

Águas Pluviais na Cidade: ações de drenagem urbana na Bacia do Cercadinho em Belo Horizonte

Aguas Pluviales en la Ciudad: acciones de drenaje urbano en la Cuenca del Cercadinho en Belo Horizonte

Sessão Temática: ST04

POLIZZI, Leonardo B.; Mestre; Universidade Federal de Minas Gerais
leopolizzi@yahoo.com.br

Resumo

O crescimento urbano sobre áreas naturais tem levado a uma excessiva impermeabilização do solo, fator que está na origem dos problemas de drenagem da maior parte das cidades brasileiras. São recorrentes as notícias de inundações e alagamentos, recentemente agravados pela aceleração dos chamados eventos extremos. Essa situação em processo de agravamento não pode ser resolvida somente por meio de soluções clássicas de drenagem pois depende de uma ação sistêmica que envolve o estudo de alternativas técnicas e participação maciça da comunidade local.

Partindo-se da pesquisa das medidas compensatórias de drenagem urbana e de práticas pedagógicas realizadas junto a escolas do ensino fundamental e médio de uma sub-bacia hidrográfica urbanizada da cidade de Belo Horizonte, propomos levantar hipóteses para ações locais de manejo das águas pluviais urbanas.

Palavras-chave (3 palavras): drenagem urbana, técnicas compensatórias, pedagogia.

Abstract

Urban growth over natural areas has led to excessive soil sealing, a factor that is at the origin of drainage problems in most Brazilian cities. News of floods and inundations are recurrent, recently aggravated by the acceleration of the so-called extreme events. This worsening situation cannot be resolved only through classic drainage solutions, as it depends on a systemic action that involves the study of technical alternatives and massive participation of the local community.

Starting from the research of compensatory measures for urban drainage and pedagogical practices carried out with elementary and high schools in an urbanized watershed in the city of Belo Horizonte, we propose to raise hypotheses for local actions for the management of urban rainwater.

Keywords: urban drainage, compensatory techniques, pedagogy.

1. Introdução

Como está sendo construída a relação entre a cidade e suas águas? O modelo de urbanização adotado na maioria das cidades promoveu um afastamento da natureza, este distanciamento se torna perceptível ao analisar o tratamento dado aos cursos d'água no meio urbano, escondidos, tamponados para abrir espaço para os carros, ou sendo utilizado como local para lançamento de entulho, lixo e esgoto. As águas, que antes eram entendidas como elementos essenciais para as cidades, hoje são interpretadas como problema.

De áreas de lazer e espaços importantes para o equilíbrio ambiental das cidades, as águas passam a ser entendidas como um sistema de infraestrutura, como “não” lugares. Em razão do aumento da ocorrência de impactos e de uma visão que busca uma diferente relação com o meio é que começou a ganhar força nas últimas décadas um olhar ambiental também para as cidades.

No contexto da drenagem urbana começam a ganhar espaço medidas alternativas para condução das águas da chuva. As soluções alternativas também são conhecidas como técnicas difusas ou compensatórias de drenagem urbana pois são soluções que tentam compensar ou conviver com as inundações nas cidades (Tucci, 2012). Neste contexto a drenagem é pensada como um sistema integrado, uma rede que incorpora água pluvial, vegetação e cursos d'água com os espaços da cidade.

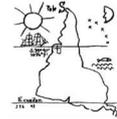
Muito embora as soluções compensatórias venham ganhando espaço ainda são iniciativas isoladas pouco conhecidas. Na verdade, de maneira geral grande parcela da população desconhece as manifestações concretas do ciclo hidrológico, embora reconheçam os problemas, como, por exemplo, qual rua alaga na cidade, poucos entendem a causa das inundações e quais alternativas podem ser desenvolvidas para tratar o problema.

Com o objetivo de ampliar o debate com a população e aprofundar no estudo das técnicas de drenagem urbana para a escala local proponho na pesquisa de doutorado em curso a junção destes dois pontos: 1) Técnico – Drenagem; 2) Ambiental – Pedagógico. Para o trabalho defini a bacia hidrográfica do córrego do Cercadinho na região Oeste de Belo Horizonte como área de estudo. No presente artigo busco descrever uma parte deste trabalho que está sendo desenvolvido junto ao Projeto Águas na Cidade ¹ e tem como objetivo construir uma proposta ambiental pedagógica para as águas no contexto urbano.

2. Água, Cidade e Infraestrutura

Um bom ponto de partida para compreender a relação entre água, cidade e infraestrutura é considerar a ideia de cidade conformada em camadas que estão em constante interação. A

¹ O Projeto Águas na Cidade é um projeto de pesquisa do Grupo MOM, 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.



divisão proposta por Carvalho (2001) organiza a cidade em três camadas: a primeira camada é a infraestrutura geológica, entendida como as características do lugar e os fatores climáticos (clima e ambiente fisiográfico); a segunda é a mesoestrutura, que compreende os elementos comumente chamados de “infraestrutura urbana”; e a terceira é a superestrutura, que engloba as construções em geral.

