

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Talita Silvia de Souza

ESTUDO DE TECNOLOGIAS EM *SPONGE CITY* PARA DRENAGEM DA ÁGUA PLUVIAL –
APLICAÇÃO NO RIO ARRUDAS EM BH

Belo Horizonte
2020

Talita Silvia de Souza

ESTUDO DE TECNOLOGIAS EM *SPONGE CITY* PARA DRENAGEM DA ÁGUA PLUVIAL –
APLICAÇÃO NO RIO ARRUDAS EM BH

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Sistemas tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído.

Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof. Dra. Renata Baracho

Belo Horizonte

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

S726e

Souza, Talita Silvia de.

Estudos de tecnologias em Sponge City para drenagem da água pluvial [manuscrito] : aplicação no Rio Arrudas em BH / Talita Silvia de Souza. - 2020.

78 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Escoamento urbano. 2. Águas pluviais - Drenagem. 3. Arrudas, Rio (Belo Horizonte, MG). 4. Sustentabilidade. I. Baracho, Renata Maria Abrantes. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 628.21

Ficha catalográfica: Gustavo Las Casas Provetti Gomes CRB-6/3417.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG
Rua Paraíba, 697 – Funcionários
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (031) 3409-8823

FAX (031) 3409-8822

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DA ALUNA TALITA SILVIA DE SOUZA COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS.

Às 18 horas do dia 30 DE JUNHO 2020, reuniu-se teleconferência privada, devido ao COVID-19 , a Comissão Examinadora composta pela Professora Renata Maria Abrantes Baracho Porto Orientador-Presidente e pela Professora Maria Luiza Almeida Cunha de Castro, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos, para avaliação da monografia intitulada “ESTUDO DE TECNOLOGIAS EM SPONGE CITY PARA DRENAGEM DA ÁGUA PLUVIAL – APLICAÇÃO NO RIO ARRUDAS EM BH” de autoria da aluna **TALITA SILVIA DE SOUZA**, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso, atribuindo ao trabalho o conceito A/90 . A Comissão recomenda que sejam encaminhados: 01 (hum) exemplar impresso para a Biblioteca da Escola de Arquitetura e 01(hum) exemplar digital ao Repositório da UFMG, após as correções sugeridas. Recomenda também publicação desta monografia.

Belo Horizonte 30 de junho de 2020

Professora **RENATA MARIA ABRANTES BARACHO PORTO**
Orientador-Presidente

Professora **MARIA LUIZA ALMEIDA CUNHA DE CASTRO**
Membro Titular

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida.

Meu sincero agradecimento a todas as pessoas que me apoiam.

Aos meus pais e à minha avó pelo amor, apoio e carinho por mim, em especial minha mãe, que sempre esta ao meu lado me apoiando.

À minha orientadora pela compreensão e conhecimentos divididos nos momentos de orientação.

Aos meus amigos e a turma do curso de pós em sustentabilidade pela amizade e trocas de conhecimento.

RESUMO

As inundações e alagamentos nos centros urbanos brasileiros evidenciam os problemas da relação entre o rio e a cidade. O objetivo deste trabalho é compreender como as cidades inteligentes, se valem das tecnologias para a drenagem da água pluvial, mitigando os problemas decorrentes de um sistema hídrico ineficiente. O levantamento dessas tecnologias nas *smart cities* contribui para entender as medidas que já são aplicadas, ou poderão ser aplicadas para minimizar os impactos das chuvas. O termo *sponge city* foi desenvolvido na china, onde foi criado um sistema que substitui as superfícies como asfalto e concreto por superfícies com solos permeáveis, que absorvem a água da chuva e funcionam como um filtro armazenando água por toda a cidade. Com isso, o trabalho busca analisar a relação entre as cidades inteligentes, e cidades esponjas, e o sistema de drenagem urbana. O ribeirão Arrudas, em um trecho na Avenida Teresa Cristina, no bairro Betânia, na cidade de Belo Horizonte é caso estudado neste trabalho. Para tanto, é feito um mapeamento do local e um estudo, para avaliar e sugerir a possível implantação de medidas e tecnologias para a absorção inteligente da água pluvial.

Palavras-chaves: *Sponge City*, *Smart City*, Drenagem Urbana, Rio Arrudas, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Floods and floods in Brazilian urban centers reaffirm the problems between the relationship between the river and the city. The objective of the article is to establish the relationship between smart cities and their technologies for rainwater drainage, mitigating the problems resulting from an inefficient water system. The survey of these technologies in smart cities will help to understand the measures that are already applied and can be applied to mitigate events. The term "sponge city", is approached and developed in a Chinese city, where a system was created that replaces surfaces such as asphalt and concrete for surfaces with permeable soils, which absorb rainwater and work as a filter storing water for the whole city. With this, the work will seek to analyze the relationship between smart cities, and sponge cities, and the urban drainage system. The Arrudas stream on a stretch on Avenida Teresa Cristina in the Betânia neighborhood in the city of Belo Horizonte is the case study at work. In the area, a mapping of the site and a study are carried out for the possible implementation of measures and technologies for the intelligent absorption of rainwater.

Keywords: Sponge City, Smart City, Urban Drainage, Rio Arrudas, Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

| | |
|---|----|
| Figura 01 – Processo de metodologia para elaboração do artigo..... | 16 |
| Figura 02 - Fluxograma esquemático do desenvolvimento do artigo..... | 17 |
| Figura 03 – Participação da cidade de Belo Horizonte no ranking do Projeto Fab City.... | 18 |
| Figura 04 – Mapa estrutural da literatura do artigo..... | 22 |
| Figura 05 – Tríade de uma cidade sustentável..... | 24 |
| Figura 06 - escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração em telhado verdes e tradicionais..... | 28 |
| Figura 07 - Praça-piscina na Holanda..... | 29 |
| Figura 08 - Parque alagável com passarelas suspensas na cidade de Jinhua, na China.... | 30 |
| Figura 09 – Seção tipo do pavimento com piso intertravado permeável..... | 31 |
| Figura 10 – Infiltração da água no piso permeável de concreto drenante..... | 32 |
| Figura 11 – Ciclo Hidrológico nos centros urbanos..... | 33 |
| Figura 12 – Rio Cheonggyecheon revitalizado..... | 35 |
| Figura 13 – Sistema de drenagem Urbana..... | 36 |
| Figura 14 – Sistema de drenagem pluvial..... | 37 |
| Figura 15 – Nascente do Córrego Ferrugem em Contagem..... | 41 |
| Figura 16 - Vista aérea do ribeirão Arrudas..... | 42 |
| Figura 17 – Canalização do rio Arrudas no final da década de 20..... | 43 |
| Figura 18 – Alagamento com as fortes chuvas em Belo Horizonte..... | 45 |
| Figura 19 - Bueiros entupidos com folhas e galhos na Avenida Teresa Cristina..... | 47 |
| Figura 20 - Situação dos bueiros na área de intervenção..... | 47 |
| Figura 21 - Placa indicando o risco de inundação na região de estudo de caso..... | 48 |
| Figura 22 – Localização da proposta de intervenção no município de BH..... | 50 |
| Figura 23 – Área de intervenção com os bairros adjacentes..... | 51 |
| Figura 24 - Sistema do sensoriamento remoto do bueiro inteligente..... | 62 |
| Figura 25 – Bueiro inteligente com filtro e sensor..... | 63 |

LISTA DE TABELA

| | |
|---|----|
| Tabela 01 – Principais artigos selecionados para a revisão bibliográfica..... | 23 |
| Tabela 02 – Informações sobre o volume de chuva na região de estudo..... | 58 |
| Tabela 03 - Informações sobre o volume de chuva na área das calçadas no trecho de estudo..... | 60 |

LISTA DE MAPAS

| | |
|---|----|
| Mapa 01 - Mapa das grandes bacias hidrográficas de Belo Horizonte..... | 38 |
| Mapa 02 – Mapa da UTE do Ribeirão Arrudas..... | 40 |
| Mapa 03 – Carta de Inundações na região da proposta de intervenção..... | 46 |
| Mapa 04 – Mapa topográfico da região da proposta de intervenção..... | 52 |
| Mapa 05 – Mapa propositivo da área de intervenção para a implantação de espaços alagáveis..... | 54 |
| Mapa 06 – Comprimento linear da área de estudo e intervenção..... | 56 |
| Mapa 07 –Área do trecho de intervenção demarcando a proposta de implantação de piso permeável e área para praças-piscina alagáveis..... | 61 |
| Mapa 08 – Mapa propositivo para implantação dos bueiros inteligentes..... | 64 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------------------|---|
| PBH | Prefeitura de Belo Horizonte |
| BH | Belo Horizonte |
| SIG | Sistema de Informações Geográficas |
| BHTrans | Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte |
| IoT | Internet das coisas |
| PM | Polícia Militar |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| SCBH | Subcomitê da Bacia Hidrográfica |
| UTE | Unidade Territorial Estratégica |
| CBH Rio das Velhas | Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas |
| NAC | Núcleo de Alerta de Chuva |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| Inmet | Instituto Nacional de Meteorologia |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. Introdução..... | 12 |
| 1.1 Justificativa..... | 13 |
| 1.2 Objetivos | 14 |
| – 1.2.1 Objetivo geral | 14 |
| – 1.2.2 Objetivo específicos..... | 14 |
| 2. Metodologia..... | 15 |
| • Belo Horizonte - Uma cidade inteligente..... | 18 |
| • Objetivos do programa Belo Horizonte – Cidade Inteligente..... | 19 |
| 3. Fundamentação teórica | 20 |
| 3.1 <i>Smart City</i> | 23 |
| 3.2 Sponge City – Sustentabilidade..... | 25 |
| – Telhados Verdes | 27 |
| – Praças-piscinas | 28 |
| – Parques alagáveis | 29 |
| – Calçamento permeável | 30 |
| 3.3 Hidrologia | 32 |
| – Ciência Hidrológica | 32 |
| – Rios Urbanos | 34 |
| 3.4 Sistema de Drenagem urbana | 36 |
| 4. Métodos e Ferramentas | 37 |
| Estudo de caso | 38 |
| 5. Proposta de Intervenção | 49 |
| • Proposta de intervenção para implantação de dispositivos para drenagem urbana em Belo Horizonte - <i>Smart City</i> | 49 |
| • Tecnologias Aplicadas ou possíveis de aplicação no combate a Inundações na capital mineira | 52 |
| – Parque e Praça-piscinas alagáveis | 53 |
| – Piso Drenante | 55 |
| – Bueiro Inteligente | 61 |
| – Aplicativo Waze | 64 |

| | |
|--|-----------|
| – Núcleo de Alerta de Chuvas (NAC) | 65 |
| 6. Conclusão | 66 |
| 7. Referências Bibliográficas | 67 |

1. Introdução

O conceito de *Smart Cities* é abordado com uma breve análise contextual a respeito do seu real significado. As inovações tecnológicas garantem que as cidades inteligentes possam estabelecer conectividade entre as pessoas, os meios de infraestrutura e o meio ambiente com tecnologia da informação e comunicação. O objetivo do trabalho é estabelecer relação entre as cidades inteligentes e suas tecnologias para a drenagem da água pluvial, que podem diminuir ou até mesmo acabar os problemas decorrentes de um sistema hídrico ineficiente. As inundações e alagamentos nos centros urbanos brasileiros evidenciam os problemas de relação entre o rio e a cidade.

O levantamento dessas tecnologias nas *smart cities* contribuirá para entender as medidas que já são aplicadas e podem ser aplicadas para minimizar os efeitos das chuvas nas cidades, bem como seus prejuízos. A metodologia adotada é a revisão bibliográfica, com intuito de relacionar o tema *smart cities*, *sponge city* e medidas inteligentes para conter as enchentes e inundações nas cidades e o que é possível aplicar em BH.

O conceito de *sponge city* é inovador, já que propõe uma gestão sustentável da água pluvial urbana e foi desenvolvido nas cidades chinesas que sofriam várias perdas com as intensas chuvas em determinado período do ano. No projeto de Changde, cidade com um rápido crescimento na província de Hunan, na China, o projeto de cidade esponja utilizado (...) “trata de infraestruturas adicionais de filtragem de água, como estradas de alimentação arborizadas, parques de águas pluviais e jardins de chuva no quarteirão” segundo o escritório UrbanLab. Este sistema substitui as superfícies como asfalto e concreto por superfícies com solos permeáveis, que absorvem a água da chuva e funcionam como um filtro. A água é absorvida pelo solo e passa por um sistema de filtragem que imita a natureza e depois é liberada para os rios e lagos dentro da cidade. O projeto tenta resolver simultaneamente dois problemas que ocorrem nas cidades chinesas: a falta de água e o problema com alagamentos e inundações, problemas que também ocorrem nas cidades brasileiras.

Além disso, o trabalho analisa a relação entre as *smart cities*, *sponge city* e Sistema de Drenagem Urbana, termos aprofundados ao longo do texto. Quanto à aplicabilidade, o Ribeirão Arrudas será o estudo de caso, no trecho na Avenida Teresa Cristina no bairro Betânia. Medidas e tecnologias são apresentadas para a implantação de uma proposta na área de estudo de caso com um mapeamento, apresentando as medidas utilizadas e possíveis inovações para o tratamento e absorção da água pluvial.

1.1 Justificativa

As cidades brasileiras enfrentam inúmeros problemas decorrentes da falta de um planejamento urbano sustentável. Um exemplo disso, são as enchentes e inundações nos centros urbanos, que são cada vez mais frequentes em determinada época do ano, que trazem vários prejuízos. As mudanças climáticas provocam intensas e devastadoras tempestades caracterizando uma nova realidade do clima. Por isso, entender e analisar tecnologias aplicadas para solucionar ou minimizar o problema de inundações nos centros urbanos garante uma perspectiva mais assertiva sobre o tema. Nesse sentido, Prado e Santo afirmam que (2014) as cidades inteligentes organizam o ambiente urbano, resolvendo vários problemas ambientais, sendo um modelo de sustentabilidade urbana adaptado à era da informática.

Ainda, segundo Rizzon *et al.* (2017) no perfil das cidades ao longo da história é possível observar grandes mudanças, as cidades da era pré-industrial, incorporavam as funções agrícolas e eram autossuficientes. Em outras palavras, eram assentamentos com habilidades técnicas para a sobrevivência. Além disso, eram também domínio das elites culturais e religiosas para atender às suas próprias necessidades. Algumas dessas cidades, se desenvolveram como centros comerciais. Logo não há dúvida que é importante observar a evolução histórica das cidades para entender as perspectivas para as cidades futuras.

A evolução histórica das cidades interfere diretamente na perspectiva e vivência nos centros urbanos ao longo dos anos. As cidades vêm se reinventando com um forte aparato tecnológico, que interliga os setores de serviços às redes internacionais com tecnologia, o que garante o intercâmbio de pessoas e capitais (Rizzon *et al.*, 2017). Com

isso a conexão, a troca de conhecimento e cultura interfere nas transformações urbanas e no futuro das cidades.

