

Proposta de aplicação de técnicas compensatórias para o manejo das águas pluviais na Sub-bacia do Cercadinho em Belo Horizonte

Proposal for the application of compensatory techniques for the management of rainwater in the Cercadinho sub-basin in Belo Horizonte

Propuesta de aplicación de técnicas compensatorias para la gestión del agua de lluvia en la subcuenca Cercadinho en Belo Horizonte

Leonardo Bicalho Polizzi

Estudante de Doutorado, UFMG, Brasil
leobpolizzi@gmail.com

Roberto Eustaáquio dos Santos

Professor Doutor, UFMG, Brasil
ro1234ro@gmail.com

RESUMO

A ocupação predatória e irresponsável está na origem dos problemas hoje encontrados nas bacias hidrográficas urbanas. Por um lado, tais problemas estão ligados à poluição e contaminação dos cursos d'água, que acabam por legitimar seu tamponamento e transformação em meros esgotos. Por outro, a excessiva impermeabilização do solo, e o conseqüente aumento das velocidades de escoamento e do volume d'água que chega aos fundos de vale, têm provocado verdadeiros desastres, tais como enchentes, alagamentos e deslizamentos, cuja tendência é de agravamento, tendo em vista que os eventos extremos são cada vez mais comuns. Partimos do pressuposto de que essa situação não pode ser resolvida somente por meio de soluções clássicas de drenagem pois depende de uma ação sistêmica que envolve estudos e implementação de alternativas técnicas abertas à participação da comunidade local de modo a construir uma gestão compartilhada do manejo de águas pluviais.

A pesquisa que sustenta este artigo aborda tanto as chamadas técnicas compensatórias de manejo das águas pluviais quanto a pedagogia necessária para horizontalizar esse conhecimento. O estudo de alternativas técnicas e as ações pedagógicas serão apresentadas a partir de um estudo de caso em uma sub-bacia hidrográfica urbanizada da cidade de Belo Horizonte.

PALAVRAS-CHAVE: Técnicas compensatórias de manejo de águas pluviais, Educação ambiental a partir das águas, Pedagogia urbana.

SUMMARY

Predatory and irresponsible occupation is at the root of the problems found today in urban watersheds. On the one hand, such problems are linked to the pollution and contamination of watercourses, which end up legitimizing their plugging and transformation into mere sewers. On the other hand, the excessive impermeability of the soil, and the consequent increase in flow speeds and the volume of water that reaches the bottom of the valley, have caused real disasters, such as floods, floods and landslides, whose tendency is to worsen, having given that extreme events are increasingly common. We start from the assumption that this situation cannot be solved only through classic drainage solutions, as it depends on a systemic action that involves studies and implementation of technical alternatives open to the participation of the local community in order to build a shared management of stormwater management. The research that supports this article addresses both the so-called compensatory techniques for managing rainwater and the pedagogy needed to horizontalize this knowledge. The study of technical alternatives and pedagogical actions will be presented from a case study in an urbanized watershed in the city of Belo Horizonte.

KEYWORDS: *Compensatory techniques for rainwater management, Environmental education based on water, Urban pedagogy.*

RESUMEN

La ocupación depredadora e irresponsable está en la raíz de los problemas que se encuentran hoy en las cuencas urbanas. Por un lado, tales problemas están vinculados a la polución y contaminación de los cursos de agua, que terminan legitimando su taponamiento y transformación en meros alcantarillados. Por otra parte, la excesiva impermeabilidad del suelo, y el consiguiente aumento de la velocidad de los caudales y del volumen de agua que llega al fondo del valle, han provocado auténticos desastres, como avenidas, aluviones y deslizamientos, cuya tendencia es a agravarse, habiendo dado que los eventos extremos son cada vez más comunes. Partimos del supuesto de que esta situación no puede ser resuelta solo a través de soluciones clásicas de drenaje, pues depende de una acción sistémica que involucra estudios e implementación de alternativas técnicas abiertas a la participación de la comunidad local para construir una gestión compartida de la gestión del agua de lluvia. La investigación que sustenta este artículo aborda tanto las denominadas técnicas compensatorias para la gestión del agua de lluvia como la pedagogía necesaria para horizontalizar estos conocimientos. El estudio de alternativas técnicas y acciones pedagógicas será presentado a partir de un estudio de caso en una cuenca urbanizada en la ciudad de Belo Horizonte.

PALABRAS CLAVE: *Técnicas compensatorias para la gestión del agua de lluvia, Educación ambiental basada en el agua, Pedagogía urbana.*

1. INTRODUÇÃO

A relação entre cidade e águas urbanas é hoje satisfatória? A julgar pelos problemas cotidianos ligados à poluição e à aceleração de desastres eventuais, a resposta a essa questão é decerto negativa. O atual modelo de urbanização afastou a população da natureza. Esse distanciamento fica patente quando observamos os cursos d'água em meio urbano. Na maioria das vezes eles estão escondidos, tamponados para abrir espaço para os carros ou se tornaram locais de lançamento de entulho, lixo e esgoto. Se antes as águas eram percebidas como elementos essenciais para as cidades, hoje são interpretadas como problema.

Em vez de serem apropriadas como elemento qualificador de áreas de lazer e outros espaços importantes para o equilíbrio ambiental das cidades, as águas passam a ser tratadas como parte de um sistema de infraestrutura. Em razão do aumento da ocorrência de impactos negativos começou a ganhar força nas últimas décadas um olhar ambiental para as cidades. No contexto da gestão das águas as abordagens ambientais estão relacionadas a soluções de infraestrutura verde e medidas alternativas para condução das águas pluviais. As técnicas alternativas também são conhecidas como técnicas compensatórias, ou difusas, de drenagem urbana pois são soluções que tentam compensar, se não conviver com as inundações nas cidades (TUCCI, 2012). Nesse contexto a drenagem precisa ser pensada como um sistema integrado, uma rede que incorpora água pluvial, vegetação, solo, plataforma geológica e cursos d'água aos espaços da cidade. Assim, entendemos que em vez de drenagem urbana, a definição correta deveria ser “manejo de águas pluviais”. A proposta dessa terminologia visa ultrapassar a visão restrita de águas pluviais como rede de infraestrutura urbana apenas.

