetivos, a busca pelo fomento ao ordenamento da ocupação do solo urbano e rural, com o propósito de sua conservação e a proteção da vegetação nativa, dos recursos hídricos e da vida humana. Além disso, no inciso IV do art. 4 do PNPDEC há indicado entre suas diretrizes a “adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d’água. Dessa forma, corroborando a importância da convergência de uma gestão hídrica holística, considerando múltiplos parâmetros e conjunturas.

Assim sendo, pelo prisma hidrológico, a qualidade das águas pluviais conduzidas pelos sistemas de drenagem devem estar em condições favoráveis e não acarretar riscos para o meio ambiente e para os usos múltiplos da água.

Por fim, como versado anteriormente, cabe à gestão municipal providenciar ações que garantam o correto manejo das águas pluviais em seu perímetro. Acresce que, segundo Tucci e Genz (2015), o tardar no planejamento, e a falta de

mecanismos básicos de controle pelas administrações municipais, acarretam à sociedade o ônus econômico de reparar danos pós urbanização de áreas impróprias ou sem as devidas considerações estruturas e de uso e ocupação do solo.

7 PRODUTO

O produto “Guia: Emissários de lançamento de águas pluviais”¹ possui 23 páginas com diretrizes e normativas gerais para a gestão de emissários do sistema de drenagem urbana. O material multifocal aborda uma gama de conceitos, dissertando sobre conteúdos relativos aos problemas comumente encontrados que põe em risco as residências, infraestruturas públicas, meio ambiente e o uso múltiplo da água. Assim, sua produção foi motivada pelo intuito de auxiliar o poder executivo de municípios pequenos, que carecem de uma equipe técnica adequada para o manejo das águas pluviais lançadas via sistema de drenagem urbana.

Posto isto, no material são abordadas sugestões para a gestão e monitoramento dos emissários, versando sobre coleta de dados quanto a sua conjuntura estrutural, estabilidade do solo, entre outras informações que possam constar em campo.

O ponto central do caráter informativo do produto concerne a respeito de processos erosivos que venham surgir, ou serem agravados, devido a emissários de lançamento das águas pluviais que possam estar em condições inadequadas, tanto por falta de manutenção quanto pela aplicação de estruturas impróprias para as demandas pluviométricas regionais.

Tal relação dos impactos do deságue de galerias de águas pluviais no solo desprotegido, ou com instalações ineficientes, produz um efeito negativo nos corpos hídricos receptores, pois contribui para pontos de assoreamento, comprometendo a água tanto qualitativamente quanto quantitativamente.

Ademais, concomitantemente ao apelo de proteção das características da água, inclusive de referente a sua disponibilidade para os usos múltiplos, o guia considera também o caráter social, pois tem como um de seus escopos o acompanhamento de residências e demais estruturas que possam ser comprometidas devido a evolução de quadros erosivos.

Assim sendo, o material foi intitulado como “Guia: Emissários de lançamento de águas pluviais” e está subdividido nos tópicos: apresentação, drenagem urbana: aspectos associados, estruturas dissipadoras de energia, o que observar?,

¹ Guia está disponível no Repositório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná link <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/>, para download gratuito

monitoramento, legislação, considerações finais e referências. Na Figura 26 está demonstrado o layout de uma das páginas do guia.

Figura 26 - Exemplo de página do guia

3 - Estruturas dissipadoras de energia

Dissipador de energia:

É uma estrutura que tem como objetivo promover a dissipação da carga hidráulica proveniente de fluxos d'água escoados por meio das manilhas. Tal estrutura proporciona a diminuição dos efeitos de erosão nos próprios dispositivos e nas áreas adjacentes. Ademais, em um único ponto podem ser aplicadas mais de uma estrutura de dissipação. (1)

A seguir estão elencadas estruturas comumente adotadas pelas prefeituras, órgãos governamentais e empreiteiras.

Plataforma de chegada: Refere-se a cobertura do solo com uma camada de concreto ou assoalho de pedra rachão (enrocamento), dessa forma evitando a incidência da água pluvial diretamente no terreno após a saída da manilha. (2)

Emissário com plataforma



FONTE: Aatoria própria (2021)

Plataforma de chegada - Concreto: Quanto as plataformas em concreto, a norma DNIT 022/2004 - ES recomenda a Resistência Característica do Concreto à Compressão (f_{ck}) como sendo de ao menos 15 mpa em 28 dias. Além disso, devem ser consideradas também as diretrizes da NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.