Segundo Carvalho (2001), não é dada a devida atenção a relação de trocas entre as camadas e ao estudo do lugar no desenho das cidades, isto é, na análise das características do meio natural e infraestruturas urbanas. Desconsiderar o lugar na produção do espaço construído vai em direção à prática vigente, que reproduz as mesmas soluções em diferentes locais, independentemente das características do meio.

A concepção da cidade como um objeto isolado do meio se adapta muito bem às exigências da produção massificada, embora se mostre pouco funcional na interação das construções com a natureza. De modo geral, as soluções aplicadas aos sistemas de drenagem urbana, por exemplo, partem do princípio de que se deve proteger o objeto construído dos elementos naturais, desconsiderando as possibilidades de interação que podem ser construídas a partir de uma melhor compreensão desse sistema. Repensar esses procedimentos significaria entender as cidades como um sistema híbrido que integra natureza, redes de infraestrutura, construções e sociedade.

No contexto das águas a primeira camada e a noção de bacia hidrográfica como unidade de planejamento são os pontos iniciais para a articulação de propostas, principalmente no contexto das cidades brasileiras que estão localizadas em uma região com grande ocorrência de chuvas. Na verdade, a água não atua como fenômeno isolado, mas em situações geológicas e geométricas desfavoráveis, e combinadas com soluções de infraestrutura e desenho urbano inadequadas, potencializam a ocorrência de impactos negativos.

Os vales são os drenos naturais do relevo e os condutores das águas para regiões situadas em níveis mais baixos, com córregos e rios. Deste modo as unidades que articulam o caminhamento das águas na cidade são determinadas pelo relevo que definem os limites das bacias e sua área de contribuição. Dentro de uma “macro” bacia estão compreendidas diversas sub-bacias, microbacias e circunstâncias ².

O crescimento urbano e o aumento da área impermeabilizada na cidade influenciam diretamente na infiltração da água causando distúrbios na dinâmica natural, a água que antes infiltrava no solo e reabastecia o lençol freático hoje corre em galerias e é direcionada para o fundo de vale agravando o problema das inundações.

A falta de um planejamento adequado e a necessidade de resolver questões emergenciais após a ocorrência de graves inundações conduz a execução das soluções já comumente

² “Circunstância” é um conceito que está sendo desenvolvido pelo Projeto Águas na Cidade, 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.

adotadas (RIGHETO et al, 2009). Assim, cria-se um ciclo de criar soluções que posteriormente tendem a potencializar os impactos da urbanização sobre os processos hidrológicos. No contexto da drenagem urbana é possível constatar que mesmo limitadas e pouco flexíveis, ainda adotamos as técnicas clássicas de drenagem como a prática padrão; mas quando este sistema começa a gerar cada vez mais problemas abre-se espaço para repensar o manejo das águas pluviais no meio urbano.

3. Técnicas Compensatórias para o Manejo das Águas Pluviais

Os reflexos da urbanização intensa sobre os processos hidrológicos têm evidenciado os limites das soluções tradicionais de drenagem urbana. Isso decorre da tendência das soluções tradicionais em agravar ou intensificar tais efeitos (RIGHETO *et al*, 2009, p.151).

O desenho das cidades pautado nas águas é um tema ainda em construção, aberto a diferentes interpretações e muito amplo, pois envolve múltiplas questões, tais como: integração entre elementos naturais e construídos, ciclo hidrológico e unidades de planejamento conformadas por bacias hidrográficas, transformações do meio, participação popular, entre outros; mesmo complexas é fato que para construir uma melhor relação com a natureza é preciso abrir espaço para outras formas de estruturar o crescimento urbano, tanto nos procedimentos e técnicas adotadas, como nos planos e programas de governo.

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

No Brasil as técnicas “verdes” ou alternativas de manejo das águas pluviais são conhecidas como técnicas compensatórias de drenagem, são estratégias que promovem a infiltração e retenção da água da chuva no solo; são alternativas ao tratamento pontual do problema. Diferente 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. As técnicas alternativas introduzem importantes mudanças sobre a concepção dos projetos urbanos tendo a água como um dos elementos centrais.

Para a organização das diferentes técnicas compensatórias, normalmente, as soluções são classificadas e divididas em grupos. Esta distribuição leva em consideração o modo de influenciar a geração de escoamento pluvial e a localização na bacia, assim, se dividem em dois grupos: métodos não estruturais e estruturais. Os métodos estruturais são classificados



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 (RIGHETO *et al*, 2009, P.154).

Os procedimentos não estruturais são práticas indiretas e medidas de caráter preventivo contra inundações, estabelecem recomendações e parâmetros de regulação de usos do solo, projetos e ações para a criação e recuperação de áreas verdes. As medidas não estruturais estão diretamente relacionadas aos planos, instrumentos do planejamento e da gestão urbana.

As técnicas compensatórias estruturais são medidas que trabalham em conjunto com o sistema clássico de drenagem e visam reduzir o volume de água pluvial que é escoado através deste sistema. As soluções estruturais trabalham a partir da retenção e infiltração da água pluvial. 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 possui característica específicas que influenciam sua implantação na cidade, assim chega-se a outra pergunta importante: quais critérios devem ser considerados para a instalação das técnicas compensatórias? 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.