Muito embora as soluções compensatórias venham ganhando espaço, elas ainda são iniciativas isoladas, pouco conhecidas e sobretudo pouco adaptadas às circunstâncias peculiares de cada bacia. Na verdade, de maneira geral, grande parcela da população ainda é incapaz de associar as manifestações concretas que experimenta em seu cotidiano com o ciclo hidrológico de caráter abstrato que aprendeu na escola. Embora reconheçam os problemas, como, por exemplo, qual rua alaga em seu bairro, poucos compreendem a causa dessas inundações e quais alternativas poderiam ser desenvolvidas para tratar o problema, de modo a ultrapassar soluções convencionais, usualmente impostas pelo poder público, tais como canalização de córregos e ampliação de redes de drenagem.

Tendo em vista que estudos hidrológicos em nível macro comprovam a eficiência das medidas compensatórias difusas¹, optamos por aprofundar no estudo dessas técnicas em escala local e microlocal, com o objetivo de desenvolver soluções práticas a partir da articulação de três pontos – (1) Aspectos técnicos específicos, desenho de medidas compensatórias difusas (MCD) de manejo de águas pluviais (desenho de soluções, cálculos de

¹ Dissertação de mestrado de ROSA (2017), orientado pelo professor Nilo de Oliveira Nascimento, avaliou de forma satisfatória a resposta hidrológica da Bacia do Córrego do Leitão em Belo Horizonte à implantação de técnicas compensatórias de drenagem urbana. A Palestra do professor Nilo de Oliveira Nascimento – Gestão de Águas Urbanas, realizada no III Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (III SBHSF) no dia 18 de dezembro de 2022, no [youtube.com/cbhsfrancisco](https://www.youtube.com/c/bhsfrancisco), também traz informações relevantes sobre o tema.

escoamento, retenção, detenção e infiltração); (2) Aspectos ambientais-pedagógicos (material didático e instrumentos de diálogo); e, (3) Consideração da bacia hidrográfica como unidade de planejamento de modo ampliar o debate com a população, cuja adesão à proposta é imprescindível para a implementação das já citadas medidas.

Para isso, definimos a sub-bacia do córrego do Cercadinho na região Oeste de Belo Horizonte como área de estudo. O diagrama a seguir apresenta as etapas do trabalho.

Figura 01: Diagrama com etapas da pesquisa.



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

O estudo das técnicas compensatórias e o levantamento de informações sobre a sub-bacia são fundamentais para o desenho de soluções, definição dos locais de implantação, e para a produção de material didático aplicado em ações educacionais junto a escolas do ensino fundamental e médio. Os itens do material didático são instrumentos de diálogo que instigam a reflexão, provocam perguntas e respostas sobre o lugar a partir das quais se promove a articulação entre o conhecimento empírico adquirido pela vivência cotidiana da população local com o conhecimento sistemático acerca da dinâmica da água no interior de cada sub-bacia estudada. Essa é a proposta ambiental pedagógica trabalhada pelo Projeto Águas na Cidade².

No presente artigo descrevemos as etapas desse trabalho, enfatizando a proposta de desenho de tipologias de jardins de chuva (MCD) em escala micro. Tais propostas de desenho são um exercício elaborado de forma coletiva junto a disciplinas de graduação dos cursos de Arquitetura e Urbanismo da UFMG e da PUCMG que visa levantar, testar e quantificar um repertório de soluções compensatórias. Uma segunda etapa do trabalho é avaliar a eficácia desses dispositivos para redução da vazão por meio de *softwares* de modelagem hidrológica.

2. ÁGUA, CIDADE E INFRAESTRUTURA URBANA

Um ponto de partida fundamental para compreender a relação entre água, cidade e infraestrutura urbana está na ideia de cidade conformada em camadas em constante interação

² O Projeto Águas na Cidade é um projeto de pesquisa do Grupo MOM-UFMG, coordenado pelo prof. Roberto E. dos Santos, e conta com a participação de alunos da pós-graduação, Leonardo Polizzi e Renata Oliveira, e estudantes de graduação, Lucas Nogueira e Isadora Ramos.

ainda que em temporalidades distintas. Na terminologia corrente a cidade é constituída por duas camadas, infraestrutura urbana e construções. Carvalho (2001) diverge dessa visão tradicional indicando a plataforma sobre a qual se constroem as cidades, isto é, as características geológicas e morfológicas do sítio natural, como sua verdadeira infraestrutura. As redes públicas que fazem a mediação entre as construções (superestruturas) são denominadas mesoestruturas. Para o redesenho urbano e a construção coletiva de propostas relacionadas ao manejo das águas pluviais o ponto de partida deve considerar a correta interpretação da infraestrutura geológica e a dinâmica das águas.

Os vales são os drenos naturais do relevo e os condutores das águas para regiões situadas em cotas mais baixas. Deste modo as unidades que articulam o caminhamento das águas na cidade são determinadas pelo relevo que define os limites das bacias, sub-bacias, microbacias, circunstâncias³ e suas áreas de contribuição. As bacias hidrográficas são unidades que estão articuladas e integradas segundo a lógica fractal. Assim, grandes bacias hidrográficas são formadas por diversas subdivisões (teoricamente infinitas) criando um sistema em rede.

A partir das pequenas bacias (circunstâncias) é possível avaliar impactos negativos e interações positivas. Partindo de pequenas unidades hidrográficas entendemos a cidade como um sistema híbrido que integra natureza, plataforma geológica, redes de infraestrutura, construções e sociedade.

3. TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS PARA O MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

A falta de planejamento adequado e a necessidade de resolver questões emergenciais tem imposto a perpetuação de soluções impróprias, criando um círculo vicioso de reproduzir soluções que tendem a potencializar impactos negativos com as chuvas. No contexto da drenagem a adoção de técnicas clássicas continuam sendo prática padrão, indicando que a gestão das bacias parece estar submetida a uma lógica cega para as evidências de sua ineficácia, mas que deve atender a interesses poderosos o suficiente para mantê-las. Mas os desastres, já contumazes, apontam para a necessidade de repensar o manejo das águas pluviais, reestruturar o espaço urbano e democratizar as decisões sobre as obras públicas, tanto nos procedimentos e técnicas adotadas, como nos planos e formas de gestão.