Nesse contexto, compreender a vivência das cidades contemporâneas e os problemas nelas enfrentados é essencial. Neste trabalho, conforme já foi dito, as questões relativas às chuvas e as tecnologias que tem sido utilizada para solucionar ou minimizar os impactos das enchentes, estão no centro da discussão, sendo o ponto de partida para estabelecer a linha de pesquisa e os objetivos do trabalho.

A pesquisa levanta a seguinte questão – Como as tecnologias aplicadas nas *Smart Cities* podem auxiliar no combate a inundações?, Ao longo do texto esta questão é analisada e busca-se responder apresentando medidas e tecnologias implantadas na gestão da água pluvial urbana.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho buscar estabelecer uma relação entre cidades inteligentes e suas tecnologias para a drenagem da água pluvial, que podem mitigando os problemas relacionados a inundações e enchentes na capital mineira.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho é abordar os conceitos de *smart cities* e *Sponge City*, relacionando à drenagem urbana às tecnologias aplicadas para destinação eficiente e sustentável da água pluvial.

- Analisar os tipos de tecnologias que as *smart cities* estão utilizando para lidar com as águas pluviais e o controle de inundações.

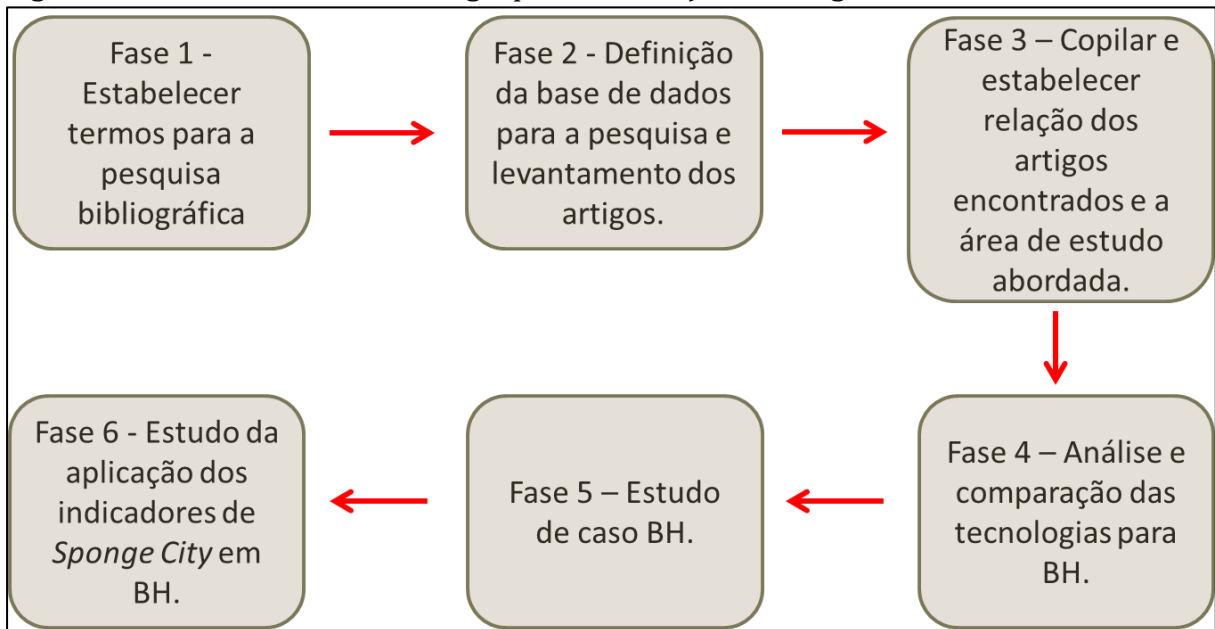
- Estabelecer a relação entre as *smart cities* e os sistemas de drenagem urbana através de uma revisão bibliográfica. Nesta revisão bibliográfica relacionar o tema *smart city* a medidas inteligentes de *sponge city* e suas implantações.

- Observar as soluções tecnológicas implantadas, como superfícies drenantes, sistemas de comunicação eficientes que informam a população dos riscos de tempestades e alagamentos, entre outros sistemas.
- Realizar o estudo de caso no Rio Arrudas, entendendo as suas características hidrográficas, a partir desta análise estabelecer uma proposta para uma possível implantação de tecnologias inteligentes.
- Estabelecer antecedentes para o conceito de *smart cities* como a nova forma de se relacionar com a cidade, depois compreender a evolução e relação da água dentro do contexto urbano. A partir deste ponto, apresentar considerações sobre a drenagem pluvial urbana e a drenagem urbana em Belo Horizonte.
- Listar e discorrer sobre tais tecnologias e mecanismos sob a perspectiva de sustentabilidade, bem como as medidas que foram implantadas nas *smart cities* no âmbito de planejamento urbano para a retenção da água pluvial. Isto em contrapartida ao sistema de drenagem utilizado nas cidades inteligentes.

2. Metodologia

O trabalho é desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica, com uma pesquisa de caráter qualitativo e exploratório, que são essenciais ao tema, buscando referenciais teóricos nacionais e internacionais. Observar o panorama atual de cidades que com tecnologia da informação e comunicação conseguiram estabelecer um novo cenário urbano. É realizado um levantamento teórico e bibliográfico das principais soluções de drenagem urbana e as tecnologias que podem ser utilizadas nos sistemas hídricos na cidade. A figura (01) apresenta se passo a passo do processo metodológico pra elaboração do artigo.

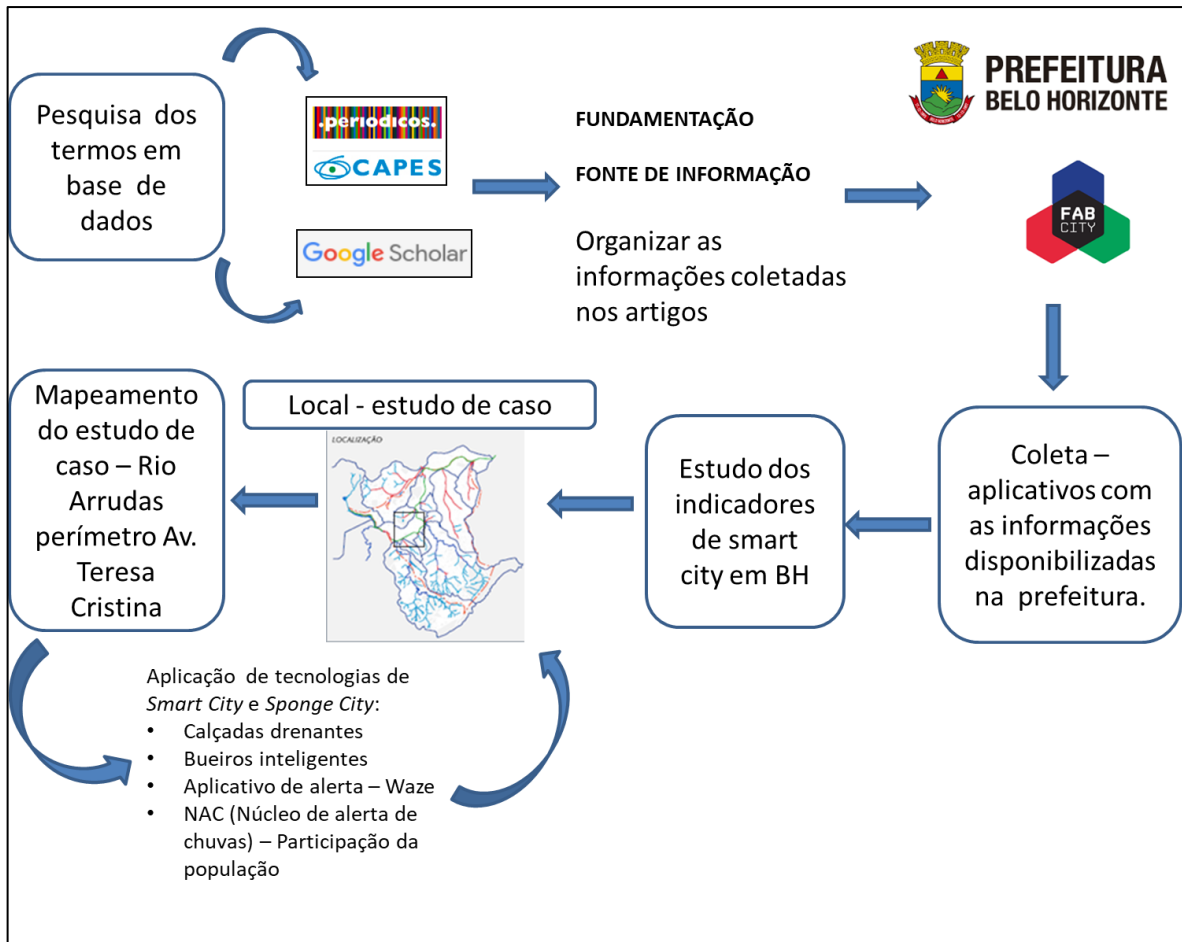
Figura 01 – Processo de metodologia para elaboração do artigo



Fonte – Elaborado pela autora.

Conforme a figura (02) o fluxograma apresenta as etapas de desenvolvimento para a elaboração do artigo. O estudo foi composto por seis fases. Na fase inicial da revisão bibliográfica são definidos os termos da pesquisa, quais sejam: *smart city*, *sponge city*, drenagem urbana e rio Arrudas. Adiante foi feita uma busca do termo no portal de periódicos da Capes e Google Acadêmico.

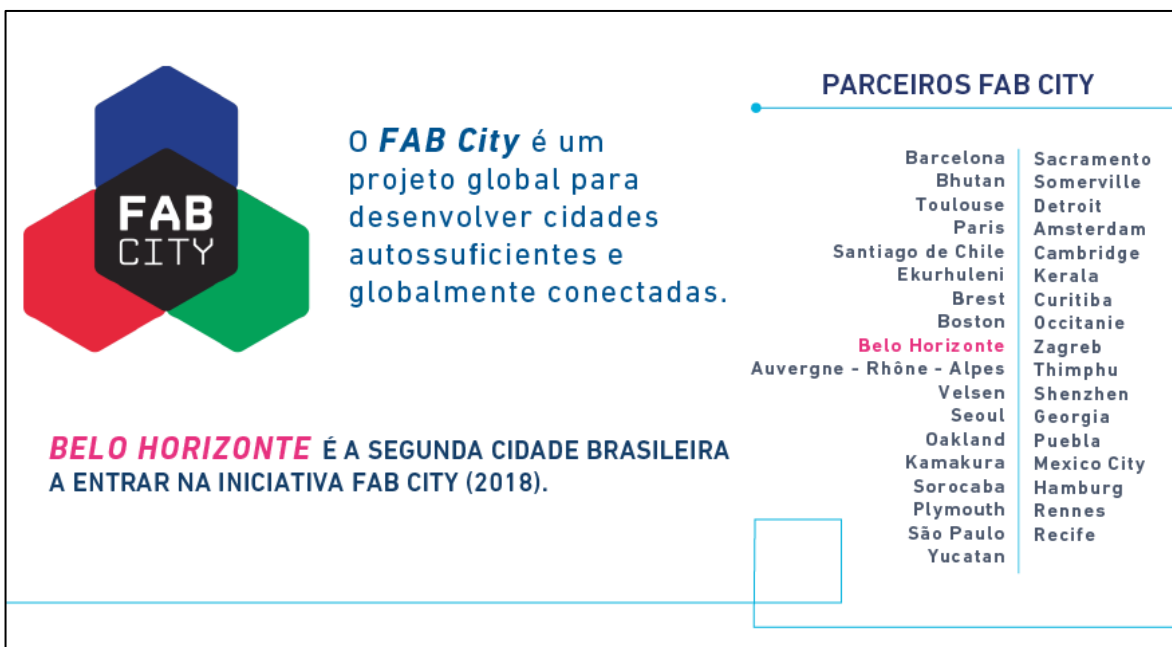
Figura 02 - Fluxograma esquemático do desenvolvimento do artigo



Fonte – Elaborado pela autora.

A seguir, as informações coletadas nos artigos, bem como as disponibilizadas pela PBH a respeito das ações para tornar a cidade mais inteligente e sustentável, são relacionadas, com o objetivo de compreender quais são as medidas adotadas que podem classificar a cidade como uma *smart city*. Uma medida já tomada da PBH, foi a adesão Fab City, no qual cidades se comprometem a desenvolver e implantar novos modelos urbanos, além de atingir bons indicadores ambientais, sociais e econômicos (figura 03).

Figura 03 – Participação da cidade de Belo Horizonte no ranking do Projeto Fab City



Fonte – PBH (2019).

Após a coleta de informações disponibilizadas pela prefeitura, a partir de indicadores pode se definir a cidade como uma cidade inteligente. Para tanto, é feito um recorte para desenvolver um estudo de caso. O mapeamento de possíveis áreas é realizado para a implantação das medidas de uma *sponge city* e *smart cities* como parques alagáveis, pisos drenantes e bueiros inteligentes no trecho escolhido para este trabalho - Avenida Teresa Cristina no bairro Betânia. Além disso, há outras medidas para aplicabilidade das tecnologias e Núcleos de Alerta de Chuvas com a utilização de aplicativos para uma comunicação inteligente e eficiente com a população e a utilização do aplicativo Waze juntamente com o Sistema de Informações Geográficas (SIG).

- Belo Horizonte - Uma cidade inteligente

A administração da cidade de Belo Horizonte tem priorizado ações para garantir que novas tecnologias ajudem e auxiliem na minimização dos impactos causados pela força da água no município. Segundo a PBH (2019), foi fechada uma parceria com o aplicativo Waze, um “programa de mapas que traça rotas pelas vias das cidades”. para que os técnicos da BHtrans e da Defesa Civil possam interferir no programa, inserindo “informações sobre interdições, bloqueios, fechamentos programados e mudanças de

circulação, inclusive alertas à população sobre pontos de inundações em todas as regiões da cidade” PBH (2019), que logo são disponibilizadas através do aplicativo.

Este é um exemplo da utilização de tecnologia para auxiliar na gestão da água pluvial urbana nos centros urbanos. Segundo a PBH (2019) uma cidade inteligente é aquela que através de “um programa estratégico de interação com o ecossistema tecnológico, inovam para otimizar o planejamento e o atendimento das necessidades dos moradores e visitantes, promovendo melhora na qualidade de vida.” Belo Horizonte pode ser classificada como cidade inteligente já que utiliza-se de uma base de dados, digitais que auxilia a população com informações. Além de disponibilizar um aplicativo para a população com as várias informações.

A cidade pode ser considerada inteligente, pois utiliza das seguintes tecnologias PBH (2019): fibra óptica; Câmeras de videomonitoramento; Iluminação pública com LED; Pontos de acesso gratuito à internet sem fio (*hotspots*); Centro de Operações de Belo Horizonte (COP-BH); Dados Abertos; BHLab (IoT); PBH APP - Aplicativo móvel da PBH, além da já mencionada parceria com o Waze, que são ferramentas para auxiliar a população no acesso a informação fornecidas pela prefeitura aos cidadãos. Além do “Rotativo digital; Laboratório Aberto de IOT da Prodabel; Sistema de Informações de acessibilidade e sustentabilidade de BH (SISMOB – BH); Central Geradora de Energias Renováveis; Horizonte Criativo; Biofábrica” segundo a PBH(2019).