Técnicas Compensatórias X Locais de Implantação

Na análise das “técnicas compensatórias X lugar de implantação” proponho utilizar terminologias simples para a classificação das técnicas. A associação das soluções a nomes usais dos elementos dos espaços urbanos tem o intuito de facilitar o entendimento da informação para a população em geral. Neste caso, classifico as técnicas 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 e pátios.
- 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. Podem ser integradas a áreas verdes e parques.

Para a implantação das técnicas compensatórias na cidade existem muitas ferramentas e diretrizes para a escolha das soluções mais adequadas, como as características físicas da

bacia, ocupação e uso do solo, fatores de desempenho, meio ambiente e participação da população (ROSA, 2017, p.45). Um método de seleção é realizar uma análise em duas etapas, sendo a primeira etapa de eliminação e a segunda etapa de tomada de decisão. Utilizando o método por eliminação faço um exercício de seleção cruzando as principais técnicas compensatórias à escala de implantação.

Figura 01: Seleção cruzando as técnicas com a escala de implantação.



Fonte: elaborado pelo autor 2022.

Embora a escala da área de projeto seja preponderante para a tomada de decisão, diversos são os fatores que condicionam a aplicação e a tomada de decisão. Estudos que focam apenas nas características físicas do lugar deixam de considerar outros aspectos que também são essenciais para a seleção, como critérios sociais e urbanísticos. A análise de diferentes critérios e a sistematização de parâmetros pode contribuir para o desenvolvimento de uma proposta que auxilie na implantação de medidas compensatórias para as cidades.

Cada uma das diferentes técnicas deve ser confrontada com os vários requisitos e implicações pertinentes que podem ou não limitar seu emprego, possibilitando a identificação das técnicas efetivamente viáveis para uma dada situação (RIGHETO *et al*, 2009, P.159).

De maneira a organizar o processo de tomada de decisão, apresento abaixo uma organização dos critérios e parâmetros que devem ser considerados no processo de seleção de técnicas compensatórias para aplicação na cidade:

- Critérios físicos: características do solo (capacidade de infiltração), relevo (declividade da área), nível de água do lençol subterrâneo e existência ou não de exutório (restrição de vazão).
- Critérios urbanísticos: disponibilidade de espaço para construção e a 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: aceitação de técnicas compensatórias pela população e o conhecimento de que se dispõe sobre os modos de funcionamento e de operação, custo da obra e a necessidade de manutenção.

Para facilitar a compreensão proponho sistematizar em uma tabela os critérios e as técnicas compensatórias a partir da escala de implantação. Conforme Baptista (2005) e Baptista et al (2011), classifico os parâmetros por grau de importância, sendo (PI+) pouca importância, (MI++) média importância, e (G+++) grande importância.

Figura 02: Tabela de critérios relacionados as técnicas compensatórias de drenagem urbana.

TÉCNICAS	CRITÉRIOS										
	FÍSICOS				URBANÍSTICOS			SANITÁRIOS	SÓCIOECONÔMICOS		
	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 pelo autor de Martins (2017) e Batista et al (2005), 2022.

A sistematização dos critérios visa facilitar a aplicação das técnicas em bacias hidrográficas urbanas. Dentre os diferentes critérios o socioeconômico se destaca pela importância de se articular ações com a comunidade, e é neste âmbito que construímos as ações da pedagogia urbana que será explicitado a seguir.

4. Pedagogia Urbana – Educação pelas Águas

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).

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 em bacias hidrográficas. O trabalho pedagógico é uma ação em conjunto com o Projeto Águas na Cidade, projeto que vem sendo desenvolvido desde 2016 pelo grupo de pesquisa Morar de Outras Maneiras (MOM), sediado no Departamento de Projetos e no Núcleo de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

O Projeto tem como objetivo principal a democratização do conhecimento sobre o comportamento das águas na cidade como premissa para práticas mais resilientes de produção do espaço urbano. Como objetivo específico, visa desenvolver material didático de caráter interdisciplinar e aplicável a diversas disciplinas escolares. Os materiais didáticos são entendidos como instrumentos de diálogo de apoio a práticas pedagógicas relacionadas a 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.

A primeira experiência do Projeto foi na Bacia do Cardoso, situada na Comunidade da Serra em Belo Horizonte. Nas oficinas realizadas com as escolas foram desenvolvidos vários materiais, como maquetes e o kit Bacias. O kit é um material de destaque pois 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: elementos morfológicos do relevo, seleção de base cartográfica, transposições de escala, delimitação de bacias e confecção de maquetes.

A segunda experiência do Projeto Águas na Cidade está sendo desenvolvida em outra bacia hidrográfica de Belo Horizonte, a bacia do Cercadinho, localizada na região Oeste da capital. 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 a Escola Municipal Professora Efigênia Vidigal (EMPEV).

Figura 03: Encontros e atividades nas escolas da bacia do Cercadinho.



1º Encontro (21/08)

Qual a relação das águas com a cidade?