As abordagens ambientais e propostas de infraestruturas “verdes” são estratégias que buscam repensar o desenho das cidades considerando a água e as infraestruturas urbanas como elementos centrais do planejamento. Tais propostas começam a ganhar espaço a partir de 1970, principalmente em países da Europa, América do Norte, Austrália e Japão. A infraestrutura verde parte de uma percepção na qual a infraestrutura é considerada como um sistema integrado ao meio ambiente. O conceito de desenho e paisagem multifuncional reforça a ideia de que tal integração deve estar relacionada também a ocupação do solo, saneamento, recuperação e preservação ambiental (PINHEIRO, 2019, p.168).

³ “Circunstância” é um conceito que está sendo desenvolvido pelo Projeto Águas na Cidade, que advém de uma perspectiva espacial, social e política, de articulação de habitantes e não de uma perspectiva estritamente física, constitui uma unidade física mínima de análise sócio-espacial, e também de cálculos de escoamento, infiltração ou detenção.

No Brasil as técnicas “verdes” ou alternativas de manejo das águas pluviais são conhecidas como técnicas compensatórias (ou difusas) de drenagem, são estratégias que promovem a infiltração ou retenção da água da chuva no solo; são alternativas ao tratamento pontual do problema. Diferentemente dos sistemas clássicos, as técnicas alternativas funcionam basicamente pela retenção e infiltração das águas precipitadas visando a diminuição do volume de água escoada e uma melhor distribuição das vazões (BRITO, 2006, p.09). As técnicas compensatórias difusas (MCD) introduzem importantes mudanças sobre a concepção dos projetos urbanos tendo a água como um dos elementos centrais do planejamento.

Para a organização das diferentes técnicas compensatórias, normalmente, as soluções são classificadas e divididas em dois grupos, métodos não estruturais e estruturais. Os métodos não estruturais são ações indiretas ligadas a planos e instrumentos da gestão pública. Os métodos estruturais trabalham em conjunto com o sistema clássico de drenagem e visam reduzir o volume de água pluvial que é escoado. As soluções estruturais são classificadas a partir de sua localização na bacia, neste caso se dividem em controle na fonte localizado, controle na fonte linear e controle centralizado em pontos determinados da bacia hidrográfica (NASCIMENTO; BAPTISTA, 2009, p.154).

As técnicas estruturais podem trabalhar a retenção e ou infiltração da água pluvial no solo. As principais técnicas compensatórias estruturais, são: telhados verdes, microreservatórios, poço de infiltração, trincheira de infiltração ou detenção, vala ou valetas de infiltração ou detenção, jardins de chuva, pavimentos porosos ou permeáveis, áreas verdes gramadas, bacias de infiltração, detenção e retenção.

Cada solução tem características específicas que influenciam sua implantação no contexto da cidade. Assim chegamos a outra pergunta importante: quais critérios devem ser considerados para a instalação das técnicas compensatórias na cidade? Como implementá-las? Se por um lado existem planos e políticas públicas que incentivam a adoção das medidas, por outro lado se observa uma falta de orientações técnicas claras, bem como um mapeamento das cidades com indicação das áreas onde cada uma das soluções pode funcionar de maneira eficiente.

3.1 Técnicas Compensatórias x Locais de Implantação

Na análise das “técnicas compensatórias” em relação ao “lugar de implantação” propomos utilizar terminologias simples para a classificação dessas técnicas. Associar as soluções a nomes usais de elementos do espaço urbano tem o intuito de facilitar seu entendimento pela população em geral. Nesse caso, as técnicas são classificadas em:

- Controle no lote/edificação: técnicas associadas a pequenas áreas e superfícies de drenagem, ações direcionadas para a microescala.
- Controle no estacionamento/pátio: técnicas que podem ser aplicadas em extensas áreas, como estacionamentos descobertos.
- Controle na rua/passeio: técnicas que podem ser aplicadas junto ao sistema viário e passeio.

- Controle no fundo de vale/junto do córrego: técnicas associadas a grandes áreas e aplicadas a jusante na bacia hidrográfica ou junto a linhas de drenagem.

Para a implantação das técnicas na compensatórias na cidade existem diretrizes e parâmetros para escolha das soluções adequadas, tais como: características físicas da bacia (relevo, declividades médias, presença de áreas verdes, subsolo etc.), ocupação e uso do solo, fatores urbanísticos (disponibilidade de espaço), e sociais (participação da população). A comparação de diferentes critérios e a sistematização de parâmetros pode contribuir para o desenvolvimento de uma proposta que auxilie na implantação de medidas compensatórias difusas (MCD) para as cidades. Assim, cada uma das diferentes técnicas deve ser confrontada com os vários requisitos e características da área para seleção e escolha das técnicas efetivamente viáveis para uma dada situação. De maneira a organizar o processo de tomada de decisão, apresentamos abaixo critérios e parâmetros a serem considerados no processo de seleção de técnicas compensatórias difusas para aplicação na cidade:

- **Critérios físicos:** características do solo (capacidade de infiltração), relevo (declividade da área), nível de água do lençol subterrâneo e aspectos ambientais (presença de área verde e água).
- **Critérios urbanísticos:** disponibilidade de espaço para construção e restrições relacionadas ao uso do solo.
- **Critério sanitários e ambientais:** risco de poluição das águas e dos solos, avaliado a partir da qualidade das águas de escoamento a serem evacuadas e a vulnerabilidade do meio receptor.
- **Critérios socioeconômicos:** custo da obra, aceitação das técnicas pela população e o conhecimento de que se dispõe sobre os modos de funcionamento, operação e manutenção.

Quadro 01: Quadro de critérios e parâmetros relacionados as técnicas compensatórias.