- Objetivos do programa Belo Horizonte – Cidade Inteligente

Segundo a PBH (2019) o programa Belo Horizonte – Cidade Inteligente apresenta uma gestão integrada que engloba as várias áreas da administração pública com os objetivos no âmbito tecnológico:

- “Evoluir a infraestrutura tecnológica como base de uma gestão integrada entre as diversas áreas da administração;
- Interagir com o ecossistema tecnológico da cidade para a construção de soluções conjuntas;
- Fomentar empresas de base tecnológica para consolidar o setor de TIC como marca do município e favorecer o desenvolvimento econômico e a geração de empregos;

- Posicionar Belo Horizonte como destino turístico inteligente por meio da interação e integração do visitante à cidade, qualificando a experiência com o uso de recursos tecnológicos;
- Realizar eventos tecnológicos e técnico-científicos para posicionar a cidade como referência no setor de TIC e para permitir a geração de oportunidade de novos negócios e atração de investimentos.” (PBH, Cidades Inteligentes, 2019)

A PBH cidade tem buscado estabelecer caminhos para a gestão de uma cidade inteligente, o que já tem sido reconhecido, um exemplo, é que a capital mineira ocupa o sétimo lugar do ranking *Connected Smart Cities* organizado pela *Urban Systems* (PBH, 2019). O *Urban Systems* avalia o empreendedorismo e governança nas cidades brasileiras abordando temas como mobilidade, energia, inovação e meio ambiente.

A cidade de Belo Horizonte possui inúmeros problemas na gestão de drenagem urbana. De fato, essa drenagem é ineficiente e obsoleta, o que advém da inexistência de um projeto inteligente e eficaz ao longo da história da cidade. Além disso, por causa das mudanças climáticas, as chuvas intensas têm sido cada vez mais frequentes, e junto com elas as inundações e enchentes, o que evidenciam a ineficiência da drenagem urbana na cidade. Neste trabalho busca-se mostrar como a *sponge city*, implantando pioneiramente pela China, pode ser uma das soluções adotadas pela PBH, o que garantiria uma gestão das águas urbana mais sustentável e assertiva.

3. Fundamentação Teórica

Segundo Ribeiro e Oliveira (2014) as *smart cities* aumentam a eficiência investindo em tecnologia da informação em suas estruturas físicas, aprimorando e facilitando a mobilidade, trabalhando a conservação de energia, melhora da qualidade do ar e da água, para ter uma eficaz e rápida recuperação de desastres. Ademais, é importante o compartilhamento de dados para aprimorar a comunicação entre os diversos órgãos. Não é o caso do Brasil, que enfrenta grandes problemas no enfrentamento de grandes desastres, em destaque as inundações e alagamentos que sempre ocorrem nos centros urbanos, causando prejuízos.

No tema da aplicação de tecnologias o estudo aborda questões de um planejamento urbano eficiente e inteligente o que garante a infraestrutura nas cidades inteligentes. Nesse sentido, de acordo com Lima (2007) o termo drenagem é empregado para os sistemas destinados a escoar até o destino final (rios, lagoas, oceano, etc.) o excesso de água pluvial, ou seja, aquela que não é absorvido pelo solo, ou que não se junta aos corpos de água existentes na malha urbana. Assim, é necessário analisar medidas que podem ser tomadas para minimizar os riscos e os prejuízos das inundações nos centros urbanos.

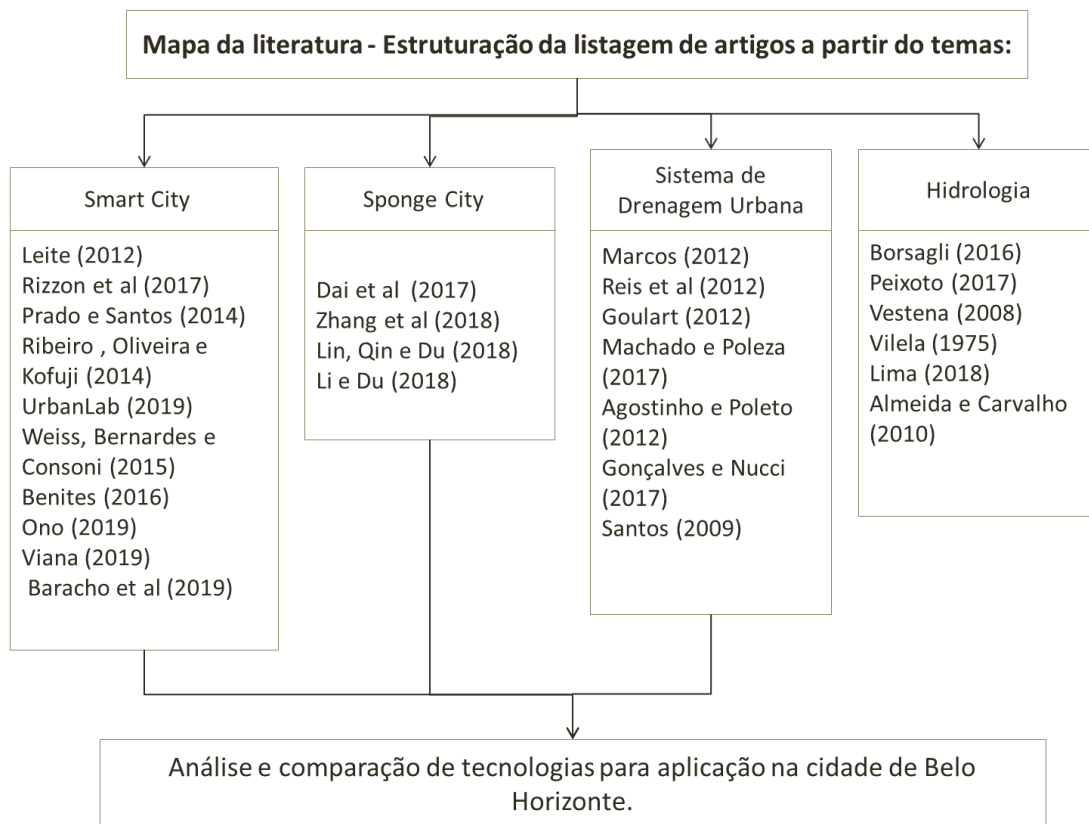
A abordagem teórica do trabalho aprofunda a contextualização do conceito de cidades inteligentes, no qual muitos autores estabelecem uma relação entre tecnologia e planejamento urbano quanto a questões urbanas. Prado e Santos (2014) afirmam que a cidade inteligente contrapõe os paradigmas do planejamento urbano convencional, estabelecendo inovação e integração de sistemas voltados para a eficiência urbana e colocando as pessoas e instituições em diálogo com as tecnologias de informação e comunicação.

Além disso, é necessária uma breve análise do Sistema de drenagem urbana, os aplicativos, os sensores e sistemas de automação utilizados nas cidades inteligentes. A figura (04) apresenta o mapa da literatura do trabalho, com uma estruturação dos principais artigos por temas abordados: *Smart City*, *Sponge City*, Sistema de Drenagem urbana e Hidrologia. O mapa da literatura norteia a base estrutural científica que o artigo relaciona, analisa a aplicabilidade do tema e a proposta de implantação no estudo de caso.

“A revisão da literatura é uma parte vital do processo de investigação. Aquela envolve localizar, analisar, sintetizar e interpretar a investigação prévia (revistas científicas, livros, actas de congressos, resumos, etc.)” (Bento, 2012, pág. 1), entretanto quanto à revisão bibliográfica ele classifica como; “uma análise bibliográfica pormenorizada, referente aos trabalhos já publicados sobre o tema” (Bento, 2012, pág.1). A revisão bibliográfica do trabalho busca uma forma de analisar artigos já publicados sobre o

tema estudado e pesquisado; as tecnologias aplicadas nas *smart cities* que possam minimiza e controla os impactos das enchentes e inundações na capital mineira.

Figura 04 – Mapa estrutural da literatura do artigo



Fonte – Elaborado pela autora.

Além de compilar artigos referentes à *smart city*, é importante entender o que é realmente uma cidade inteligente e como a cidade de Belo Horizonte se classifica como tal. Através da revisão bibliográfica busca-se relacionar o tema *smart cities*, *sponge city* e medidas inteligentes para conter as enchentes e inundações nas cidades, delimitando o que é possível aplicar em BH, determinando o trecho da Avenida Teresa Cristina como estudo de caso.

Dentre os artigos lidos na revisão bibliográfica foram selecionados alguns para nortear a pesquisa. A partir da fundamentação e pesquisa nas fontes de informação, organizou se os dados coletados nos artigos que foram selecionados e organizados na tabela 01.

Tabela 01 – Principais artigos selecionados para a revisão bibliográfica

| Titulo do artigo | Autor (es) | Ano da Publicação | Tema relacionado |
|--|---|-------------------|----------------------------|
| A desconstrução do imaginário das smart cities através da implantação de tecnologias em regiões periféricas | Eduardo Eiji Ono | 2019 | Smart City |
| Automação na drenagem urbana e reaproveitamento das águas depositadas nos tanques | Paulo Mario Ripper Vianna | 2019 | Drenagem Urbana |
| Effective Evaluation of Infiltration and Storage Measures in Sponge City Construction: A Case Study of Fenghuang City | Jinjun Zhou , Jiahong Liu , Weiwei Shao , Yingdong Yu, Kun Zhang, Ying Wang e Chao Mei | 2018 | Sponge City |
| Modelo conceitual de um sensor microcontrolado 3G para automação do controle de saturação de dispositivos de drenagem urbana (bueiro) aplicado a cidades inteligentes. | Amauri Dias Carvalho, Alexandre Maniçoba De Oliveira e Sergio Takeo Kofuji | 2014 | Smart City Drenagem Urbana |
| O escoamento superficial como condicionante de inundações em belo horizonte, MG: Estudo de caso da sub-bacia córrego do leitão, Bacia do ribeirão arrudas. | Patrícia Elizamma Reis, Maria Giovana Parizzi, Danilo Marques de Magalhães e Ana Clara Mourão Moura. | 2012 | Drenagem Urbana |
| Proposta da rede de monitoramento das águas Subterrâneas na sub-bacia do ribeirão arrudas, região Central de Belo Horizonte-MG. | Patrícia Pascoal Goulart e Raphael Elias Pereira da Cruz. | 2012 | Drenagem Urbana |
| Governance of the Sponge City Programme in China with Wuhan as a case study | Liping Dai, Helena F. M. W. van Rijswijk, Peter P. J. Driessen e Andrea M. Keessen | 2017 | Sponge City |
| Storm Water Management and Flood Control in Sponge City Construction of Beijing | Shuhan Zhang , Yongkun Li , Meihong Ma , Ting Song e Ruining Song | 2018 | Sponge City |
| Smart Cities: Conceito, Iniciativas e o Cenário carioca. | Kárys Cristina Diederichs Prado e Patrícia Estevão dos Santos | 2014 | Smart City |
| Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos | Mariele de Souza Parra Agostinho e Cristiano Poletto | 2012 | Drenagem Urbana |
| Smart City: Um conceito em construção. | Fernanda Rizzon, Janine Bertelli, Juliana Matte, Rosani Elisabete Graebin e Janaina Macke. | 2017 | Smart City |
| Optimization of China Sponge City Design: The Case of Lincang Technology Innovation Park | Nan Li e Chengxin Qin and Pengfei Du | 2018 | Sponge City |
| A Proposal for Developing a Comprehensive Ontology for Smart Cities / Smart Buildings / Smart Life | Renata Maria Abrantes Baracho, Dagobert Soergel, Mário Lucio Pereira Junior e Mariana Almeida Henriques | 2019 | Smart City |

Fonte – Elaborado pela autora.

3.1 Smart City

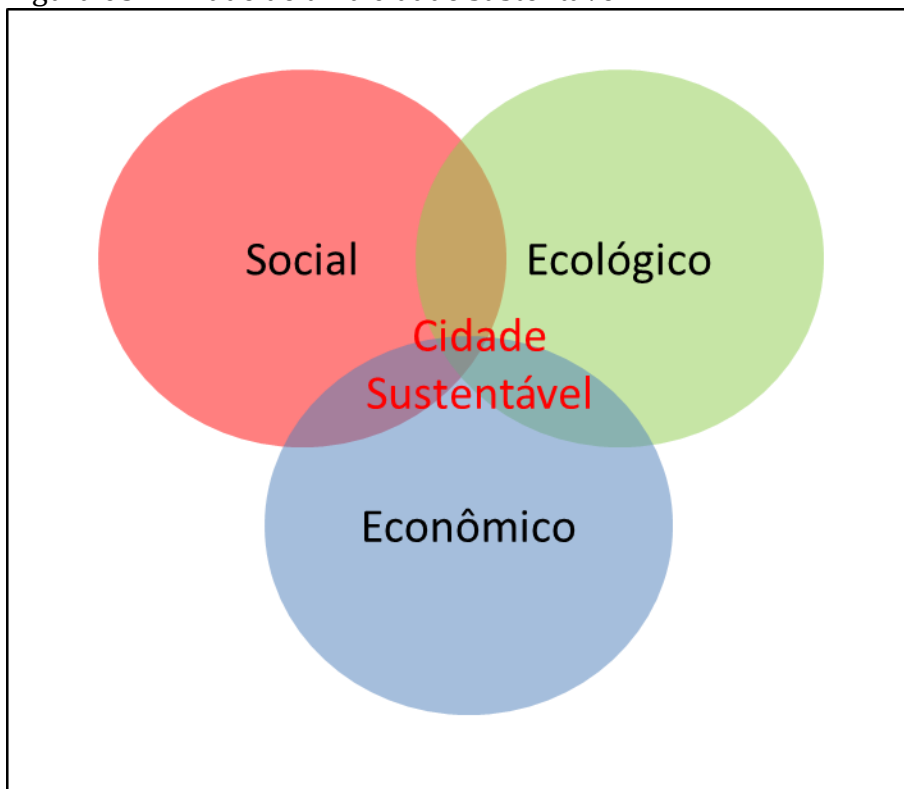
O termo *Smart Cities* é abordado em vários autores (cf. tabela 1). Dentre tais trabalhos destacamos alguns que muito relevantes. Primeiramente, a definição proposta por Prado e Santos (2014, pág. 2) que postulam que a “cidade inteligente tem como um preceito a eficiência, ou seja, o uso eficiente de recursos escassos, como água e combustíveis.” (Prado e Santos,2014,p.2). Os autores também afirmam que não é apenas tratar o uso dos recursos, as cidades inteligentes organizam o ambiente urbano para resolver os problemas ambientais, sendo um modelo de sustentabilidade na era digital e tecnológica.