Tem rio ou córrego perto da sua casa?

Qual das imagens está mais próxima do que acontece no seu bairro?

2º Encontro (25/09)

As cidades e os rios invisíveis
O que é a Bacia do Cercadinho?

Tem rio ou córrego perto da sua casa?

3º Encontro (23/10)

Como estão as águas do Cercadinho?

4º e 5º Encontro (04 e 11/12)

Quais são as causas da poluição das águas da Bacia do Cercadinho? Quais são as causas das inundações? Quais são as alternativas?

<https://www.menti.com/ro69ipmnoq>

Menti.com
Código: 7342 7797

Fonte: Projeto Águas na cidade, 2022

O projeto na bacia do Cercadinho ainda está em fase inicial, mas já trouxe importantes discussões, identificando potencialidades e fraquezas locais, bem como as oportunidades e desafios aí implicados. No horizonte do trabalho em curso, o contato com os alunos abre possibilidades para ampliar o conhecimento da realidade local, entender os problemas e discutir soluções em pequena escala para a drenagem urbana na bacia do Cercadinho, escolas e entornos.

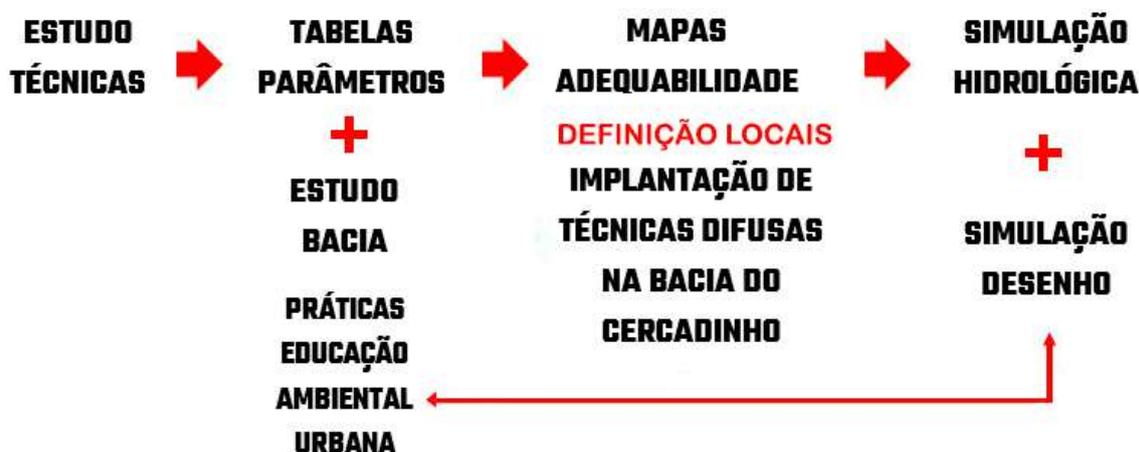
5. Proposta de Estudo para a Bacia do Cercadinho

A bacia do Cercadinho tornou-se nosso objeto de pesquisa 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 a ocupação de suas margens, além de ser fortemente ameaçada pela expansão imobiliária.

No contexto do trabalho de doutorado em curso defini dois pontos centrais que orientam a pesquisa: 1) Técnico – Drenagem; 2) Ambiental – Pedagógico. O estudo das técnicas compensatórias de drenagem e o levantamento de informações da bacia hidrográfica são premissas para a produção de materiais didáticos, físicos e virtuais, com o intuito de construir um debate sobre as águas.

Figura 04: Diagrama com etapas da pesquisa.