TÉCNICAS	CRITÉRIOS										
	FÍSICOS				URBANÍSTICOS			SANITÁRIOS	SOCIOECONÔMICOS		
	Declividade	Permeabilidade / taxa de infiltração mín. do solo	Profundidade mín. do lençol freático	Curso água / Vegetação	Disponibilidade de área para a construção	Restrições ao uso do solo	Incentivos Municipais legislação	Qualidade das águas - Aporte de sólidos	Aceitação de técnicas comunidade local	Custo	Manutenção
Escala Lote - detenção	PI +	PI +	PI +	PI +	PI +	PI +	GI +	PI +	GI +	PI +	GI +
Escala Lote - infiltração	PI +	GI +	GI +	PI +	PI +	MI +	GI +	PI +	GI +	PI +	MI +
Escala Rua - detenção	MI +	PI +	PI +	PI +	MI +	MI +	GI +	MI +	GI +	PI +	MI +
Escala Rua - infiltração	GI +	GI +	GI +	PI +	MI +	MI +	GI +	GI +	GI +	PI +	MI +
Escala Fundo de Vale - detenção	PI +	PI +	PI +	MI +	GI +	GI +	GI +	MI +	GI +	GI +	MI +
Bacia de infiltração	PI +	GI +	GI +	MI +	GI +	GI +	GI +	GI +	GI +	GI +	MI +

PI +	PEQUENA IMPORTANCIA
MI +	MEDIA IMPORTANCIA
GI +	GRANDE IMPORTANCIA

Fonte: adaptado pelos autores de Baptista et al (2005), Nascimento e Baptista (2009), e Martins (2017), 2022.

Para facilitar a compreensão sistematizamos e organizamos tais critérios e parâmetros, no quadro acima as técnicas compensatórias foram divididas considerando a escala de aplicação (lote, rua e fundo de vale). As medidas que trabalham a infiltração da água foram separadas das soluções de detenção, e com o intuito de indicar a relevância classificamos os parâmetros indicando o grau de importância, sendo (PI+) pouca importância, (MI++) média importância, e (G++) grande importância (NASCIMENTO; BAPTISTA, 2009, p.162). A sistematização dos critérios visa facilitar a aplicação das técnicas em diferentes situações nas bacias hidrográficas urbanas.

Para técnicas que trabalham a infiltração, os critérios físicos (tipo de solo e profundidade do lençol freático) são parâmetros preponderantes, independente da escala. Para a implantação de soluções para a escala da rua o parâmetro de declividade das vias condiciona a implantação, já os critérios urbanísticos auxiliam na definição do tipo de solução. O critério socioeconômico relacionado à aceitação das técnicas pela comunidade se destaca pela importância de se articular ações com a população, e é neste âmbito que construímos as ações da pedagogia urbana que serão explicitadas a seguir.

4. PEDAGOGIA URBANA – EDUCAÇÃO PELAS ÁGUAS

Integrado ao estudo das técnicas de drenagem a questão ambiental-pedagógica é outro ponto crucial para projetos de intervenções urbanas, e neste caso, para construir possibilidades de ações locais para o manejo das águas pluviais. O trabalho é constituído por uma ação no âmbito do já citado Projeto Águas na Cidade.

O Projeto tem como objetivo geral a democratização do conhecimento sobre o comportamento das águas no interior das bacias urbanizadas como fundamento para práticas mais resilientes de produção do espaço urbano. Como objetivo específico, visa desenvolver material didático de caráter interdisciplinar, aplicável a diversas disciplinas escolares. Os materiais didáticos são entendidos como instrumentos de diálogo de apoio a práticas pedagógicas relacionadas à educação ambiental urbana. A proposta parte do princípio de ampliar o conhecimento sobre o tema a partir do contato com estudantes e moradores da cidade.

[...]Entendemos que uma mudança de posturas e de ações individuais e coletivas a esse respeito depende, para além dos instrumentos técnicos e administrativos, de uma ampliação horizontal do conhecimento. Ademais, acreditamos que essa compreensão seja fundamental para qualquer iniciativa de preservação ambiental, prevenção de risco ou qualquer outro tipo de decisão quanto a intervenções físicas nas cidades. (SANTOS *et al*, 2017, p.6).

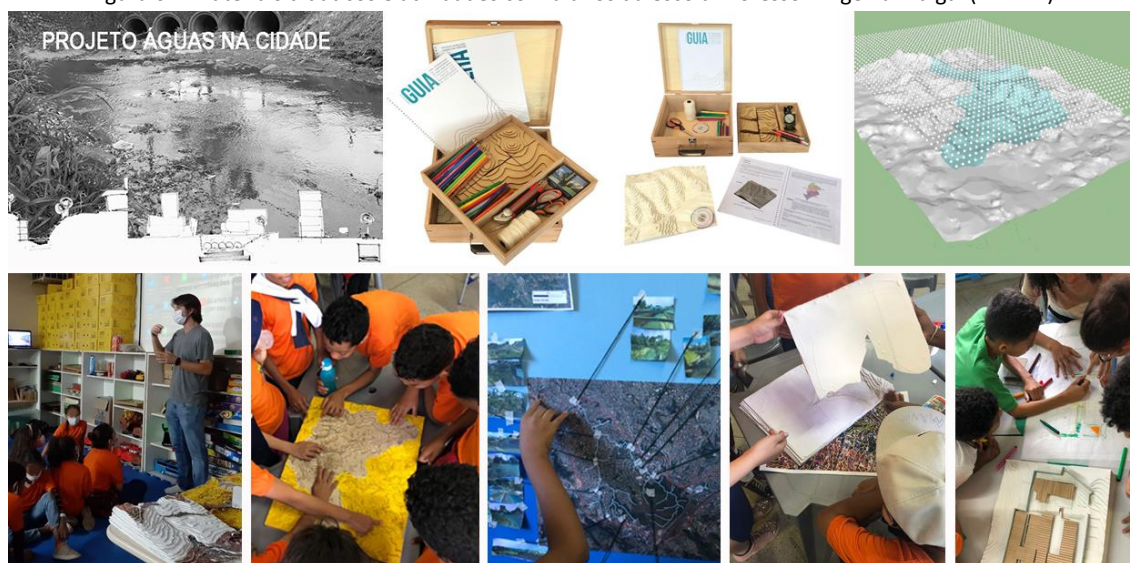
A primeira experiência do Projeto aconteceu em 2016 e 2017 na sub-bacia do córrego do Cardoso, em que está situada a Comunidade da Serra, a maior favela de Belo Horizonte. Nas oficinas realizadas com as escolas foram desenvolvidos vários materiais, como maquetes e o kit Bacias. O kit tem grande potencial para uso generalizado em práticas de ensino. Trata-se de uma interface que possibilita atividades pedagógicas com diversos tipos de abordagem, como identificação elementos morfológicos do relevo, introdução à linguagem cartográfica, transposições de escala, delimitação de bacias e confecção de maquetes.