Na mesma direção, Baracho *et al.* (2019) mostram que as cidades inteligentes utilizam da informação e tecnologia física combinadas à Internet das Coisas (IoT) para melhorar a infraestrutura urbana, tornando as cidades mais eficientes e habitáveis. Em outras palavras, para os autores, as *smart cities* com o auxílio de sistemas inteligentes e

tecnologia da informação garantem um governo mais tecnológico e eletrônico, com soluções administrativas mais inteligentes. A cidade de Belo Horizonte, por exemplo, tem implantado medidas tecnológicas e eficientes com o objetivo de otimizar a gestão da infraestrutura urbana, o comércio e energia de forma eficiente e inteligente.

Ademais, segundo Baracho *et al.* (2019), a *smart city* engloba a conceituação de uma cidade sustentável com o desenvolvimento econômico e social juntamente com a conservação do meio ambiente. A tríade que envolve uma cidade sustentável (cf. Figura 05) busca estabelecer um equilíbrio entre o desenvolvimento social econômico respeitando o meio ambiente e a sua biodiversidade.

Figura 05 – Tríade de uma cidade sustentável



Fonte - Elaborado pela autora adaptado de Lira e Fraxe (2014).

De fato, uma cidade sustentável possui objetivos que envolvem valores sociais, econômicos e ecológicos de preservação do meio ambiente;

“Os objetivos de uma cidade sustentável incluem valores sociais e econômicos, erradicação da pobreza, fome zero, agricultura sustentável, saúde e bem-estar, educação de qualidade, água potável e saneamento,

energia acessível e limpa, trabalho, crescimento econômico, indústria, inovação, infraestrutura, redução de desigualdades.” (Baracho *et al.*, 2019, p. 2).

Em suma, pode-se dizer que uma *smart city*, é aquela que também é uma cidade sustentável no âmbito social e econômico, e que utiliza da tecnologia para melhorar a qualidade de vida das pessoas nas cidades. Ou seja, quando a população tem acesso de forma sustentável a infraestruturas de qualidade, acesso à água potável, saúde e bem-estar, crescimento econômico justo e colaborativo, inovação tecnológica a cidade se desenvolve de forma inteligente e sustentável.

3.2 Sponge City

O conceito de *Sponge City*, ou *cidade esponja*, nos centros urbanos é uma inovação na gestão hídrica da água pluvial urbana. Este conceito se originou nas cidades chinesas que sofriam prejuízos das fortes chuvas em determinadas épocas do ano. Ao mesmo tempo, sofriam com a escassez de água em outros momentos no ano. Atualmente, o gerenciamento hídrico da água das precipitações é tratado de forma sustentável por seus gestores garantindo o recolhimento e reuso de forma adequada e com tecnologia. Ainda sobre o termo, pode se dizer que “uma cidade chamada esponja é construída em torno do gerenciamento de água ecologicamente sustentável, permitindo que a água permeie, flua para os sistemas de captura de escoamento, e ser coletado e reutilizado.” (Dai *et al.*, (2017)

Por sua vez, Zhang *et al.* (2018) afirmam que para resolver os problemas causados pelo aumento das inundações locais, poluição e escassez da água, o governo chinês propôs um novo modelo de desenvolvimento urbano chamado de cidade esponja. As cidades chinesas são pioneiras neste novo conceito de cidade, que implanta várias medidas para garantir eficiência na resolução dos problemas causados pelas enchentes e inundações.

Os autores complementa que a cidade esponja é aquela de baixo impacto no modelo de desenvolvimento e construção, com base em um sistema de controle de inundações oferecendo o acúmulo natural, penetração, purificação e relaxamento de espaços verdes, solo, rios e lagos. A cidade é capaz de lidar com os períodos de precipitação intensa

evitando os desastres com as enchentes e inundações, mantendo um ambiente hidrológico e ecológico, com medidas estruturais e não estruturais. (Zhang, *et al.* (2018)

Ademais, Zhang et al. (2018) que são essenciais para a construção de uma cidade esponja as seguintes características:

1 - Multi-escalas. A construção da cidade esponja precisa ter o apoio da população observando a drenagem urbana e a bacia hidrográfica: sendo o ciclo urbano da água seja bem regulado. Tratando as precipitações, enchentes e inundações em multi-escalas no ambiente urbano.

2 - Amplo período de reaparecimento de chuvas. A cidade esponja necessita lidar com as precipitações no período de baixas e altas intensidades, para que o projeto padrão consiga conter as intempéries dos eventos causados pelas inundações.

3 - Versatilidade. A construção da cidade esponja tem a função de impedir inundações urbanas e aliviar inundações urbanas e também tem a função de reduzir a poluição das chuvas e do escoamento e melhorar o ambiente ecológico da água. Também tem a função de aumentar a água disponível recursos por uso direto ou indireto.

4 - Sistemáticos. A construção da cidade esponja é um projeto sistemático que envolve a conservação da água, arquitetura, jardins, paisagens, municípios e planejamento etc. O projeto requer pessoal técnico e profissional para planejar, projetar, construir, operar e manter as instalações de engenharia, bem como supervisionar, organizar e coordenar os vários departamentos.

5 - Natureza de longo prazo. A cidade esponja é um conceito de desenvolvimento e gestão da água urbana que devem ser desenvolvida a partir de medidas de médio e longo prazo. (Zhang et al, 2018, p. 3)

Por sua vez, Lin, Qin e Du (2018) afirmam que “urbanização altera tanto a qualidade quanto quantidade de escoamento superficial, o que pode aumentar a intensidade das inundações, poluir os corpos d'água da superfície e levar a escassez de recursos hídricos subterrâneos.” É fato, que as cidades chinesas sofrem com os impactos causados pelas intensas precipitações e conseqüentemente as enchentes e inundações. Um dos exemplos, é a cidade de Pequim que teve problemas as fortes chuvas, em 2012, quando

uma tempestade deixou várias vítimas e causou danos econômicos. Desse modo, observar como as cidades chinesas estão implantando medidas de gestão da água pluvial características de uma *sponge city*, podem indicar um caminho seguro a ser seguidos pelas cidades brasileiras, que também são vitimadas pelas fortes chuvas.

Ainda, Zhou *et al.*(2018) afirmam que uma simulação do modelo de *sponge city* é “necessária para avaliar a capacidade de controle de inundações das cidades esponjas”, que auxiliem os gestores a fazer o planejamento e projeto urbano nas cidades. A cidade esponja é uma cidade que com eficiência e tecnologia possui a “capacidade de integrar a gestão da água urbana nas políticas e projetos de planejamento urbano” (Wendel, 2020). Algumas construções e alternativas estruturais auxiliam e minimizam os impactos gerados pelas inundações nos centros urbanos. Cabe discutir algumas delas, o que é feito na seção adiante.

Medidas como a implantação de telhados-verdes, praça-piscinas, parques alagáveis e calçamento permeável são adotadas nas *sponge cities*, ou *cidade esponja*, pelo mundo que estão implantando este conceito e suas diretrizes.

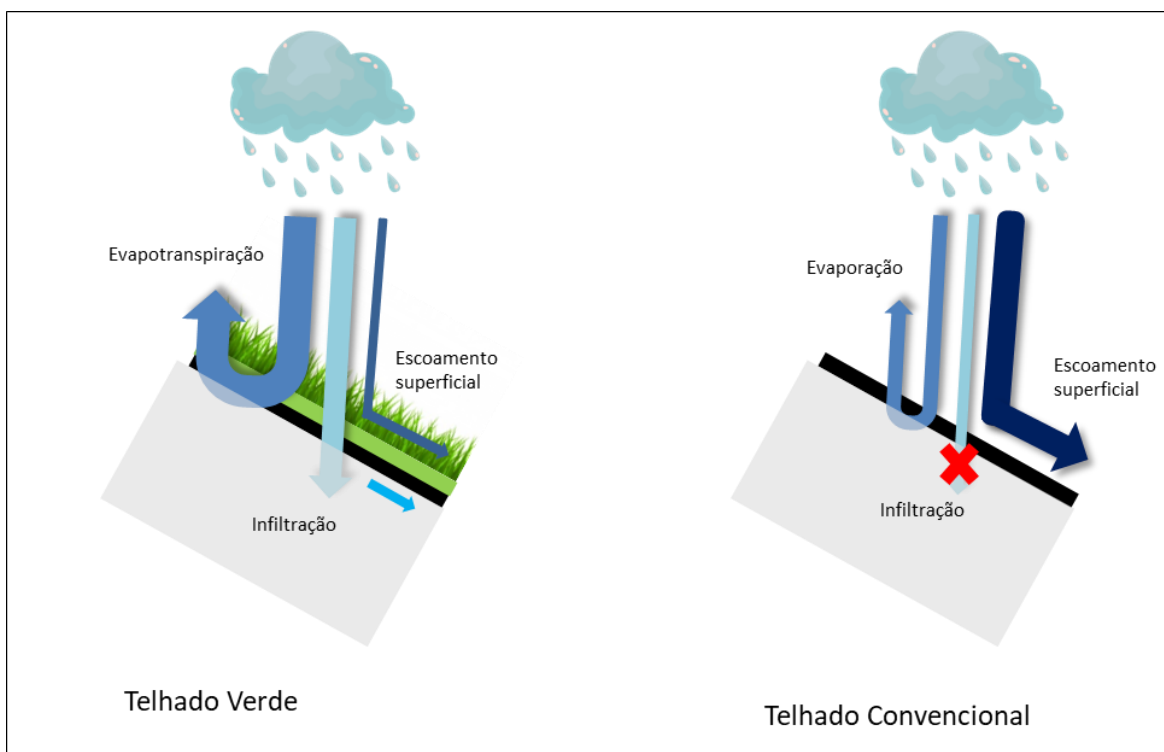
- Telhado-verde;

A impermeabilização do solo é resultado da intensa urbanização, e das edificações que modificam a paisagem urbana. A solução de telhado verde é uma possibilidade para conter a onda de cheias de um período de precipitações, utilizando telhados cobertos por vegetação segundo Matta (2015). Os telhados verdes nas edificações nos centros urbanos possuem a função de barreira térmica dentro dos ambientes além de compor a paisagem urbana. Segundo Matta (2015) os telhados convencionais em comparação com os telhados verdes possuem altas vazões de escoamento superficial (figura 06).

Entretanto o telhado verde não consegue conter e controlar sozinho a vazão do escoamento superficial criado pelas chuvas que conseqüentemente gera os problemas de inundações e enchentes nas bacias. Na conceituação das *sponge cities* o telhado verde deve ser combinado com os outros meios; os parques alagáveis, praças-piscinas e calçamentos permeáveis, como medidas estruturais para que possam minimizar os impactos das intensas chuvas nas metrópoles. As vegetações que podem compor um

telhado verde são diversas, podem ser utilizadas espécies simples como suculentas, gramíneas, flores selvagens e ervas aromáticas.

Figura 06 - escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração em telhado verdes e tradicionais



Fonte - Elaborado pela autora adaptado de Laar (2001) apud Rathke (2012).

- Praça-piscina;

Nas praças-piscinas é criado um sistema onde a água é transportada para as bacias subterrâneas através de calhas, que podem ser utilizadas como mobiliário urbano (figura 07). É um sistema onde a água flui naturalmente e volta para reservas subterrâneas que não devem ser canalizadas para o esgoto. Esta água subterrânea pode ser utilizada fora do período chuvoso para manter as árvores e jardins na cidade. Ademais, Médici e Macedo (2020) afirmam que estas também reduzem os efeitos das ilhas de calor nos centros urbanos e que boa parte da água pode ser filtrada e distribuída por vários pontos da cidade.

Figura 07 - Praça-piscina na Holanda



Fonte – G1 (2020).

- Parques alagáveis;

Os parques alagáveis possuem uma infraestrutura para garantir que os espaços comportem o volume de água das chuvas, em que pontos específicos sejam alagados no projeto dos parques. Em grande parte dos parques há passarelas suspensas para garantir o acesso das pessoas ao parque o ano todo. A parte alagável fica inacessível nos períodos de cheia, podendo ser utilizada nos períodos de estiagem.

É importante ressaltar que o projeto de um parque alagável vai além de garantir áreas que podem ser inundadas, é necessário observar a vegetação para absorver a água e garantir a biodiversidade da região. A partir das características topográficas, os parques alagáveis são implantados as margens dos rios e nas costas, porém podem ser implantados em áreas sem um curso d'água mas que armazenam as águas das chuvas. (cf. Figura 08)

Figura 08 - Parque alagável com passarelas suspensas na cidade de Jinhua, na China



Fonte – G1 (2020).

- Calçamentos permeáveis

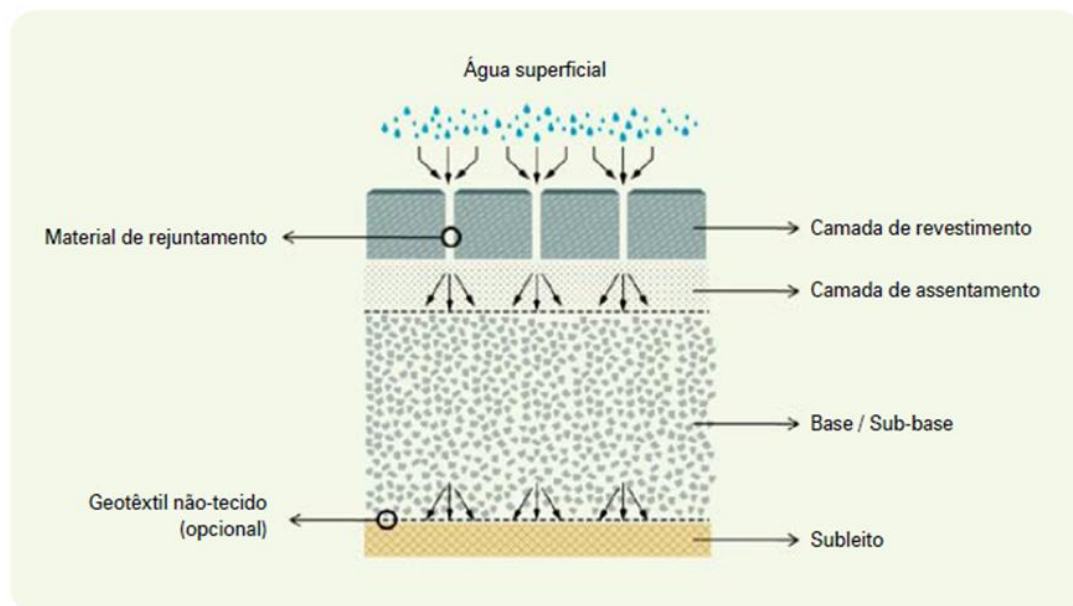
O calçamento permeável substitui o asfalto convencional por um concreto permeável e drenante que consegue absorver a água da chuva. Quando o asfalto é o convencional a água que cai da chuva é drenada pelo sistema de drenagem urbana e se mistura à rede de efluentes (esgotos). A tecnologia do concreto permeável foi desenvolvida para que o piso tenha a capacidade de absorver e amortecer os grandes volumes de água pluvial nas cidades.