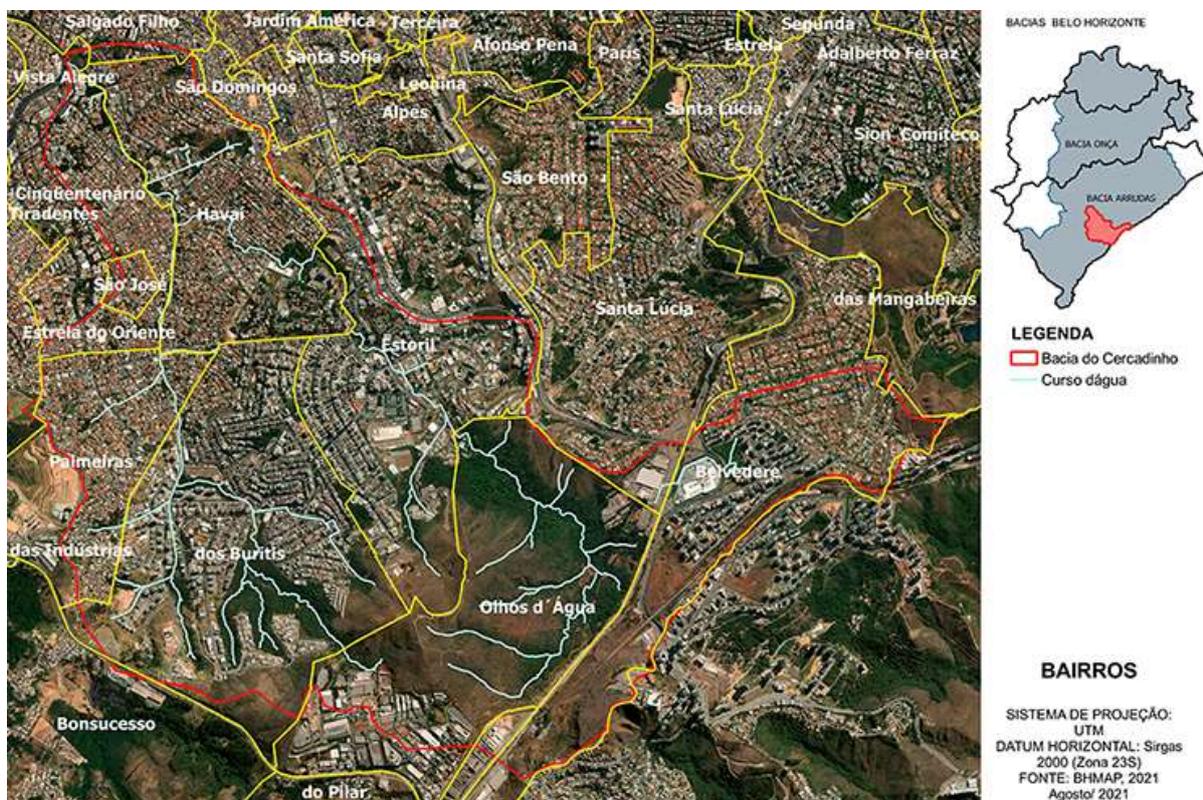
Fonte: Projeto Águas na cidade, 2022

Os dados da área e os materiais são instrumentos de diálogo que instigam a reflexão, trazem perguntas e respostas sobre o lugar, servem para entender a percepção da população e construir estratégias de ação aplicadas a drenagem, como hipóteses de implantação de medidas compensatórias na bacia. As hipóteses, apresentadas através de interfaces e desenhos (projetos), apoiam praticas pedagógicas e também podem servir de base para quantificação da capacidade de infiltração dos dispositivos em uma proposta sistêmica para a bacia.

Estudo de Caso – Bacia do Cercadinho

A bacia elementar do Cercadinho é pertencente a bacia do ribeirão Arrudas, está localizada na região Oeste de Belo Horizonte, próxima a Serra do Curral e entre as regiões Centro-Sul e Barreiro. Os bairros que fazem parte da bacia, são: Burititis, Estrela Dalva, Estoril, Mansões, Havaí, Palmeiras, Belvedere e Olhos d’água.

Figura 05: Bacia Cercadinho e bairros.