A segunda experiência do Projeto Águas na Cidade vem sendo desenvolvida na sub-bacia do Cercadinho, localizada na região Oeste da capital mineira. Formada por dois córregos principais, Cercadinho e Ponte Queimada, a bacia tornou-se nosso objeto de pesquisa atual por apresentar um grande potencial de recuperação, contendo ainda córregos em leito natural e matas, em oposição à paisagem urbana predominante marcada por córregos canalizados e tamponados. Apesar disso, a região sofre também com problemas comuns ao restante da

cidade, como inundações, poluição dos córregos e ocupação de suas margens, além de ser fortemente ameaçada pela expansão imobiliária.

O trabalho no Cercadinho teve início no ano de 2020 através da 1ª Mostra Córregos Vivos, posteriormente, iniciamos o projeto com escolas do ensino fundamental e médio da bacia, Escola Estadual Manuel Casasanta e Escola Municipal Professora Efigênia Vidigal (EMPEV). Para a Mostra Córregos Vivos e nas oficinas com as escolas foram desenvolvidos diferentes materiais didáticos e interfaces, como: maquetes, vídeos contendo a articulação e demarcação da bacia, gif do “fazendo chover” na bacia, entre outras dinâmicas e atividades.

Figura 02: Materiais didáticos e atividades com alunos da escola Professor Efigênia Vidigal (EMPEV).



Fonte: Projeto Águas na cidade, 2022.

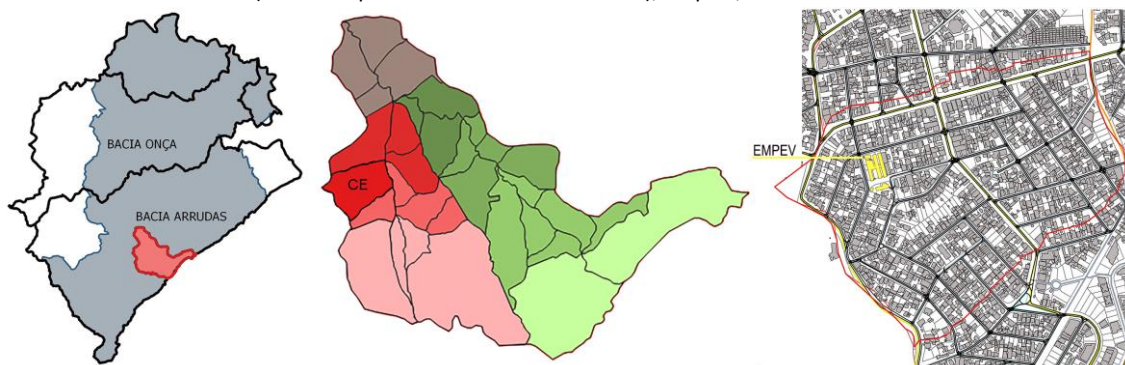
O trabalho na sub-bacia do Cercadinho ainda está em andamento, mas já trouxe discussões importantes, identificando potencialidades e fraquezas locais, bem como oportunidades e desafios aí implicados. No horizonte do trabalho em curso, o contato com estudantes e comunidade abrem possibilidades para ampliar o conhecimento da realidade local, entender problemas e discutir soluções em pequena escala para o manejo das águas pluviais a partir da circunstância onde estão localizadas as escolas.

5. DESENHO DE MCD NA BACIA DO CERCADINHO

Para o desenho e implantação de medidas compensatórias difusas (MCD) na sub-bacia do Cercadinho levantamos e cruzamos informações da sub-bacia levando em consideração os parâmetros e critérios descritos anteriormente (físicos, urbanísticos, sanitários – ambientais, e sociais), a análise dos dados se constituiu como a primeira etapa para definição das ações e locais de implantação das medidas. Partindo do critério social definimos a circunstância onde está localizada a Escola Municipal Professora Efigênia Vidigal (EMPEV) como recorte inicial de trabalho. Além do projeto de educação ambiental urbana em curso a região apresenta grande potencial de aplicação das técnicas MCD.

Partimos da escala micro, onde é possível a observação direta e cotidiana da relação entre água e urbanização, a divisão em circunstâncias não somente nos ajuda a identificar a origem dos problemas e a compreender a concatenação dos eventos no interior das bacias, mas, sobretudo, possibilita a simulação de implantação das técnicas de MCD e os cálculos de volumes de infiltração e geração de enxurradas, que podem ser extrapolados para as escalas macro.

Figura 03: Mapa 1, Belo Horizonte (em destaque sub-bacia do Cercadinho); mapa 2, Cercadinho dividido em circunstâncias (em destaque circunstância EMPEV – CE); mapa 3, circunstância escola EMPEV.



Fonte: BHMap adaptado pelos autores, 2023.

5.1 Desenho de Jardins de chuva na circunstância Escola

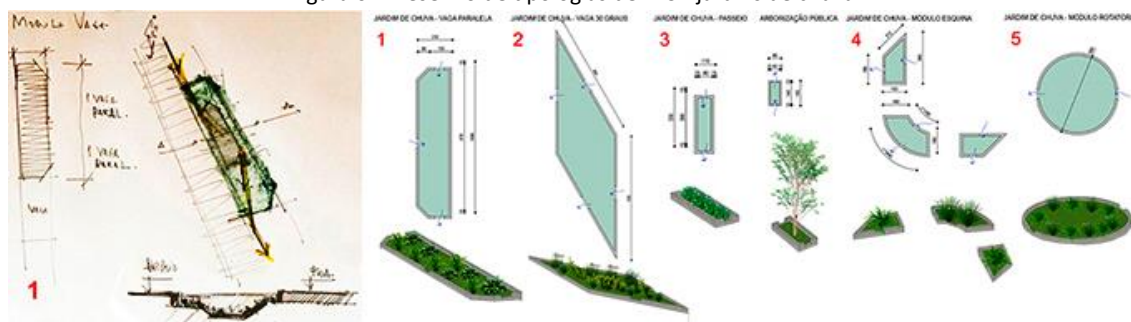
Conforme já foi dito, o horizonte da pesquisa é desenvolver o desenho de técnicas compensatórias (MCD) para diferentes escalas e avaliar a eficácia desses dispositivos em deter, reter e forçar a infiltração de água no solo de modo a contribuir para minimizar o volume d'água escoado para os fundos de vale. O primeiro estudo elegeu a circunstância da EMPEV e a escala da rua como objeto de especulação projetual, pois entendemos que as vias urbanas apresentam grande potencial para aplicação de MCD em pequena escala. As ruas retratam uma situação muito comum em nossas cidades, que é a ocupação do espaço urbano por veículos e vagas de estacionamento, superfícies impermeáveis e poucas áreas verdes. Vale destacar também que a vegetação existente quase nunca está integrada à drenagem urbana, reforçando a falta de articulação entre água pluvial e desenho urbano.