Segundo, Médici e Macedo (2020) essa tecnologia já foi implantada em uma cidade dinamarquesa. Lá, uma praça foi feita com um material fibroso (*stone wool*), que funciona como esponja e libera a água retida de maneira lenta para o solo. O material garante que cerca de 95 % da água que entra em contato com o material é absorvida. Entretanto é necessário observar que a permeabilidade do solo com a tecnologia do concreto permeável deve ser combinada com mais medidas para garantir a eficiência de

todo o sistema, pois é a vegetação que segura e absorve a água garantindo que o solo consiga absorver o determinado volume de água.

No piso permeável com material intertravado, este tipo de revestimento “(...) deve permitir a passagem rápida da água, que então fica armazenada por um período nas camadas de base e sub-base,” (figura 09), ou seja, funciona como um reservatório e filtro segundo Marchioni e Silva (2011). Os pisos permeáveis devem possuir uma estrutura que garanta que a água escoar e infiltre no solo ou em algum tipo de sistema de drenagem, necessitando suportar as cargas as quais são exigidos e transferi-las ao solo.

Figura 09 – Seção tipo do pavimento com piso intertravado permeável



Fonte - Marchioni e Silva (2011).

O calçamento permeável, ou calçada drenante, também é uma alternativa inteligente e sustentável que pode auxiliar a cidade de Belo Horizonte em uma melhor gestão da água urbana. Este tipo de tecnologia permite que a água infiltre na placa do piso (figura 10) e seja absorvida pelo solo, podendo absorver um volume considerável de água pluvial.

Figura 10 – Infiltração da água no piso permeável de concreto drenante



Fonte – tecnosilbr (2020).

Entretanto, este tipo de tecnologia deve estar aliado às demais medidas não estruturais e estruturais utilizadas pelas *sponge city* como telhado verde, parques alagáveis, praças-piscinas e os calçamentos permeáveis. Não se pode esquecer que a participação de várias esferas da sociedade é importante para a implantação de um eficaz programa para uma *sponge city*, o poder público juntamente com a iniciativa privada e a população garantem a assertividade desse processo.

3.3 Hidrologia

- **Ciência Hidrográfica**

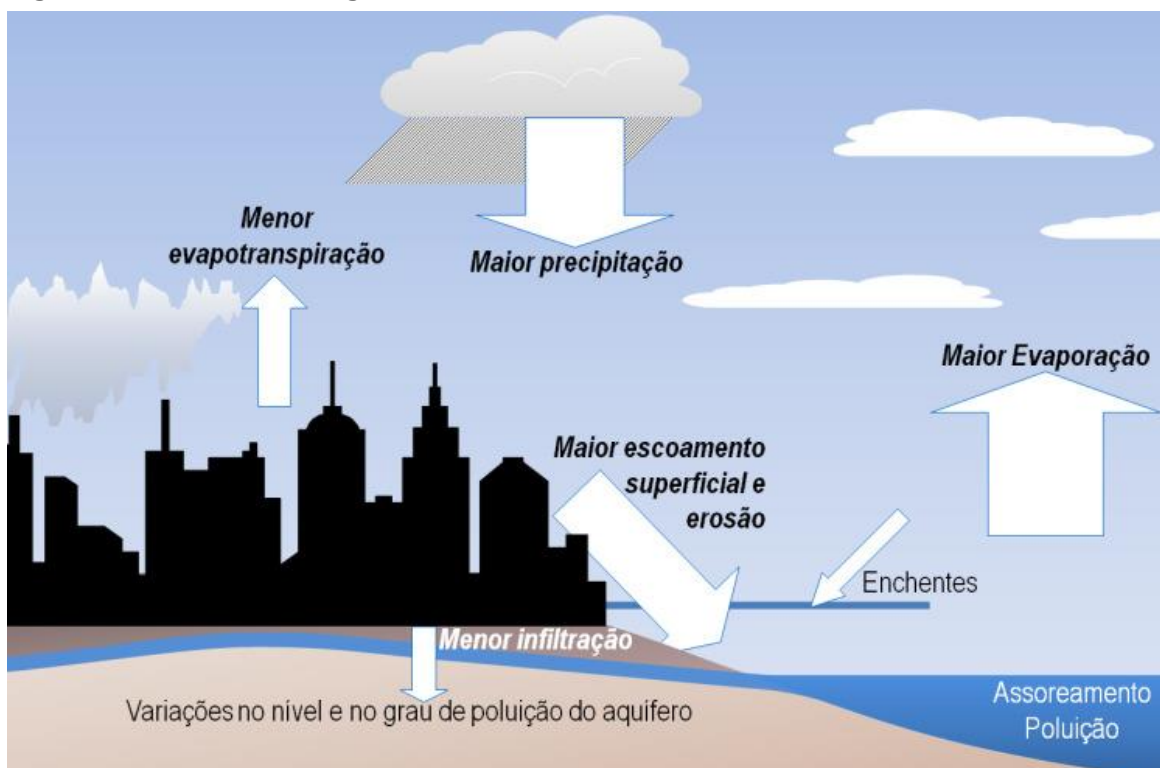
Desde a antiguidade as cidades se desenvolvem e crescem às margens dos importantes rios da história, garantindo a sua força e sobrevivência. Com isto, cidades que possuíam o controle da água se fortaleciam diante de outras que enfrentavam a escassez. Segundo Almeida e Carvalho (2010) a relação das cidades com os rios vem desde antes a Revolução Pré-industrial, quando as civilizações já controlavam os cursos d' água com

projetos de drenagem, construção de canais para desvio do curso natural do rio e a canalização.

É importante compreender que a ciência hidrológica estuda a relação da água com a terra, o meio ambiente e o seu ciclo natural. Tal conhecimento é essencial para as cidades para compreender as enchentes e inundações. Segundo Vilella e Mattos (1975) a ciência hidrológica estuda a água da terra, sua relação com o meio ambiente, sua ocorrência, circulação e distribuição, as reações, as propriedades físicas e químicas e a relação com a vida.

É importante observar o comportamento da água nas superfícies que não garantem a completa absorção pelo solo, pois o nível de escoamento é alto em decorrência de poucas áreas permeáveis. A partir disto os canais dos rios não conseguem comportar o volume de água pluvial, além da junção com a rede de esgoto ocorrendo às inundações. Com isso Vestena (2008) destaca que o ciclo hidrológico (figura 11) da água é essencial nesta ciência, pois busca compreender as precipitações e o escoamento superficial.

Figura 11 – Ciclo Hidrológico nos centros urbanos



Fonte – Research Gate (2012).

Assim, de acordo com Vestena (2008), a ciência hidrológica é uma importante ferramenta na prevenção e mitigação de desastres naturais a partir da compreensão dos fatores condicionantes que geram esses fenômenos. Esses desastres são processos que resultam em inundações e enchentes nos centros urbanos. Entender o ciclo hidrológico em relação aos rios urbanos, e extremamente importantes para trabalhar medidas e aplicação de tecnologias possíveis para conter e resolver os problemas de inundações e enchentes.

- **Rios Urbanos**

Conforme já foi dito, a relação rio e a cidade é bem complexa, segundo Almeida e Carvalho (2010) a maior parte das cidades se desenvolveu às margens dos rios por questões históricas. Os rios garantem a sobrevivência das cidades, porém o inadequado crescimento urbano às suas margens geram problemas socioambientais e econômicos. Ao observar as fases cronológicas do uso dos rios e suas ferramentas de manejo em paralelo ao crescimento das cidades, percebe-se que ao longo dos anos, desde a fase com civilizações hidráulicas onde havia o início do controle do escoamento pluvial, já se realizava o desvio do seu curso natural para irrigação de terra para lavouras e para o uso da água. A partir da Revolução Pré-industrial iniciaram os projetos de drenagem com a construção de barragens, construção de moinhos d' água, construção de canais e canalização local além da navegação.

Com a revolução industrial, novas tecnologias surgiram para o manejo e uso da água. Foi também neste período que se iniciou a geração de energia através das águas fluviais com a construção de represas e canais, bem como foi quando começou a implantação de redes de abastecimento de água nas cidades medievais. Segundo Almeida e Carvalho (2010) no século XX é mantido o controle do escoamento pluvial, com um projeto de uso integrado dos rios, com o início do controle das inundações e técnicas de mitigação, recuperação e restauração dos rios.

A partir do século XX percebe-se a mudança no tratamento e utilização do rio, o que ocorre junto com a mudança de paradigmas e perspectivas do seu uso e manejo, principalmente nos rios urbanos. Com o início da implantação de projetos de revitalização e recuperação de rios degradados e poluídos ao longo dos anos, as cidades

obtiveram grandes mudanças climáticas e socioambientais. Os projetos de uso sustentável dos rios urbanos buscam devolver ao rio ares de seu leito natural com uma revitalização que implanta o revestimento natural e híbrido do canal.

Um dos exemplos mais positivos da revitalização de rios urbanos nos últimos anos é o canal Cheonggyecheon, em Seul na Coreia do Sul. A cidade se desenvolveu ao longo do córrego Cheonggyecheon, que passou por várias transformações com o passar dos anos, inclusive, nos anos 70, teve seu leito totalmente coberto com uma via expressa, que foi símbolo de progresso e crescimento para a época. Isso foi feito para a resolução de problemas de mobilidade urbana (Lima, 2018).

Todavia, de acordo com Lima (2018) foi a reabertura e revitalização do rio que trouxeram inúmeros benefícios para a cidade. Entre tais benefícios destacam-se: a melhoria da relação pedestre e veículos, conseqüentemente melhorando a mobilidade urbana; implantação de uma vegetação ao longo do canal; e a diminuição do efeito ilha de calor na cidade. A revitalização devolveu para os moradores qualidade de vida (figura 12), desenvolvimento urbano que mantém laços com o meio ambiente e devolveu ao rio o seu curso natural (Lima, 2018).

Figura 12 – Rio Cheonggyecheon revitalizado



Fonte – Lima (2018).

3.4 Sistema de Drenagem Urbana

O sistema de drenagem urbana da cidade de Belo Horizonte como o da maioria das cidades brasileiras é ineficiente e não consegue suportar as intempéries da natureza com precipitações significativas. Isto ocorre à medida que a água é recolhida no escoamento das superfícies urbanas e direcionada a uma rede de drenagem que deságua no rio principal, tanto esta água pluvial quanto a rede de esgoto. O desaguamento no leito do rio principal sobrecarrega a rede de drenagem urbana, que não suporta o volume da água pluvial juntamente com a rede de esgoto.

Segundo Marco (2012) drenagem urbana (figura 13) designa os sistemas destinados para escoar a água das superfícies urbanas, as coberturas de edificações e áreas pavimentadas até o seu destino final: rios e oceanos. Por sua vez, o excesso de água precipitada na malha urbana é encaminhada através do escoamento superficial para dutos de drenagem.

Figura 13 – Sistema de drenagem Urbana

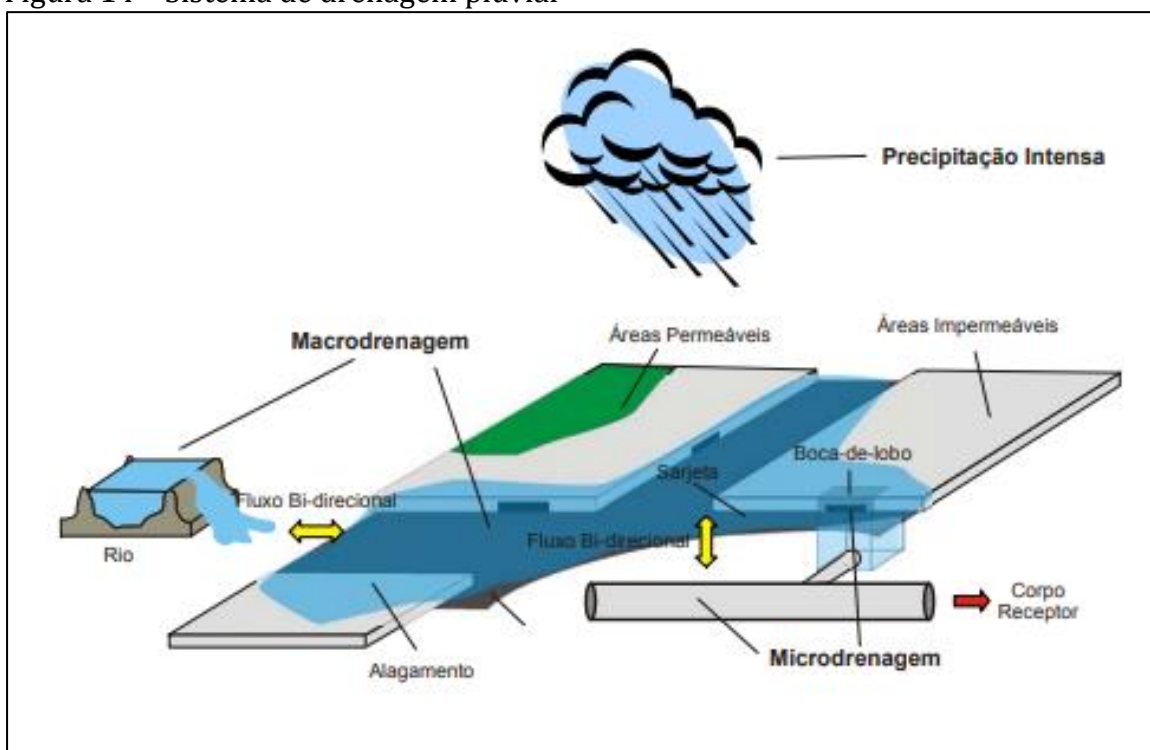


Fonte – Marco (2012).

A drenagem pluvial é dividida em duas partes (Figura 14): a microdrenagem que está relacionada às estruturas que coletam a água da chuva, a exemplo boca-de-lobo e sarjeta

dentre outros, e a macrodrenagem que são os canais e galerias implantados no fundo de vale representando grandes veios coletores.

Figura 14 – Sistema de drenagem pluvial



Fonte – Meller (2004).