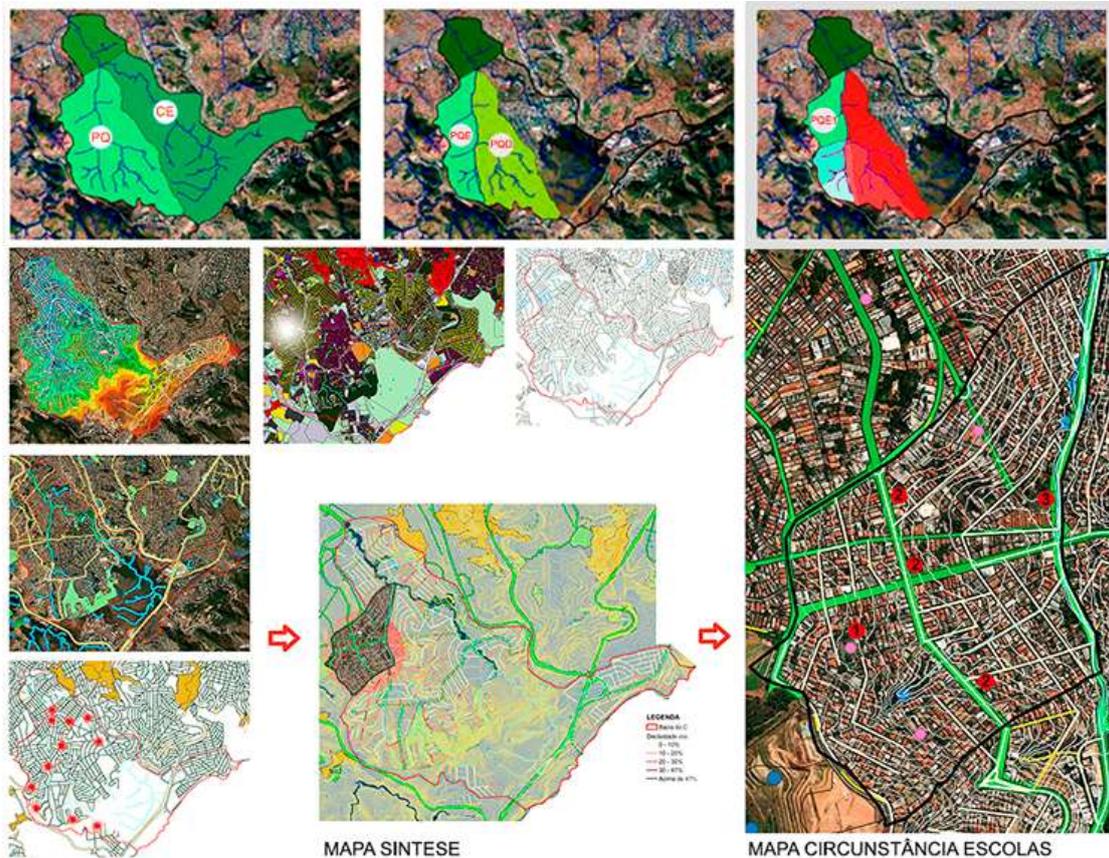


Fonte BHMap adaptado pelo autor, 2022

O Cercadinho é formado por dois córregos principais, Cercadinho e Ponte Queimada. O levantamento dos diferentes dados da bacia é parte fundamental para conhecimento da área. O cruzamento das informações coletadas se constitui como a primeira etapa de análise para a definição das ações e locais de implantação das técnicas compensatórias de drenagem urbana. O mapa síntese considera de toda a bacia, e em destaque indico uma área menor como recorte inicial de trabalho. No contexto das águas os recortes menores são pequenas bacias, circunstâncias que definem unidades de planejamento.

A proposta de iniciar o estudo por uma pequena bacia reforça a ideia de rede, de que cada unidade de planejamento tem sua parcela de contribuição. Qual o impacto positivo e negativo de cada recorte para o todo? Em se tratando das inundações, a subdivisão em unidades menores auxilia no entendimento do problema e também na construção das possíveis soluções.

Figura 06: Cruzamento de dados e divisão da bacia, em destaque circunstância escolas – PQE1.



Fonte: BHMap adaptado pelo autor, 2022

Para o trabalho defini como ponto de partida a circunstância das “escolas” (PQE1), área pertencente a microbacia do córrego Ponte Queimada. Região que apresenta grande potencial de aplicação das técnicas de drenagem em diferentes escalas, lote, rua e fundo de vale. Abaixo destaco 3 (três) pontos relacionados a área selecionada (em destaque no mapa acima):

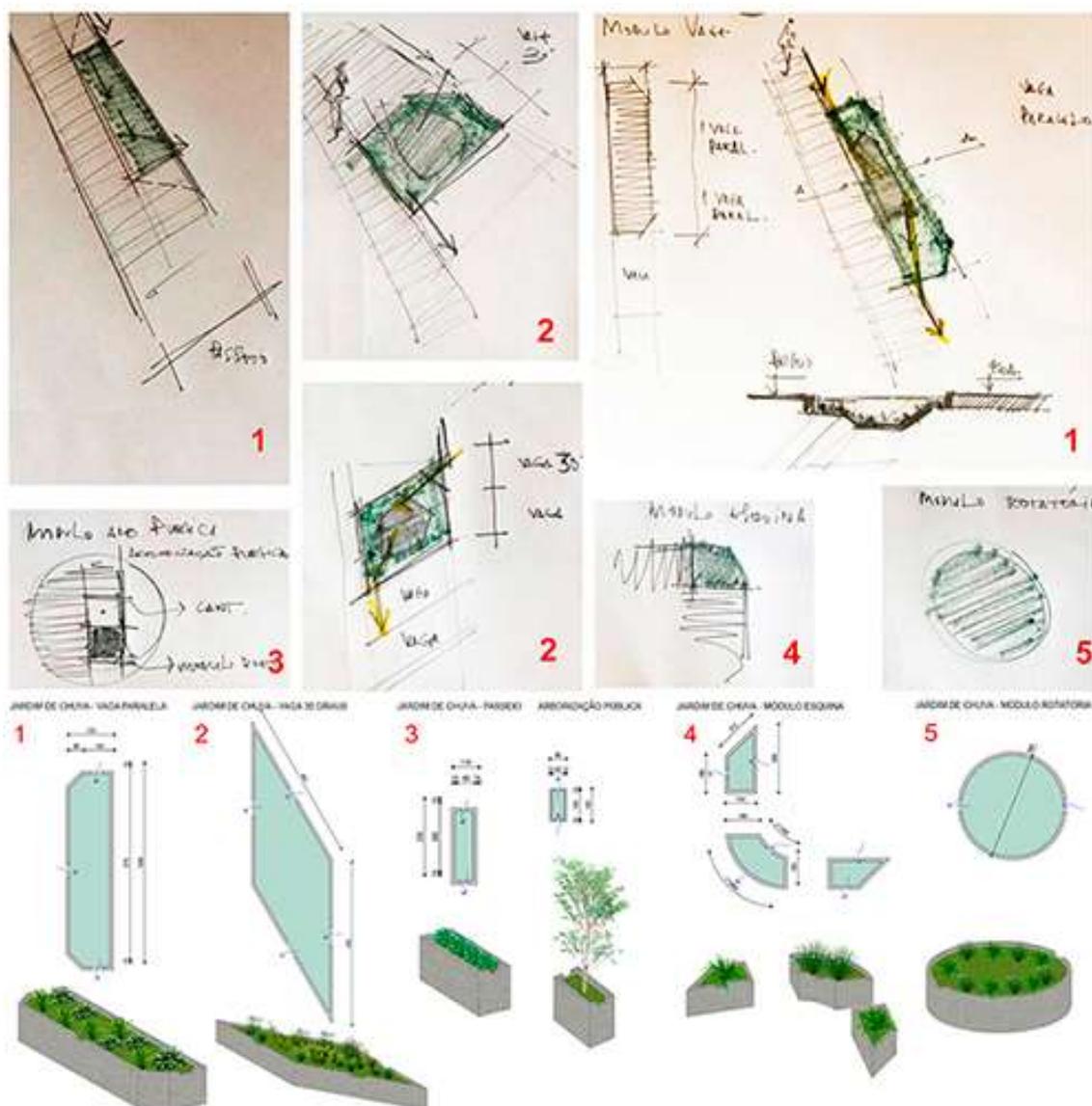
1. Escolas parceiras do Projeto Águas na Cidade no Cercadinho.
2. Vias que apresentam características que favorecem a implantação de técnicas compensatórias na escala da rua.
3. Presença de córregos em leito natural e áreas verdes residuais na escala do fundo de vale.