Para potencializar a replicação das técnicas em outras partes da cidade (e não apenas o desenho acabado para um único local) o ponto de partida foi estudar o desenho das técnicas por tipologias⁴ que podem ser replicáveis. As tipologias funcionam como uma caixa de ferramentas ou caixa de opções, podendo ser adaptadas as características dos lugares garantindo assim a replicabilidade em outras bacias e maior flexibilidade de implantação. Neste sentido, uma primeira pesquisa foi levantar quais seriam os tipos possíveis considerando os elementos presentes no sistema viário, como: vagas, esquinas, rotatórias e canteiros com

⁴ O desenho de tipologias (tipos ou módulos) visa organizar as soluções de MCD jardins de chuva a partir de características comuns e dos locais de implantação. Futuramente as tipologias podem contribuir para o desenvolvimento de um sistema construtivo que facilite a execução, como componentes (pré-fabricados) que poderiam ser utilizados nas diferentes propostas de MCD.

árvores. Levando em consideração a pesquisa em manuais de drenagem desenhamos preliminarmente as seguintes tipologias de jardins de chuva: 1) vaga em paralelo ao passeio; 2) vaga em diagonal ao passeio; 3) árvore no passeio; 4) esquina; 5) rotatória. Integrado ao desenho das tipologias de MCD elaboramos exercícios preliminares de implantação em quarteirões da área de estudo selecionada.

Figura 04: Desenho de tipologias de MCD jardins de chuva.



Fonte: elaborado pelos autores, 2022.

Com o desenho das tipologias constatamos que as soluções poderiam variar em função das características das vias, para avenidas largas as propostas eram diferentes de vias de bairro, ou seja, as soluções deveriam adaptar-se ao contexto do lugar. Desta forma, revisamos as possibilidades de desenho ampliando os tipos de MCD jardins de chuva e definimos os principais tipos de vias na circunstância.

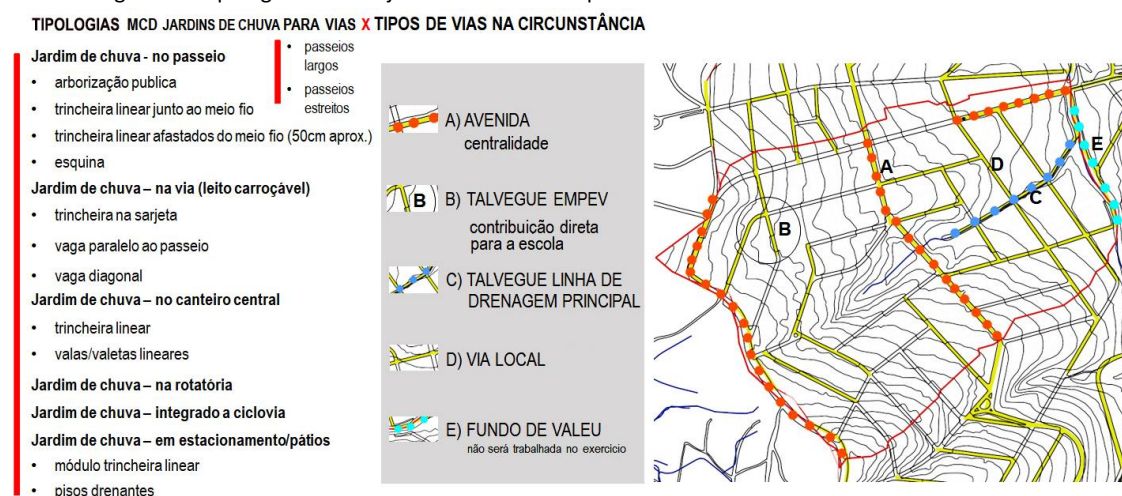
A organização das vias por tipos se constitui também como uma premissa importante para adaptação das medidas a diferentes contextos e para avaliar a eficácia dos dispositivos instalados. Assim, propomos elaborar o desenho de tipologias de MCD, o redesenho de quarteirões de cada tipo de rua, e a quantificação das áreas verdes acrescentadas. De posse dos dados levantados para um quarteirão a proposta é replicar as contas considerando as áreas totais de cada tipo de via existente na circunstância da escola EMPEV.

A replicação das soluções na circunstância (bacias) permite uma avaliação quantitativa da redução dos impactos a partir do volume de água que chega na foz (exutório). Martins (2017) e Rosa (2017) desenvolveram estudos de modelagem hidrológica em São Paulo e Belo Horizonte, respectivamente, indicando que é possível a avaliação de técnicas compensatórias em bacias hidrográficas urbanas. Os resultados indicam que as soluções são importantes instrumentos para redução das inundações; entretanto, a aplicação deve ser feita levando-se em conta as características de cada lugar.

O exercício de projetar tipologias de MCD adaptadas para cada tipo de via foi o ponto de partida para explorar possibilidades de desenho em disciplinas com alunos de graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMG e PUCMG. As disciplinas abordam o projeto de tipologias MCD jardins de chuva para o manejo das águas pluviais para as vias existentes na circunstância da EMPEV e foram estruturadas em três partes principais: estudo do lugar, pesquisa de obras análogas, e o projeto das soluções.

Para a etapa do estudo do lugar foram levantadas informações sobre a circunstância e a área foi dividida levando consideração os tipos de via e a área de contribuição que para ela concorrem (micro-circunstância): A) avenida, via larga de uso misto com grande concentração de comércio; B) talvegue EMPEV, região que contribui diretamente para a escola; C) talvegue linha de drenagem, via que é a principal linha de drenagem na circunstância; D) via local, vias estreitas com características de vias de bairro; E) fundo de vale, via descartada para o exercício devido à proximidade do curso d'água. Cada grupo ficou responsável pelo levantamento minucioso de cada um dos supramencionados recortes menores e pelo redesenho de quarteirões específicos.