4. Métodos e Ferramentas

- **Estudo de caso**

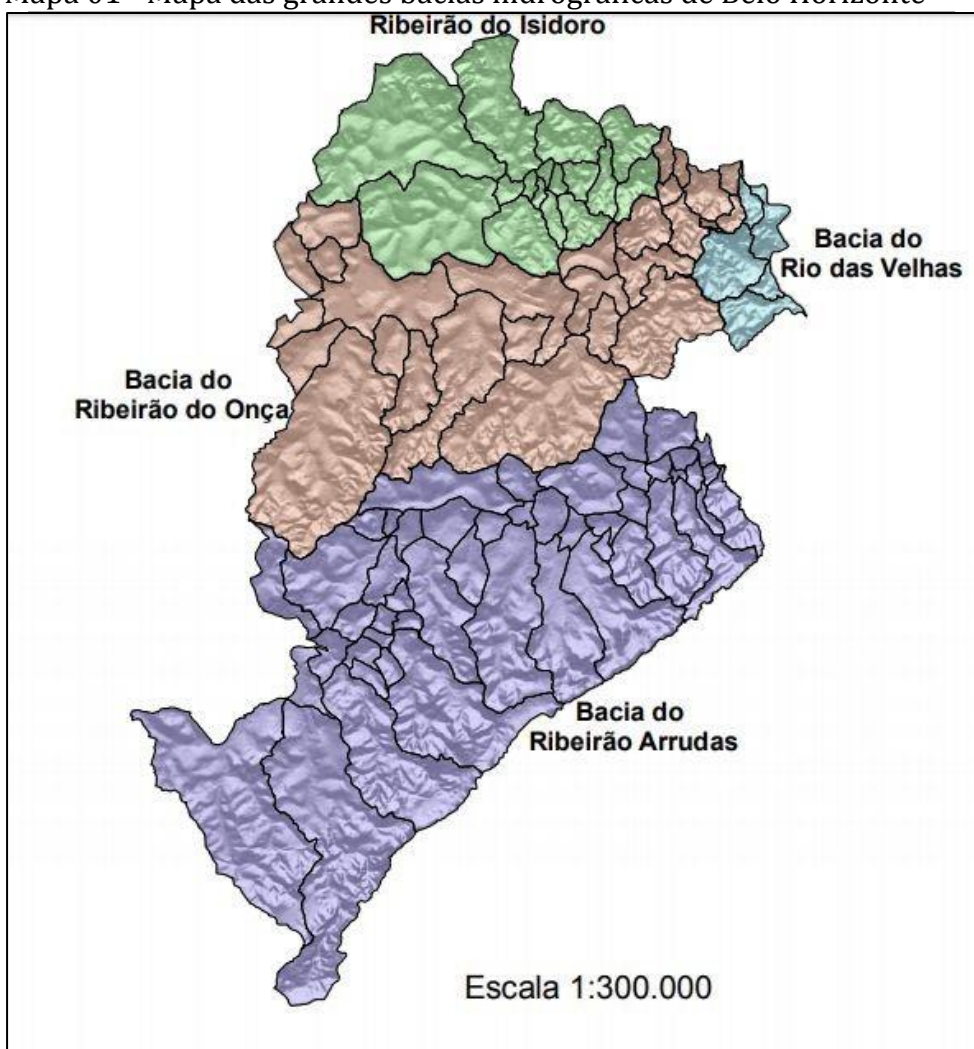
O estudo de caso do ribeirão Arrudas – um trecho na Avenida Teresa Cristina – tem por objetivo entender a relação do rio e a cidade, observando os problemas oriundos desta relação conflituosa. Compreender esta relação permite determinar os mecanismos tecnológicos que podem ou já são aplicados para conter os problemas de alagamentos e inundações nas épocas de chuva.

O mapeamento do ribeirão Arrudas com ênfase em um trecho da Avenida Teresa Cristina no bairro Betânia para estudo de aplicabilidade de novas tecnologias compreende análise da ambiência urbana do local. Entretanto esta análise é importante para a prospecção de possível implantação de tais tecnologias levantadas no texto e as ações que já são realizadas pela prefeitura quanto à gestão das águas pluviais.

Segundo o SCBH Arrudas (2009) a bacia hidrográfica é toda a área que abrange o rio principal e seus afluentes, todo o relevo geográfico por onde as águas pluviais se infiltram e escorrem caracterizando o ciclo hidrológico na bacia. Estas áreas possuem uma biodiversidade, onde vivem vários seres vivos; os animais, a vegetação característica da região, e a população que se desenvolveu em seu entorno.

O município de Belo Horizonte é composto por várias bacias hidrográficas: a Bacia do Ribeirão Arrudas, onde está o trecho aqui analisado, abrangendo a região Oeste, Centro-Sul, Leste, e Barreiro; a Bacia do Ribeirão do Onça abrangendo as regiões da Pampulha, Noroeste e parte da Nordeste e Norte; a Bacia do Ribeirão do Isidoro inserida em Venda Nova e parte da região Norte; e a Bacia do Rio das Velhas que abrange a região Nordeste na capital mineira (mapa 01).

Mapa 01 - Mapa das grandes bacias hidrográficas de Belo Horizonte



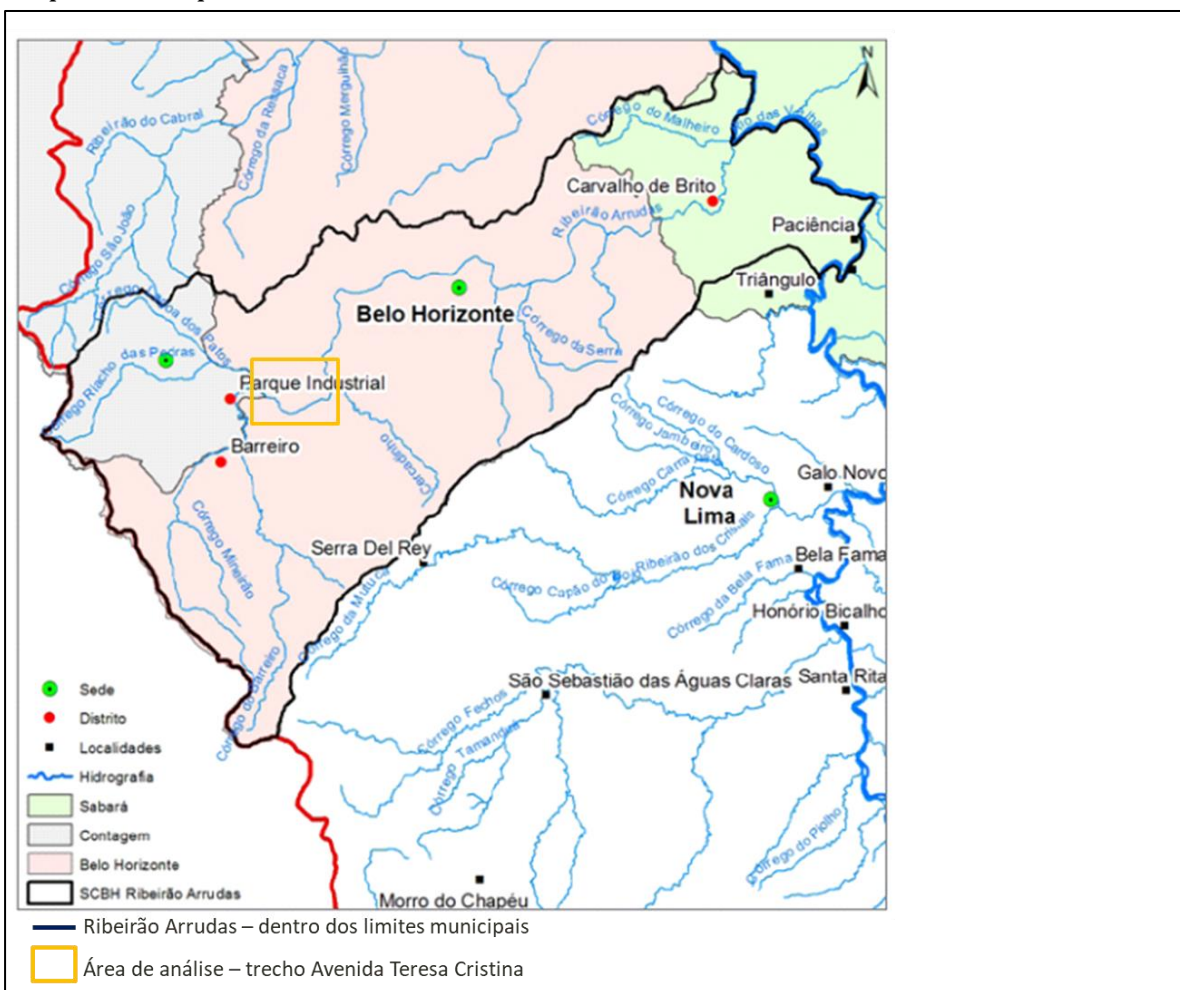
Fonte - PBH, 2010.

A Bacia do Ribeirão Arrudas faz parte da Bacia do Rio das Velhas, que está inserida na Bacia hidrográfica do Rio São Francisco em Minas Gerais. O ribeirão Arrudas nasce no município de Contagem, percorre a área central da capital mineira e deságua no rio das Velhas, no município de Sabará.

O Ribeirão Arrudas faz parte da Unidade Territorial Estratégica Ribeirão Arrudas localizado no Alto Rio das Velhas, sendo que esta unidade compõe os municípios de Belo Horizonte, Contagem e Sabará (mapa 02). Segundo CBH Rio das Velhas (2016) a UTE ribeirão Arrudas possui uma área de 228,37 km² e sua população chega a quase 1,2 milhões de habitantes. O ribeirão Arrudas está entre os principais cursos d'água juntamente com o Córrego do Barreiro, Córrego do Jatobá e Córrego Ferrugem, onde está localizado a nascente do ribeirão na cidade de Contagem (Figura 15). A UTE Ribeirão Arrudas teve uma taxa de crescimento populacional de 0,6% ao ano, entre os anos de 2000 a 2010, e a cidade de Belo Horizonte comporta cerca de 93,7 % desta população, segundo CBH Rio das Velhas (2016).

No ribeirão Arrudas é despejado grande volume de efluentes, todavia, segundo Goulart e Reis (2012, pág. 1) “são desconhecidas às interações hidrodinâmicas e hidro geoquímicas das águas superficiais e subterrâneas, na calha do rio”. Para entender melhor o comportamento das águas do ribeirão é imprescindível compreender a água subterrânea do município, em qual aquífero está inserida, e todo o seu ciclo hidrológico. Os autores também afirmam que o município está em dois sistemas aquíferos, o maior é com forte expressão areal, é o “aquífero nas rochas do embasamento que compõe o complexo no "craton" da bacia do Rio São Francisco “(Reis, 2012, pág., 3). E o segundo “encontrado nas rochas metassedimentares do supergrupo Minas, localizado na região sul do município” (Reis, 2012, pág.3), apresentando as maiores reservas de água subterrânea.

Mapa 02 – Mapa da UTE do Ribeirão Arrudas



Fonte – CBH Rio das Velhas (2016) adaptado pela autora.

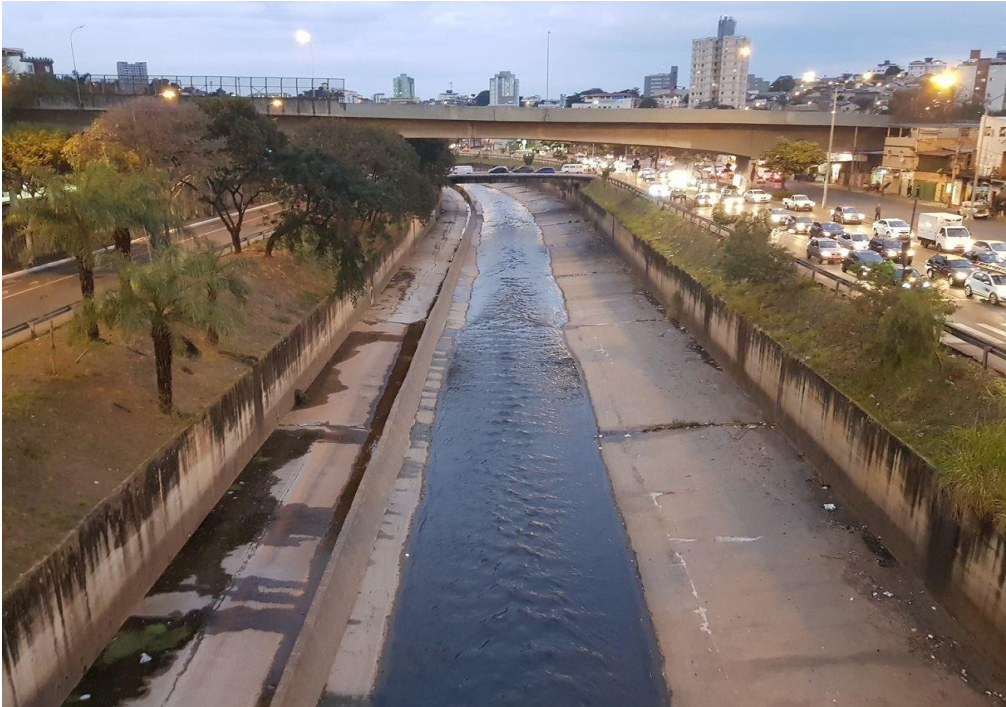
Figura 15 – Nascente do Córrego Ferrugem em Contagem



Fonte - CBH Rio das Velhas (2016).

Com o crescimento da população no entorno do Arrudas, crescia também a poluição. No entanto, desde o início do desenvolvimento da cidade, não houve um projeto de preservação das águas do ribeirão. A cidade cresceu às margens do ribeirão, despejando grande volume de efluente líquido proveniente de residências, indústrias e hospitais e o lixo no seu leito, além de processo de canalização e cobertura na parte central da cidade de Belo Horizonte. A figura 16 apresenta um trecho do ribeirão Arrudas com seu canal canalizado e com água poluída, por causa do despejo da rede de esgoto no seu leito.

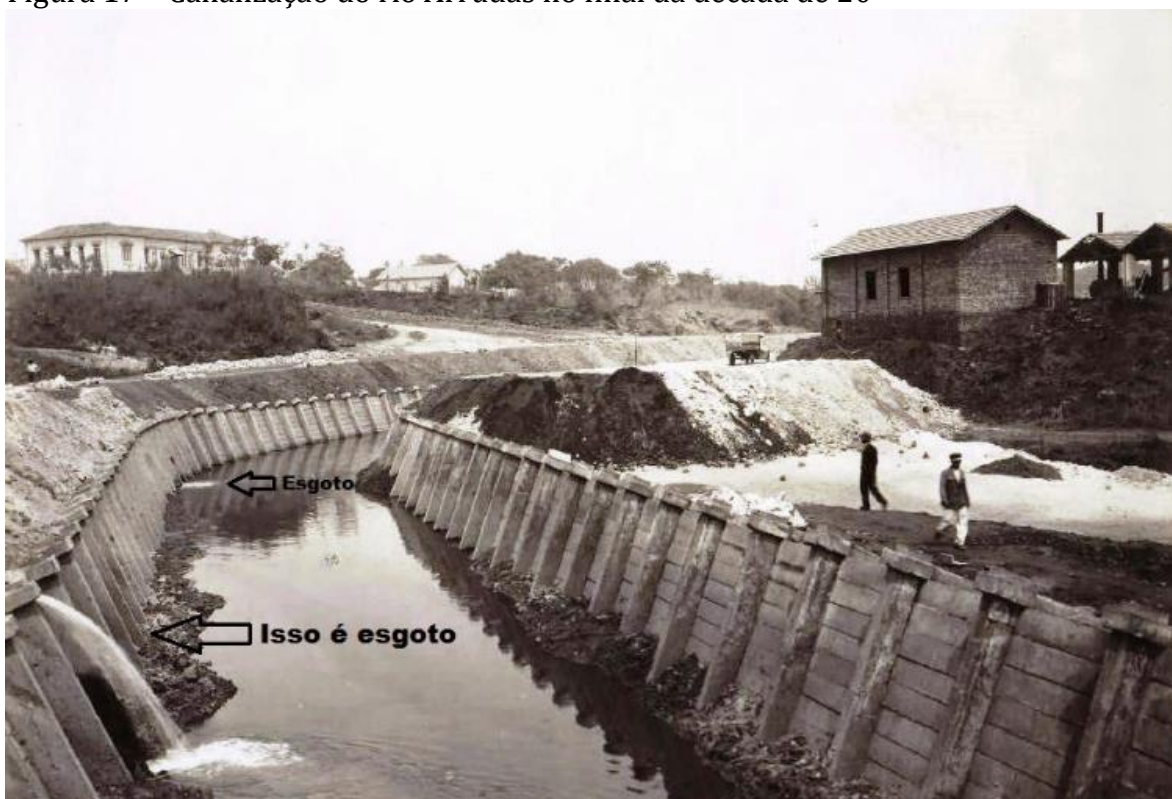
Figura 16 - Vista aérea do ribeirão Arrudas



Fonte - G1 (2013)

Belo Horizonte tem um longo histórico com problemas de enchentes e alagamentos, desde o início do século XX, ou melhor, desde o início da sua urbanização. Estes eventos acarretaram no processo de canalização do rio que foi iniciado em 1928, com a intenção de resolver problemas ocorridos com a força das águas no rio Arrudas. Ao final dos anos 20 (figura 17), a prefeitura conclui as obras de canalização do rio, com a esperança de ter resolvido as ocorrências com as inundações. Porém, o resultado obtido não foi o esperado, não foi o que ocorreu, já que, segundo Ramos (1998), arquivos do jornal “O Estado de Minas” mostram que durante as décadas de 40 a 90 foram várias ocorrências de alagamentos e inundações na capital mineira.