Desenho de técnicas compensatórias – Circunstância das Escolas

O horizonte da pesquisa é desenvolver uma aplicação sistêmica das técnicas compensatórias nas diferentes escalas. Em uma primeira hipótese para teste selecionei a escala da rua para simulação de instalação de jardins de chuva. As ruas da região retratam uma situação muito

comum das cidades, que é a ocupação do espaço por vagas e carros, vale destacar também que as áreas verdes dos passeios não estão integradas a drenagem urbana. Neste sentido, o ponto de partida para o desenho das técnicas para as vias foi o desenho de módulos considerando os elementos presentes no sistema viário, como: vagas, esquinas, rotatórias e canteiros com árvores. Para o desenho do módulo “vaga” considerei as dimensões de 1 (uma) vaga em diferentes situações (em paralelo, diagonal 30°, diagonal 45°), a proposta de trabalhar com módulos possibilita a replicação e a adaptação a diferentes contextos.

Figura 07: Crquis e desenhos dos módulos de jardins drenantes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Levando em consideração o levantamento de dados a pesquisa em desenvolvimento, apresento os módulos (preliminares): 1) modulo jardim - vaga em paralelo ao passeio; 2) modulo jardim - vaga em diagonal ao passeio; 3) modulo jardim – árvore no passeio; 4) modulo jardim – esquina; 5) modulo jardim – rotatória. A seguir apresento fotos de avenida contendo o “antes e depois” da implantação das técnicas. Os desenhos ilustram, através de um comparativo, as possíveis alterações e as diferentes possibilidades de aplicação.

Figura 08: Perspectivas e plantas avenida.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

A proposta de priorizar o desenho de módulos adaptados a escala da rua visa a possibilidade de aplicação em pequena escala, tem como objetivo direcionar as ações para áreas que quase nunca são contemplados pelos grandes planos de intervenção. Além da melhoria

qualitativa das vias públicas os módulos permitem a quantificação do acréscimo de áreas verdes.

O horizonte da pesquisa é elaborar mapas que identifiquem os locais aptos a receber as soluções compensatórias. De posse dos mapas, módulos e quantificação é possível investigar hipóteses. A replicação das soluções em toda a bacia 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 hidrológico em São Paulo e Belo Horizonte indicando que é possível a avaliação de técnicas compensatórias em bacias hidrográficas urbanas a partir de simulações hidrológicas. Os resultados indicam que as técnicas são importantes instrumentos para redução das inundações; entretanto, a aplicação deve ser feita levando-se em conta os parâmetros (tabela figura 02) e as características de cada bacia hidrográfica.

6. Considerações Finais

Acredito que o presente trabalho, que é parte de uma pesquisa de doutorado na Escola de Arquitetura da UFMG, ao enfatizar o estudo das técnicas compensatórias de drenagem em bacias hidrográficas, traz para discussão importantes questões relacionadas ao desenho e infraestruturas urbanas, principalmente para construir ações que integram água pluvial, áreas verdes e comunidade a partir da pequena escala.

Embora sua eficácia necessite ainda de testes, a proposta de pequenos módulos drenantes tem potencial de aplicação por serem adaptáveis às condições do lugar. O desenho dos módulos e o levantamento dos quantitativos podem constituir numa espécie de laboratório de ensaios que poderiam orientar uma ação sistemática em toda a extensão da bacia. Além de os desenhos se tornarem instrumento de diálogo em ações educativas do Projeto Águas na Cidade.