Figura 05: Tipologias de MCD jardins de chuva X Tipos de vias na circunstância da escola EMPEV.



Fonte: lista elaborada e mapa BHMap adaptado pelos autores, 2023.

O objetivo da etapa de pesquisa de obras análogas foi ampliar o repertório de soluções a partir do levantamento de referências de MCD considerando as diferentes tipologias listadas. Assim, cada estudante ficou responsável por produzir uma ficha contendo um exemplo de MCD jardim de chuva para aplicação em vias urbanas. As fichas foram compartilhadas entre todos os estudantes e contribuíram para o estudo de possibilidades. Vale destacar que a maioria dos exemplos apresentados pelos alunos eram estrangeiros, sendo aproximadamente 60% de casos estado-unidenses, 25% outros países (em geral europeus) e apenas 15% de exemplos brasileiros. O fato de a grande maioria de exemplos ser de fora do Brasil reforça a constatação, de que precisamos avançar na produção de conhecimento e experiências práticas sobre o tema.

Para a etapa de projeto organizamos o trabalho em duas etapas, sendo:

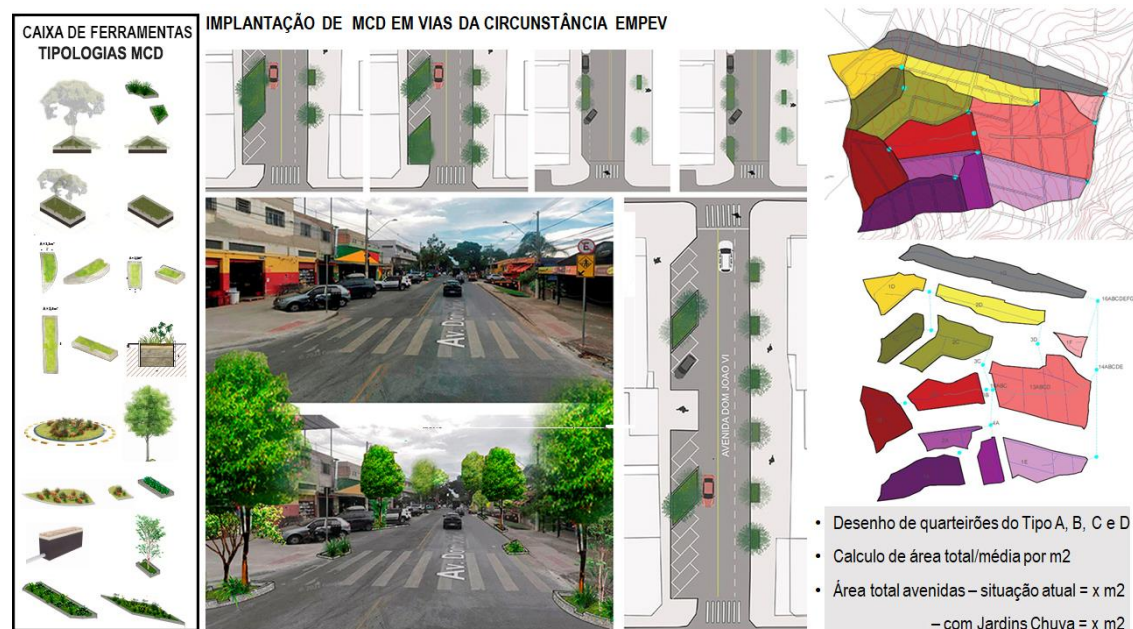
1) Projeto das tipologias MCD de Jardins de chuva para aplicação em vias urbanas: etapa relacionada ao desenho de diferentes tipos de Jardins de chuva que possam ser replicados na cidade.

2) Projeto via (quarteirão): etapa destinada ao redesenho dos quarteirões utilizando as tipologias projetadas na etapa 1. A proposta inicial é estudar diferentes opções de redesenho da via com o intuito de reforçar a ideia de flexibilidade gerada pelos tipos que podem ser implantados em diferentes situações. Com o projeto definido solicitamos que os

grupos apresentassem junto dos desenhos a quantificação das áreas verdes acrescida para em uma etapa seguinte realizarmos conta da área total considerando as vias que apresentam a mesma situação. Conforme descrito anteriormente, partindo da ideia de circunstância e da divisão em recortes menores a proposta é avaliar a contribuição de cada área para o todo.

Como cada grupo ficou responsável por um tipo de via ao final da disciplina discutimos as propostas apresentadas e levantamos experiências que abordam diferentes contextos. Algumas situações exigiram desenho de soluções para trechos específicos, esta constatação reforça a ideia que mesmo desenhando tipologias (tipos ou módulos) estes devem ser adaptáveis às características locais. As tipologias funcionariam como uma solução padrão aberta a ajustes e adaptações, tanto na fase de projeto (desenho e detalhamento), quanto na fase de execução (por quem vai construí-los).

Figura 06: Prancha contendo o desenho das tipologias, implantação em vias na circunstância EMPEV, e divisão da circunstância em recortes menores (micro-circunstância).



Fonte: Google maps e BHmap adaptado pelos autores e ilustrações elaboradas pelos autores e estudantes, 2023.

6. Considerações Finais

Acreditamos que o presente trabalho, que é parte de uma pesquisa de doutorado desenvolvida na Escola de Arquitetura da UFMG, ao enfatizar o estudo das técnicas compensatórias de manejo de águas pluviais em bacias hidrográficas urbanizadas traz para discussão importantes questões. A sistematização de parâmetros e critérios que condicionam a aplicação das técnicas MCD, o levantamento e o desenho de alternativas para a pequena escala, e principalmente, a construção de ações articuladas com a comunidade através da educação ambiental urbana, são questões de extrema importância para o sucesso de propostas relacionadas ao redesenho urbano ambiental das cidades.

Embora a eficácia das técnicas MCD necessite ainda de comprovação por meio de testes (primeiramente no âmbito da simulação via modelagem hidrológica e posteriormente

com a construção e monitoramento de protótipos), a proposta de pequenos tipos de jardins de chuva parece ter potencial de aplicação, sobretudo por serem potencialmente adaptáveis às condições dos lugares e a diferentes tipos de vias. O desenho de tipologias MCD e o levantamento dos quantitativos podem constituir numa espécie de laboratório de ensaios para orientar ações sistemáticas em toda a extensão da bacia. No entanto, a eficácia de tais medidas parece não prescindir da adoção de ações na escala dos lotes individuais. Tal fato implica pensar também em estratégias de convencimento da população local para instalação e manutenção de tais medidas, impossíveis sem um esforço de preparação de material instrucional e de acompanhamento por acessórias técnicas.