Emissário com plataforma em concreto



FONTE: Aatoria própria (2021)

FONTE: Aatoria própria (2021)

Nesse sentido, o tópico “Apresentação” é descrito o objetivo do material, bem como seu público alvo e introduz como o assunto será abordado nas páginas subsequentes.

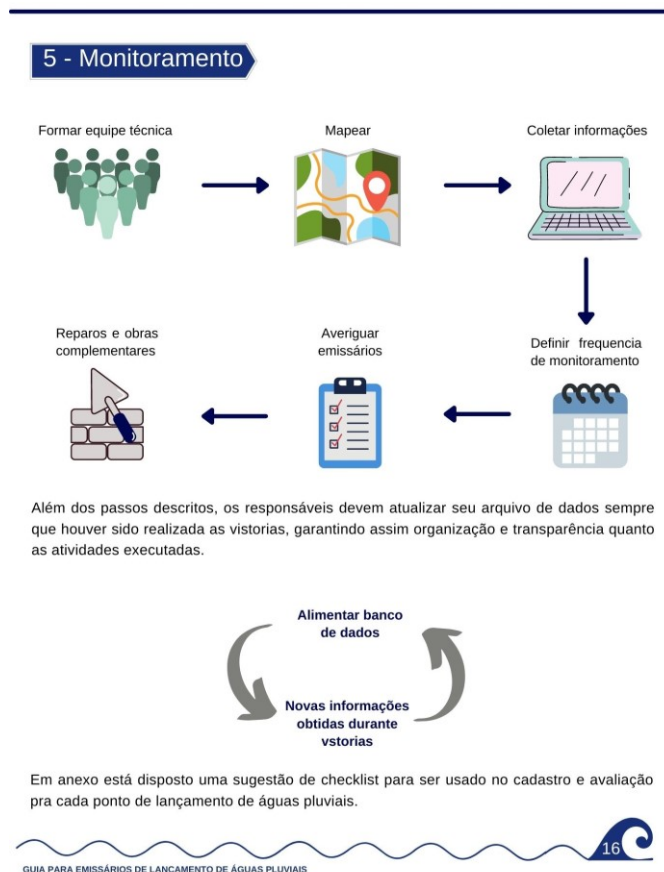
Referente a subdivisão “drenagem urbana: aspectos associados”, há uma contextualização objetiva concernente a conceitos gerais vinculados aos emissários de lançamento, tais como drenagem urbana, erosão e assoreamento.

Em um próximo momento é exposto alguns modelos de estruturas dissipadoras de energia, onde se é descrito de maneira sucinta algumas opções construtivas cujo o gestor urbano e seus técnicos podem aplicar em locais que carecem de intervenções. Outrossim, pode-se utilizar as informações dispostas para fundamentar exigências municipais quanto a empreendedores que executem obras de drenagem enquanto executa loteamentos e obras de expansão urbana.

Após fundamentar quanto aos conceitos relacionados à drenagem urbana e as estruturas de dissipadores de energia, o guia demonstra uma aplicabilidade dos conhecimentos supracitados, por meio do tópico “o que observar?”, fornecendo diretrizes e pontos relevantes para avaliação e monitoramento por parte da municipalidade. Ou seja, nesta parte se é descrito adversidades comuns nos emissários e relacionam seu surgimento a diversos fatores elencados ao longo da sessão.

Na sequência, a abordagem é voltada ao planejamento, na divisão correspondente ao “monitoramento”, onde se é fornecido sugestões para se aperfeiçoar questões relacionadas à gestão dos pontos de lançamento. Ademais, além da descrição e das imagens dispostas no decorrer do guia, há a aplicação de resumos e esquemas para auxiliar a fixação dos conteúdos, como por exemplo na Figura 27. Nesse sentido, este tópico tem também o intuito de fomentar os gestores públicos a incluir entrevistas aos moradores circundantes aos emissários para averiguar particularidades que possam ter sido notadas pela população.