Figura 17 – Canalização do rio Arrudas no final da década de 20



Fonte – Curral Del Rey.

Borsagli (2011) conta que a prefeitura de Belo Horizonte iniciou nos anos 1960 a canalização fechada do leito do rio, na parte central da cidade, com o intuito de eliminar o risco de inundações no período de chuvas. Esta medida também não foi eficaz, pois o problema tem persistido ao longo dos anos, mesmo com a implantação de alguns planos de drenagem. É importante compreender que ao longo da história da cidade buscaram implantar várias medidas para resolver os problemas como alagamentos, enchentes e inundações resultados de uma inadequada gestão hídrica da água urbana. Entretanto, o as medidas escolhidas levaram a cidade na direção contrária, ou seja, a intensificação desses problemas.

Assim, o ribeirão, em virtude dos efeitos dos processos de canalização e pavimentação do seu leito, bem como da poluição, sempre transborda, levando a inundações e enchentes, principalmente na Avenida Teresa Cristina e seus arredores. Segundo Reis *et al.* (2012) o município de Belo Horizonte vem passando por desastres relacionados a inundações. A cidade está localizada em uma região com um relevo acentuado e

bastante impermeabilizado pela urbanização, isto favorece a ocorrência de enchentes e inundações.

O Ministério das Cidades/IPT (2007) classifica e difere os conceitos de enchentes e inundações nas áreas urbanas. Definidas como processo natural que ocorrem nos curso d'água, as enchentes consistem na elevação temporária do nível de água em um canal de drenagem, e este canal de drenagem pode ser definido como rio, córrego, riacho, arroio e ribeirão segundo Santos (2007) e Carvalho et al. (2007). A inundação é o ápice de uma enchente, e quando atinge o nível máximo de sua calha, transpassando o canal do rio, suas margens e áreas adjacentes. Belo Horizonte enfrenta períodos de inundações e enchentes com altos níveis pluviométricos causando inúmeras perdas e prejuízos.

Recentemente, em janeiro de 2020, a cidade foi acometida por fortes chuvas, atingindo altos índices pluviométricos, recebendo mais de 800 milímetros de chuva segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) sendo o segundo maior registro da história com vários pontos de alagamentos (figura 18). Chuvas intensas e de longa duração provocam a saturação dos solos e, conseqüentemente, aumentam o escoamento superficial e a concentração do volume de água nos fundos de vale, que é característica topográfica do ribeirão no percurso urbano.

Além disso, outro ponto importante é a cobertura vegetal nas margens do rio que possuem o papel de auxiliar na retenção da água pluvial, diminuindo o escoamento superficial e minimizando as taxas de ruptura do solo. Observa-se que ao longo do seu leito o ribeirão não possui uma cobertura vegetal que exerce a função de absorção deste volume de água pluvial em decorrência do seu processo de canalização e pavimentação, no qual esta vegetação foi suprimida.

Figura 18 – Alagamento com as fortes chuvas em Belo Horizonte



Fonte – G1 (2020).

As inundações são problemas relacionados à incontrolável e segregadora expansão urbana, que avançou sobre as margens dos rios urbanos alterando seu curso natural com a canalização e pavimentação. Estes acontecimentos ocorrem em várias cidades brasileiras que não respeitaram as margens e as matas ciliares dos rios, principalmente Belo Horizonte que passa por fortes inundações em determinada época do ano causando inúmeras perdas e prejuízos.

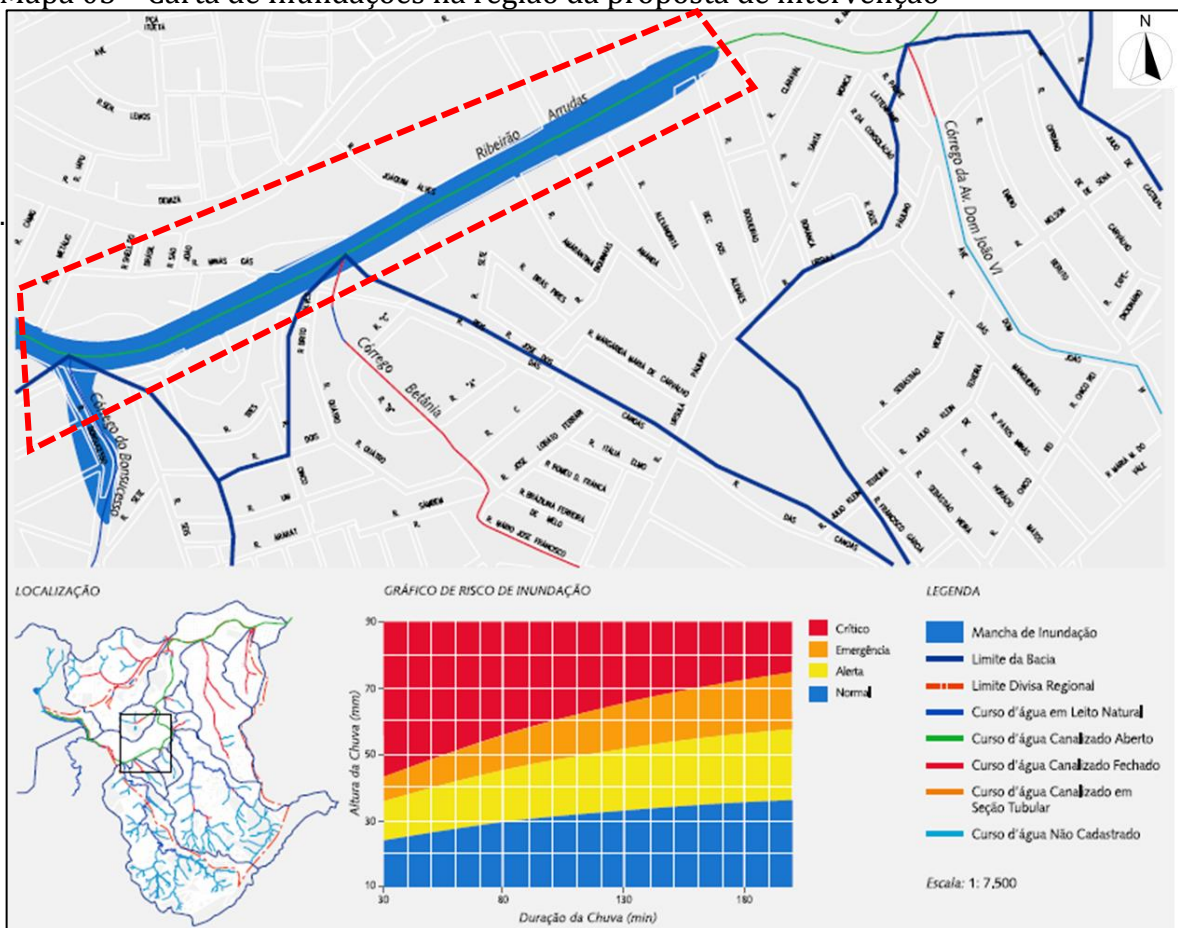
Durante o processo de urbanização da cidade de Belo Horizonte não se priorizou a preservação das águas, várias nascentes foram desativadas e a própria canalização do ribeirão Arrudas. A compreensão da relação da cidade de Belo Horizonte e o ribeirão Arrudas e o contexto histórico entre eles, garante uma análise mais objetiva quanto aos meios tecnológicos que estão sendo utilizado na capital mineira e o que está sendo realizadas nas *smart cities*.

O trecho escolhido para este trabalho está localizado no bairro Betânia, que tem a Avenida Teresa Cristina como via principal, que é paralela ao ribeirão Arrudas. Tal trecho foi escolhido, pois quase todos os anos é inundado pelas chuvas intensas. A prefeitura realizou levantamento dos principais pontos de alagamento na capital, sendo que o trecho escolhido, considerado um ponto crítico (PBH, 2019). Este estudo é

conhecido como Carta de Inundações de Belo Horizonte, e foi elaborado a partir de estudos de hidrologia e hidráulica, com o intuito de permitir o maior conhecimento das bacias hidrográficas e seus pontos críticos e sujeitos a inundações.

No mapa 03, a região da área de estudo para a proposta de intervenção está inserida dentro da mancha de inundação adjacente ao ribeirão Arrudas em um trecho onde o curso d'água é canalizado aberto como e apresentado na Carta de Inundações, onde é realizado o recorte do trecho analisado.

Mapa 03 – Carta de Inundações na região da proposta de intervenção



Fonte – PBH (2019) adaptado pela autora.

Outro ponto que contribui para a ocorrência de alagamentos é a situação precária dos dispositivos de drenagem urbana (bueiros ou bocas de lobo), que são responsáveis pelo escoamento da água pluvial para as galerias de drenagem urbana. Nas figuras 19 e 20 percebe se que é crítica a situação desses “bueiros” entupidos com folhas, galhos e dejetos plásticos (lixo). A prefeitura, como medida não estrutural e paliativa, implantou

em diversos pontos da capital as placas que indicam áreas de risco susceptíveis a inundações. Na área analisada também há uma placa informando que a região é um ponto crítico, sujeito a alagamentos e inundações, alertando a população que saiam do local em caso de chuvas fortes (figura 21).

Figura 19 - Bueiros entupidos com folhas e galhos na Avenida Teresa Cristina



Fonte – Google Maps (2019).

Figura 20 - Situação dos bueiros na área de intervenção



Fonte – Google Maps (2019).

Figura 21 - Placa indicando o risco de inundação na região de estudo de caso



Fonte – Google Maps (2019).

Entretanto, a busca por novas tecnologias que possam assessorar e minimizar os impactos socioambientais e econômicos causados pelas enchentes e inundações podem garantir atitudes mais assertivas para a resolução desses impactos. Além de aprimorar as medidas que já são utilizadas pela prefeitura; utilização dos Núcleos de Alerta de Chuvas com a utilização de aplicativos para uma comunicação inteligente e eficiente com a população, além do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e as medidas inteligentes e sustentáveis aplicadas nas *smart cities* e *sponge cities*.

Todavia, de acordo com Machado e Poleza (2017), essas medidas isoladas não garantem um efeito eficaz na prevenção das enchentes, mesmo tendo sido determinadas pela legislação e planos diretores. Contudo deve se haver um envolvimento de todas as partes da sociedade, a gestão pública estadual, municipal e a população para que medidas estruturais e não estruturais possam ser eficientes. Segundo Amaral, Santoro e Tominaga (2009) as medidas estruturais são as construções e estruturas prediais que visem mitigar o problema. Enquanto, as medidas não estruturais são a educação

ambiental, ações políticas e diretrizes para a legislação, o planejamento de uso do solo, o zoneamento, e participação da defesa civil.

A implantação de novas tecnologias, já implantadas em outras cidades do mundo, como *smart cities*, podem auxiliar as cidades que enfrentam estes problemas. A cidade de Belo Horizonte está caminhando neste sentido, de garantir que novas tecnologias ajudem e auxiliem na minimização dos impactos causados pela força da água no município. A cidade vem implantando estas tecnologias; os Núcleos de Alerta de Chuvas que utilizam aplicativos proporcionando uma comunicação inteligente e eficiente com a população, e o Sistema de Informações Geográficas (SIG), porém muito ainda deve ser feito para que possamos classificar BH como uma *smart city* nestes quesitos de gestão da água pluvial como é realizado nas cidades chinesas.

5 Proposta de Intervenção

- Proposta de intervenção para implantação de dispositivos para drenagem urbana em Belo Horizonte - *Smart City*

A área de intervenção na proposta está localizada na região oeste do município de Belo Horizonte (figura 22). Foi demarcado um trecho na Avenida Teresa Cristina entre a Avenida Eliseu Resende e Avenida Dom. João VI, entre os bairros Betânia e Vista Alegre como área de estudo. A área possui 1,65 Km de extensão na via, com passeios, áreas verdes e de lazer com cerca de 708.850,53 m² de área total entre os bairros (figura 23).

Figura 22 – Localização da proposta de intervenção no município de BH



Fonte – 4ribh (2020) adaptado pela autora.