Muitos problemas poderiam ser solucionados mediante processos coordenados localmente pelos moradores na escala do lote e da rua; contudo para o um retorno positivo, as soluções precisam ser replicadas em toda a bacia, e necessitam estar articuladas com a comunidade para a execução e manutenção dos dispositivos. Quanto a esse aspecto importa lembrar que a divisão em circunstâncias favorece também a articulação política dos moradores a partir da própria dinâmica da água no interior das bacias. Cada circunstância poderia estar representada na composição dos comitês de bacias.

No contexto da sub-bacia do Cercadinho o trabalho com as escolas é crucial para o direcionamento de ações futuras, principalmente para construir coletivamente propostas para a escala do lote (escola) e seu entorno. Imaginamos as escolas de ensino fundamental como irradiadoras do conhecimento acerca do comportamento da água nas bacias e da construção de soluções coletivas, envolvendo toda comunidade em torno da recuperação e da preservação das condições ambientais locais.

Referências

Livros

BAPTISTA, Márcio; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARVALHO, Edésio Teixeira de. **Geologia Urbana para todos: uma visão de Belo Horizonte**. 2ª Edição. Belo Horizonte: s.n., 2001. p. 176.

Dissertação, tese e trabalho acadêmico – Impresso

BRITO, Débora Silva de. **Metodologia para seleção de alternativas de sistemas de drenagem**. 2006. 117f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – Engenharia Civil e Ambiental). Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MARTINS, Leandro Guimarães Bais. **Avaliação do potencial de aplicação de técnicas compensatórias em áreas urbanas consolidadas**. 2017. 197f. Tese (Doutorado Escola de Engenharia). Universidade de São Paulo, São Carlos. 2017.

PINHEIRO, Cristiane Borda. **Políticas públicas de manejo de águas pluviais em Belo Horizonte: novos caminhos em meio a velhas práticas**. 2019. 289f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2019.

POLIZZI, Leonardo B. **A Transformação da Cidade Precária a partir da Mesoestrutura**. 2013. 133f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013.

ROSA, Deyvid Wavel Barreto. **Resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica urbana à implantação de técnicas compensatórias de drenagem urbana** - Bacia do Córrego do Leitão, Belo Horizonte, Minas Gerais. 2017. 218 f. Dissertação (Mestrado Escola de Engenharia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2017

SILVA, Margarete Maria de Araújo. **Água em meio urbano: favelas nas cabeceiras**. 2013. 270f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013.

Trabalhos publicados em eventos

CHAMPS, José Roberto B; PEREZ, Silvana T. C. S; FRÓES, Carla M. V. O planejamento do sistema de drenagem urbana na cidade de Belo Horizonte. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa, 2001. **Anais [...]**. João Pessoa: ABES, 2001.

PINHEIRO, Cristiane Borda; SANTOS, Roberto Eustaáquio dos. Trajetória da drenagem urbana no Brasil: uma perspectiva a partir da análise de políticas públicas recentes de Belo Horizonte. In: XVIII ENANPUR – Encontro Nacional Anpur. Natal, 2019. **Anais [...]**. Natal: EDUFN, 2019.

OLIVEIRA, Renata da Silva; SANTOS, Roberto Eustaáquio dos. Pedagogia urbana para cidades mais resilientes. In: VII ENANPARQ – Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. São Carlos, 2022. **Anais [...]**. São Carlos, SP: IAU USP, 2022.

POLIZZI, Leonardo B. Águas Pluviais na Cidade: ações de drenagem urbana na Bacia do Cercadinho em Belo Horizonte. In: XL ENCONTRO E XXV CONGRESSO DE ESCOLAS E FACULDADES PÚBLICAS DE ARQUITETURA DA AMÉRICA DO SUL (ARQUISUR). Porto Alegre, 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: FA UFRGS, 2022.

SANTOS, Roberto E. dos; KAPP, Silke; ARAÚJO SILVA, Margarete; LOURENÇO, Tiago Castelo Branco. A extensão do conhecimento das águas na cidade. In: XVII ENANPUR - Encontro Nacional da ANPUR. São Paulo, 2017. **Anais [...]**. São Paulo: FAU USP, 2017.

Artigo de Periódicos

BAPTISTA, Márcio; CARDOSO, Adriana. Rios e Cidades: uma longa e sinuosa história. **Em Pauta**: Revista UFMG, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p.124-153, Jun./Dez. 2013.

BONTEMPO, Valdete Lima et al. Gestão de águas urbanas em Belo Horizonte: avanços e retrocessos. **Em Pauta**: Revista Rega. Vol. 9, n. 1, p. 5-16. Porto Alegre, 2012.

CHAMPS, José Roberto B. Planejar a drenagem urbana: menos inundações e mais qualidade de vida. **Em Pauta**: Revista Planejar BH. Belo Horizonte: Secretaria Municipal de Planejamento, PBH, 1999. p. 38-41.

HERZOG, C; ROSA, L. Infraestrutura Verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Em Pauta**: Revista LABVERDE FAU/USP. 2010.

NASCIMENTO, N.O.; BAPTISTA, M.B. Técnicas Compensatórias em Águas Pluviais. In. RIGHETTO, Antônio M.(coord.). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, pp. 149-197. 2009.

PHILADELPHIA. **City of Philadelphia Green Streets Design Manual**, 2014. Manual de Projeto de Ruas Verdes do governo da cidade de Philadelphia. Disponível em: <https://www.phila.gov/documents/green-streets-design-manual/> .Acesso em: 19 abr. 2023.

TUCCI, Carlos E. M. Gestão da drenagem urbana. In. CEPAL - IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). Brasília, DF, 50p. 2012

Leis e Decretos

BELO HORIZONTE. **Lei Nº 11.181, de 8 de agosto de 2019.** Plano Diretor do Município de Belo Horizonte. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/planejamento-urbano/plano-diretor/proposta> . Acesso em: 19 abr. 2023.