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 do envolvimento da comunidade para a execução e manutenção dos dispositivos. Neste caso, são ações que devem estar articuladas com os moradores. No contexto da 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.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. M. S. de. **Conexão dos padrões espaciais dos ecossistemas urbanos: a construção de um método com enfoque transdisciplinar para o processo de desenho**

- urbano sensível à água no nível da comunidade e da paisagem.** 2014. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, 2014.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana.** Porto Alegre: ABRH, 2005.
- BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. **Rios e Cidades: uma longa e sinuosa história.** In: Revista UFMG, Belo Horizonte, v. 20, n.2, p.124-153, Jun./Dez. 2013.
- BONTEMPO, V. L. et al. **Gestão de águas urbanas em Belo Horizonte: avanços e retrocessos.** In: Revista Rega. Vol. 9, nº 1, p. 5-16. Porto Alegre, 2012.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CARVALHO, E. T. De. **Contribuição para a Geologia de Engenharia Aplicada às Cidades. Experiência de longa duração em Belo Horizonte.** In: Revista Brasileira de Engenharia e Ambiente. São Paulo. 2011.
- CHAMPS, J. R. B. **Planejar a drenagem urbana: menos inundações e mais qualidade de vida.** In: Revista Planejar BH. Belo Horizonte: Secretaria Municipal de Planejamento, PBH, 1999. p. 38-41.
- CHAMPS, J. R. B.; PEREZ, S. T. C. S.; FRÓES, C. M. V. **O planejamento do sistema de drenagem urbana na cidade de Belo Horizonte.** In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa, 2001.
- CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPÇÃO, R; KLIGERMAN, D. **A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza.** Saúde debate vol.43. Rio de Janeiro. 2019
- DEMANTOVA, G; RUTKOWSKI, E. **A sustentabilidade Urbana: simbiose necessária entre sustentabilidade ambiental e a sustentabilidade social.** Vitruvius. 2007.
- FEENBERG, A. **Ten Paradoxes of Technology.** Biennial Meeting of the Society for Philosophy and Technology. Minnesota, 2009.
- GORSKI, M.C. **Rios e Cidades: ruptura e reconciliação.** Dissertação (Mestrado). Mackenzie São Paulo. 2008.
- HERZOG, C; ROSA, L. **Infraestrutura Verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana.** Revista LABVERDE FAU/USP. 2010.
- MARTINS, L.G.B. **Avaliação do potencial de aplicação de técnicas compensatórias em áreas urbanas consolidadas.** Tese (Doutorado). USP, São Carlos. 2017.
- MASCARÓ, J. L. **Desenho e custos de infra-estrutura urbana.** 2 ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1996.

- MEDEIROS, I. H. de. **Programa Drenurbs/nascentes e fundos de vale: potencialidades e desafios da gestão sócio-ambiental do território de Belo Horizonte a partir de suas águas**. Dissertação (Mestrado). UFMG, Belo Horizonte. 2009
- PBH. **Plano Diretor do Município de Belo Horizonte**. Lei Nº 11.181, de 8 de agosto de 2019.
- POLIZZI, L. **A Transformação da Cidade Precária a partir da Mesoestrutura**. Dissertação (Mestrado). UFMG, Belo Horizonte. 2013.
- PELLI, V. S. **Notas para uma Tecnologia Adequada à Construção na América Latina**. In: MASCARÓ, Lucia. Tecnologia e Arquitetura. São Paulo, Nobel, 1989.
- PINHEIRO, C. **Políticas públicas de manejo de águas pluviais em Belo Horizonte: novos caminhos em meio a velhas práticas**. Dissertação (mestrado) – UFMG. 2019.
- PINHEIRO, C; EUSTÁQUIO R. **Trajetória da drenagem urbana no Brasil: uma perspectiva a partir da análise de políticas públicas recentes de Belo Horizonte**. Anais XVIII ENANPUR, 2019.
- RIGHETTO, A. M.(coordenador). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 396p. 2009
- ROSA, D. W. B. **Resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica urbana à implantação de técnicas compensatórias de drenagem urbana - Bacia do Córrego do Leitão, Belo Horizonte, Minas Gerais**. Dissertação (Mestardo). UFMG. 2017.
- SANTOS, R. E. dos. **ÁGUAS NA CIDADE: Demarcação de Bacias**. Projeto de Extensão aplicado ao Edital Proex Nº 05/2021– Fomento a produtos extensionistas destinados à Educação Básica e Profissional Pública, 2021.
- SANTOS, R. *et al.* **A Extensão do Conhecimento das Águas na Cidade**. XVII Enapur, São Paulo, 2017.
- SILVA, P. O. da. **Análise de técnicas compensatórias de drenagem urbana para atenuação de inundações em uma sub-bacia do rio Jiquiá no Recife**. Dissertação (Mestardo). UFPE, Recife. 2010.
- SILVEIRA, A.L.L. **Hidrologia Urbana no Brasil**. In: BRAGA, B.; TUCCI C.E.M.; TOZZI, M. Drenagem Urbana: Gerenciamento, Simulação, Controle. ABRH Publicações, nº 3. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998.
- SOUZA, M. L. de. **Mudar a Cidade: Uma Introdução Crítica ao Planejamento e a Gestão Urbanos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2008.
- TELLES, D. **Ciclo Ambiental da Água: da chuva a gestão**. São Paulo, 2013.
- TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Brasília: CEPAL, 2012. 50p.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007. 393p.