Figura 27 - Esquema do resumo após descrição das etapas



Ainda sobre o tópico “monitoramento”, há também recomendações quanto a classificação de áreas com mais risco de danos às residências, estruturas públicas, integridade do solo e impactos no meio ambiente. Dessa forma, pode-se ordenar por prioridade os locais que serão necessários intervenções e/ou manutenções nos emissários e em suas estruturas anexas. Ademais, há apontamentos quanto a participação da defesa civil.

Posteriormente, se encontra uma página dedicada a nivelar algumas questões legislativas, motivado pelo caráter de ser comum obras de emissários incidirem em áreas de preservação permanente.

Por fim, na seção “considerações finais” localiza-se um fechamento quanto aos conceitos trabalhados ao longo do material, destacando a importância do guia para auxiliar na tomada de decisões do poder executivo municipal quanto à gestão de seus emissários de águas pluviais.

Cabe salientar que ao longo do guia, além da descrição dos tópicos e conceitos, há a preocupação de relacionar o conteúdo abordado a imagens e figuras. Desta forma o material assume um caráter mais didático, possibilitando sua interpretação para um público mais amplo, focando desde profissionais formados em áreas correlatas e/ou com experiências relacionadas, a até mesmo pessoas com pouco ou nenhum conhecimento prévio.

8 CONCLUSÃO

Esta pesquisa e o guia têm como intuito, auxiliar os gestores públicos municipais, técnicos, loteadores e demais interessados quanto à gestão de emissários de lançamento de águas pluviais.

Ao longo do trabalho foram fundamentados conceitos vinculados aos pontos de lançamento de águas pluviais do sistema de drenagem urbana. Dentre os conteúdos abordados, foi possível elencar alguns problemas socioambientais de ocorrência comum em locais não dotados com estruturas adequadas para a taxa pluviométrica local.

Dentre esses problemas, pode-se elencar o surgimento e/ou agravamento de processos erosivos, e as consequências que o desprendimento de solo pode acarretar, tais como instabilidade de talude, assoreamento de corpos hídricos.

Também estão fundamentados conceitos básicos de hidráulica e solos, bem como dissipadores de energia, que podem ser executados junto aos emissários de galeria de águas pluviais. Ademais, o material se atenta quanto a sugestões para a organização do seu monitoramento.

Dessa forma, tais orientações auxiliam também na mitigação da necessidade de futuros reparos, tanto no que se refere ao ponto de lançamento, quanto a serviços de desassoreamento de corpos hídricos a jusante.

Nesse sentido, o “Guia: Emissários de lançamento de águas pluviais”, demonstram o vínculo entre estruturas dissipadoras de energia inadequadas, ou inexistentes, com o possível surgimento e/ou agravamento de pontos erosivos e como esta conjuntura pode impactar negativamente na disponibilidade hídrica, tanto em caráter qualitativo quanto quantitativo.

Por fim, a ferramenta produzida tem o potencial de assessorar municípios que careçam de colaboradores com formação técnica, ou de experiência, no que concerne aos emissários de águas pluviais e a sua gestão, fundamentando o leitor para que entenda os conceitos básicos. Além do caráter protetivo do prisma socioeconômico, salienta a importância de um manejo adequado para não colocar em risco os demais usos da água.

REFERÊNCIAS

- ABDON, M. M. **Os Impactos Ambientais no Meio Físico –Erosão e Assoreamento na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari, MS, em decorrência da pecuária**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências da engenharia ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2004.
- AITH, F. M. A.; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, maio/ago. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000200011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ea/v29n84/0103-4014-ea-29-84-00163.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2020.
- ALMEIDA FILHO, G. S.; TEIXEIRA FILHO, J. A importância da diferenciação dos processos erosivos lineares dos tipos ravina e boçoroca. *In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE*, 12., 2014, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRHIDRO, 2014. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/3/PAP018502.pdf>. Acesso em: ago. 2021.
- ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2005.
- BACK, A. J.; POLETO, C. Avaliação temporal do potencial erosivo das chuvas de Florianópolis-SC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, jul./dez. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.49018>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/49018/33650>. Acesso em 20 nov. 2020.
- BAPTISTA, M. B.; COELHO, M. L. P. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. *In: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência aplicada*. 2. ed. Rio Grande do Sul: ABRH, 2001. p. 177-241
- BIDONE, F. R. A.; TUCCI, C. E. M. Microdrenagem. *In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BASTOS, M. T (org.). Drenagem Urbana*. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. p. 77-105.
- BOTELHO, M. H. C. **Águas de Chuva: Engenharia das águas pluviais nas cidades**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2017.
- BRAGA, B.; et. al. **Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: O que é e o que faz? Cadernos de capacitação em Recursos Hídricos**. v. 1. 2011. Brasília. Disponível em:

<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/CadernosDeCapacitacao1.pdf>. Acesso em 01 de out de 2020.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. 2019a. Brasília. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em 13 de dez de 2020.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional, Agência Nacional de Águas. **ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores**. 2019b. Brasília. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf>. Acesso em 01 de dez de 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 20 nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 02 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9984.htm. Acesso em: 13 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 20 nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 20 dez. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de

desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 04 set. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/decreto/D24643.htm. Acesso em: 22 out. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 3.692, de 19 de dezembro de 2000**. Dispõe sobre a instalação, aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos Comissionados e dos Cargos Comissionados Técnicos da Agência Nacional de Águas - ANA, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3692.htm. Acesso em: 25 out. 2020.

BRASIL, Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. **Norma DNIT 022 de 2004**. Drenagem – Dissipadores de energia – Especificação de serviço. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNIT022_2004_ES.pdf. Acesso em: 02 nov. 2020.

CABRAL, J. B. P. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 6, n. 14, p. 62-69, fev. 2005. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15371/8670>. Acesso em: 06 nov. 2020.

CARVALHO, N. O.; et al. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília. 2000. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia_ava_port.pdf. Acesso em: 23 dez. 2020.

CARVALHO, P. G. M.; BARCELLOS, F. C.; MARQUES, J. A. Saúde e saneamento: O Brasil dispõe de indicadores de acompanhamento da agenda 2030?. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 21., 2018, Poços de Caldas. **Anais** [...]. Poços de Caldas: ABEP, 2018. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/3138/3000>. Acesso em: 23 out. 2020.

ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Mecânico dos fluidos: Fundamentos e Aplicações**. 1. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

COSTA, A. R.; SIQUEIRA, E. Q.; MENEZES FILHO, F. C. M. **Águas Pluviais**. 1. ed. Brasília: ReCESA, 2007.

CHRISTOFIDIS, D.; et al. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde Debate**, v. 43, n. 3, p 94-108, dez. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/jpNVVWZSdNRRyQS3qtWmz9g/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

ESTEVEES, C. C. **Regime jurídico das águas minerais na constituição de 1968**. 2012. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2012.

FEDERAÇÃO DO COMÉRCIO DE BENS, SERVIÇOS E TURISMO DO ESTADO DO PARANÁ (FECOMERCIO SP). **Prejuízo com chuvas na região metropolitana de São Paulo pode chegar a R\$ 110 milhões em um único dia**. São Paulo, 10 fev. 2020. Disponível em: <https://www.fecomercio.com.br/noticia/prejuizo-com-chuvas-na-regiao-metropolitana-de-sao-paulo-pode-chegar-a-r-110-milhoes-em-um-unico-dia>. Acesso em: 20 nov. 2020.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **Technical Manual: Outlet Works Energy Dissipators: Best Practices for Design, Construction, Problem Identification and Evaluation, Inspection, Maintenance, Renovation, and Repair**. 2010.

FENDRICH, R. Erosão urbana. *In*: FENDRICH, R. et al. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 1997. p. 17-49.

FREITAS, J. B (coord.). **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Tríade do Brasil Ltda, 2015.

GALERANI, C. et al. Controle da Erosão Urbana. *In*: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BASTOS, M. T (org.). **Drenagem Urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. p. 349-385.

GARCIAS, C. M. Drenagem urbana. *In*: FENDRICH, R. et al. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 1997. p. 271-329

GRIBBIN, J. E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. Tradução Andrea Pisan Soares Aguiar. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

Grupo de Pesquisa em Geoecologia e Gestão Ambiental UTFPR-CM. Campo Mourão. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Cidades e Comunidades Sustentáveis**. 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods11.html>. Acesso em: 21 nov. 2021.

JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e movimentos de massa: Recuperação de áreas degradadas cm técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. *In*: JORGE, M.C. O.; GUERRA, A. J. T (org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 7-30.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MAGALHÃES, L. P. C. **Modelo integrado para simulação de sistemas hídricos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências em engenharia civil) – Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2005.

MAIA, A. G. **As consequências do assoreamento na operação de reservatórios formados por barragens**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2006.

MARTINS, J. R. S. Obras de macrodrenagem. *In*: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BASTOS, M. T (org.). **Drenagem Urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. p. 167-240.

MELLO, N. A. Relação entre a fração mineral do solo e qualidade de sedimentos – O solo como fonte de sedimentos. *In*: POLETO, C.; MERTEN, G. H (org.). **Qualidade dos Sedimentos**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2013. p. 49-78.

Minnesota Pollution Control Agency. **minnesota stormwater manual**. Minnesota, 2017. Disponível em:
https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=File:Example_of_riprap_outlet_protection.jpg Acesso em: 28 fev. 2021.

MOURA, A. M. M. Trajetória da política ambiental federal no Brasil. *In*: BRASIL, Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Governança ambiental no Brasil: Instituições, atores e políticas públicas**. 2016. Brasília. Disponível em:
https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160719_governanca_ambiental.pdf. Acesso em 21 de dez de 2020.

NUNES, E.D.; ROSA, L. E. Compactação e impermeabilização do solo e implicações nos canais fluviais urbanos. **Mercator**, Fortaleza, v. 19, out. 2020. Disponível em:
<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/e19023>. Acesso em: 21 mai. 2021.

PARANÁ. **Lei nº 12.726, de 26 de novembro de 1999**. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e adota outras providências. Disponível em:
<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=241036>. Acesso em: 04 out. 2020.

PEIXOTO, F. S.; SILVEIRA, R. N. C. M. Bacia Hidrográfica: tendências e perspectivas da aplicabilidade no meio urbano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 03. 2017. Disponível em:
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233985>. Acesso em: 29 ago. 2021.

PFASFSTETTER, I. **Chuvvas intensas no Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: DNOS, 1982.

PORTO, R. L. L. Escoamento superficial direto. *In*: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BASTOS, M. T (org.). **Drenagem Urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. p. 107-165.

PORTO, R. L.; et al. Drenagem Urbana. *In*: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência aplicada**. 2. ed. Rio Grande do Sul: ABRH, 2001. p. 805-847.

RIGHETTO, A. M (coord.). **Manejo de águas pluviais urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RODRIGUES, C.; GOUVEIA, I. C. M-C. Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido: Exemplos na Grande São Paulo. *In*: JORGE, M.C. O.; GUERRA, A. J. T (org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 66-94.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. *In*: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M (org.). **Erosão e conservação dos solos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SILVA, A. S. Solos urbanos. *In*: GUERRA, A. J. T (org.). **Geomorfologia Urbana**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2011. p. 43-69.

SILVA, T. S. A governança das águas no Brasil e os desafios para a sua democratização. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 236-253, jul./dez. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistadaufmg/article/view/2699/1565>. Acesso em: 13 jan. 2021.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. *In*: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência aplicada**. 2. ed. Rio Grande do Sul: ABRH, 2001. p. 35-51

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. *In*: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Água Doce**. Dez. 1997. Disponível em: http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/aguanomeio%20urbano.pdf. Acesso em: 13 nov. 2020.

TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. *In*: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BASTOS, M. T (org.). **Drenagem Urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. p. 15-36.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. Controle do impacto da urbanização. *In*: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BASTOS, M. T (org.). **Drenagem Urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. p. 277-347.

UNITED NATIONS. **Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015**. New York. 2015. Disponível em: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E. Acesso em: 03 nov. 2020.

UNITED NATIONS. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2020.

WORLD WATER FORUM, 8., 2018, Brazilia. Disponível em:
<http://8.worldwaterforum.org/en/news/final-release-8th-world-water-forum>. Acesso em: 03 jul. 2021.

UNITED NATIONS. **Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015**. New York. 2015. Disponível em:
https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E. Acesso em: 03 nov. 2020.

ZAHED FILHO, K.; MARCELLINI, S. S. Precipitações máximas. *In*: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BASTOS, M. T (org.). **Drenagem Urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. p. 107-165.