Figura 23 – Área de intervenção com os bairros adjacentes

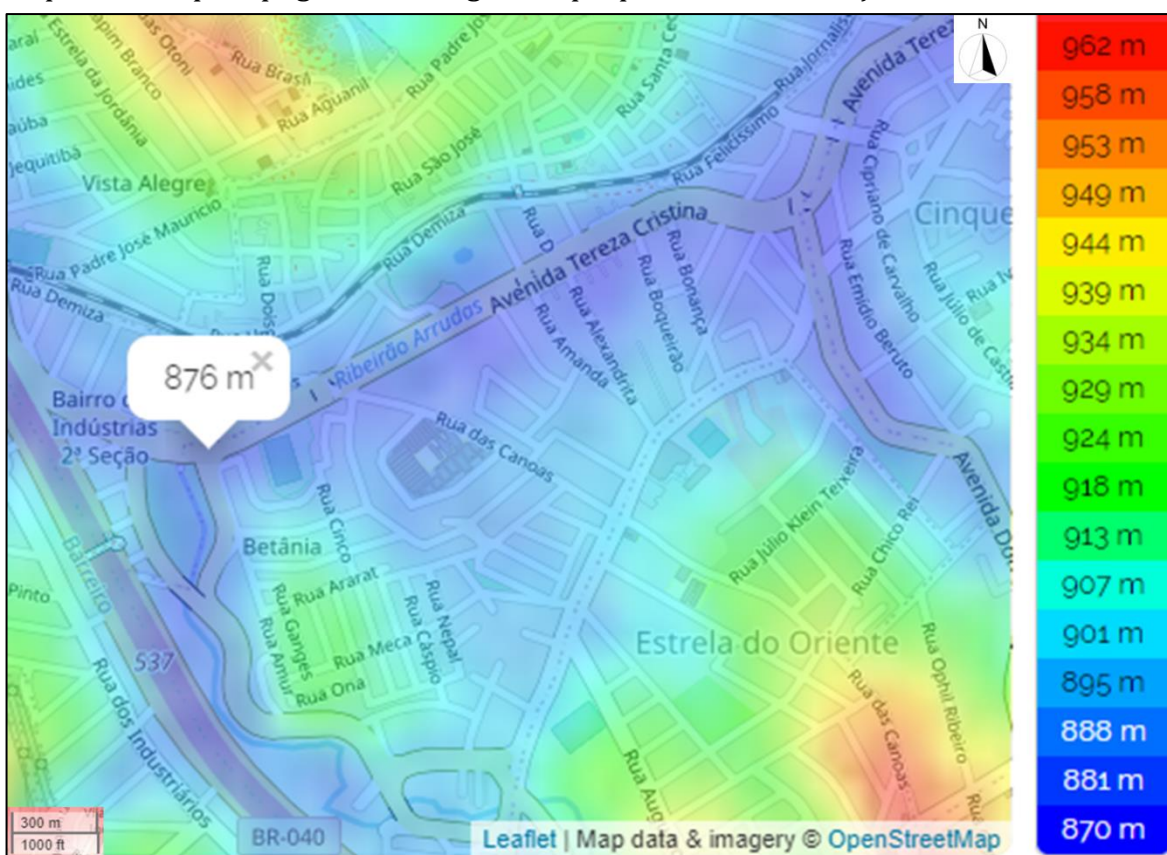


Fonte – Google maps (2019).

É uma área com alto risco de inundação de acordo com o mapa Carta de inundações (Mapa 04) realizado pela prefeitura de BH. Além disso, é uma região com característica topográfica de fundo de Vale, no qual todo o volume de água das chuvas escorre pelas encostas e topo de vale acumulando nesta região que não possui dispositivos de drenagem que favorece a absorção desta água nas vias adjacentes e no ribeirão.

A cota altimétrica da região está a 876 m, de acordo com o mapa 04, e é possível perceber que toda a região se caracteriza como fundo de vale. O fundo de vale característico por ser a área mais baixa do relevo, onde a água pluvial tende a escorre indo até o ponto mais baixo da região. A topografia da área de estudo e intervenção apresenta características que são favoráveis a enchentes no local, por ser fundo de vale, as encostas no entorno servem como calhas, recolhendo a água da chuva para aquele ponto, o que sobrecarrega o sistema de drenagem, levando às inundações.

Mapa 04 – Mapa topográfico da região da proposta de intervenção



Fonte - pt-br.topographic-map (2020).

- Tecnologias Aplicadas ou possíveis de aplicação no combate a Inundações na capital mineira

Com base no levantamento realizado com os recursos que a cidade Belo Horizonte está implantando e aprimorando para se tornar uma cidade inteligente, com o auxílio da tecnologia e informação proporciona qualidade de vida para a população. Algumas medidas que são utilizadas nas *sponge city* e *smart city*, para gestão equilibrada da água pluvial urbana, podem ser aplicadas em Belo Horizonte, como os pisos drenantes, os parques e praças-piscinas alagáveis, os bueiros inteligentes. Os modelos de bueiros inteligentes já estão sendo implantados em várias cidades brasileiras. A cidade se beneficiaria dessas novas medidas, aliadas àquelas já implementadas pela PBH como o aplicativo Waze e o NAC, para mitigar os problemas gerados pela água da chuva. A seguir são detalhadas algumas dessas medidas.

- Calçadas Drenantes;

- Aplicativo Waze para informar pontos de inundações. Utilizando os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) através de equipamentos e meios tecnológicos para estudar o espaço terrestre, que resultam da junção de três tecnologias: o GPS, o geoprocessamento e o sensoriamento remoto;

- Núcleo de Alerta de Chuvas fortalece o relacionamento com comunidades e lideranças para a efetividade do trabalho e alerta de pontos alagados;

- Bueiro Inteligente - Modelo conceitual de um sensor microcontrolado 3G para automação do controle de saturação de dispositivos de drenagem urbana (bueiro) aplicado a cidades inteligentes – estudo e pesquisa;

- Parque e Praça-piscinas alagáveis

O conceito de “sponge city” aborda varias ações para que o maior volume de água seja absorvido por sistemas e projetos, como a criação de parques alagáveis, praça-piscina (piscinões) e o calçamento permeável. No mapa 05 foram demarcadas áreas que podem ser utilizadas para implantação de praças-piscina e parques alagáveis.

Em uma área adjacente ao ribeirão, existe o Parque do Povo que poderia passar por uma requalificação, para se transformar em um parque alagável, que são estrategicamente implantados à beira do rio para armazenar água. Para a implantação dos parques alagáveis e praças-piscinas a legislação municipal deve ser alterada. Como leis que garantam o parcelamento, ocupação e uso do solo, pois nesta área os lotes são de uso público e privado.

Mapa 05 – Mapa propositivo da área de intervenção para a implantação de espaços alagáveis



Fonte – Google Maps (2020) adaptado pela autora.

Área demarcada no mapa - Total para parques alagáveis - 71.519,84 m²

Área demarcada no mapa - Total para praças-piscinas - 30.903,53 m²

Total de áreas possíveis para infraestruturas alagáveis – 102.423,37 m²

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2014) a medida que quantifica as precipitações é a pluviosidade, e o milímetro (mm) e a unidade de medida. Para compreender esta relação a cada milímetro de chuva que cai sobre uma superfície este volume é igual em litro de água em uma área por metro quadrado. Entretanto pode se definir o volume de precipitações segundo Oliveira apud Reichardt (1986) como:

“Chuva fraca: até 2,5 mm/h. Constitui-se de gotas isoladas, facilmente identificáveis. Neste grupo tem-se a garoa – precipitação uniforme, de gotículas de diâmetro inferior a 0,5 mm e muito numerosas.

Chuva moderada: de 2,5 a 7,5 mm/h. As gotas isoladas são dificilmente observáveis. Formação relativamente rápida de poças d’água.

Chuva forte: intensidade superior a 7,5 mm/h. A chuva parece cair em lençóis, não sendo possível identificar gotas isoladas. Observa-se

formação rápida de poças d'água. A visibilidade é prejudicada.”
(Oliveira, pág. 5)

INPE (2017) também postula que o Índice pluviométrico é a soma da quantidade de precipitação por metro quadrado em determinada área, em um período de tempo, e é calculado em milímetros. Conforme já foi dito em janeiro de 2020 a receber mais de 800 milímetros de chuva (Inmet).

Segundo os dados do Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia), o maior volume de chuva em 24 horas na capital mineira, foi entre às 9h da quinta-feira do dia 23 de janeiro até às 9h da sexta-feira do dia 24 de janeiro de 2020. No período houve uma chuva com o índice pluviométrico de 171,8 milímetros de água. O recorde até então era de 164 mm, registrado em 14 de fevereiro de 1978.

Portanto, considera-se que 1 litro por metro quadrado é igual a 1 milímetro. Se durante o período chuvoso do mês de janeiro de 2020, o dia com a maior intensidade no volume de precipitações foi o apresentado no dia 23 com 171,8 mm entende-se que choveu 171,8 litros por metro quadrado. De acordo com o Inmet a região de estudo de caso, região oeste, o acumulado de janeiro soma 959 mm, registrando um aumento de 291% do previsto para 30 dias no mês de janeiro.

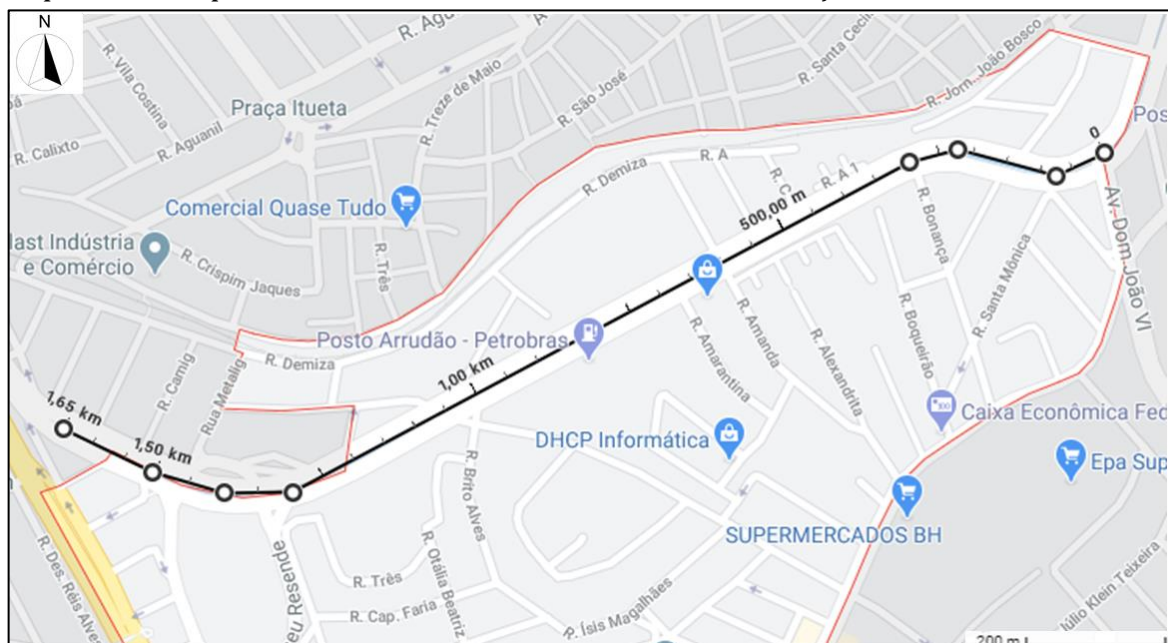
- Piso Drenante

Segundo Costa *et al.* (2019) o piso drenante permeável é um material com alta porosidade e drenabilidade, com uma alta capacidade de infiltração da água, pode dar vazão durante as chuvas intensas em determinada área, quando são projetadas e implantadas corretamente. Segundo Costa (2019, pág. 2) *apud* Monteiro (2010) o concreto permeável possui características que possibilitam sua implantação em grande parte das “superfícies urbanas, como calçadas, estacionamentos, praças, parques e áreas externas, como vias locais e pequenos acessos”.

Aqui, propõe-se a utilização de pisos drenantes nas calçadas, do trecho demarcado, para a maior absorção da água pluvial no período chuvoso. O trecho possui 1,65 km (mapa 06) considerando uma média de 3 metros para os passeios urbanos, obtém-se uma área

total de 4.500.000 m² para implantação do piso drenantes como amostra para o cálculo a seguir.

Mapa 06 – Comprimento linear da área de estudo e intervenção



Fonte – Google maps (2019) adaptada pela autora.

A proposta é realizar um estudo de implantação de piso drenante nesta região. Considerando que a legislação a Lei Nº 8.616 de 14 de julho de 2003, do Código de Posturas do município de Belo Horizonte, prevê a padronização das calçadas, elas devem ter: uma faixa livre de circulação com largura igual ou superior a 1,5 m e faixa de mobiliário urbano com largura max. de 40 % da largura total na as calçadas e devem possuir em média 3 m de largura.

- Cálculo de área – 1,65 km = 1.650 m (área de estudo) x 3 m (área da calçada) = 4.950 m² x 2 (lados da via) = 9.900 m² de área de implantação do piso drenante.

O piso drenante consegue absorver de 11 a 18 litros de água por minuto, representando 70% ou até 95 % de permeabilidade, absorção de água dependendo do solo e do fabricante.

Absorção da água no piso drenante –

Média – 15 litros de água por minuto. 900 l/h vazão média do piso drenante. A cada litro de água sobre a superfície de piso drenante utilizando a tecnologia de um material fibroso (stone wool) 950 ml é absorvido pelo material.

A tabela 02 apresenta dados coletados sobre os índices pluviométricos na capital mineira no mês de janeiro de 2020. Este índice é apresentado em milímetros (mm), litros por metro quadrado (l/m^2) e a área em quilômetros quadrados (km^2) e metro quadrado (m^2), além do volume de chuva em litros (l). Com base no memorial de cálculo apresentados, tem se as médias do índice pluviométrico de Belo Horizonte, tem se a média da região oeste mensal, por dia e por hora com base nos valores do índice apresentados no dia 24/01 e no período inteiro do mês.

Após encontrar estes valores das médias pluviométricas na região e considerando a área da região oeste foi possível determinar os valores aproximados referentes ao trecho do estudo de caso. Os valores foram obtidos através de um cálculo de regra de três, aplicando a mesma lógica da região oeste, para o trecho de estudo de caso que está inserido dentro da região.

O trecho de estudo de caso apresenta uma média mensal de índice pluviométrico de $18,9 l/m^2$ distribuídos em uma área de $708.850,53 m^2$, obtendo se $13.397.275,01 l$ ou $13.397,27 m^3$ no trecho no mês de janeiro de 2020. A partir deste valor tem se a média por dia no trecho, que foi de $446.575,83 l$ e a média por hora de $18.430,11 l$ de água de chuva.

Tabela 02 – Informações sobre o volume de chuva na região de estudo

| Mês Janeiro 2020 | mm | l/m ² | Área – km ² | Volume de chuva – litros | Volume de chuva – m ³ |
|--|-----------|--------------------------|--|--------------------------|----------------------------------|
| Dia 24/01 (dia mais chuvoso do mês de janeiro) | 171,8 | 171,8 | 330,9 km ² 330.900.000 m ² | 56.848.620.000 l | 56.848.620 m ³ |
| Média Mensal em BH | 932,3 | 932,3 | 330,9 km ² 330.900 m ² | - | - |
| Média Mensal região oeste | 959 | 959 | 35,93 km ² 35.930.000 m ² | 34.456.870.000 l | 34.456.870 m ³ |
| Média p/ dia região oeste | 31,9 | 31,9 | 35,93 km ² 35.930.000 m ² | 1.146.167.000 l | 1.146.167 m ³ |
| Média p/ hora região oeste | 1,33 mm/h | 1,33 l/m ² /h | 35,93 km ² 35.930.000 m ² | 47.786.900 l | 47.786,9 m ³ |
| Trecho do estudo de caso | | | 70,885053 km² 708.850,53 m² | | |
| Média mensal no trecho | 18,9 | 18,9 | 708.850,53 m ² | 13.397.275,01 l | 13.397,27 m ³ |
| Média p/ dia no trecho | 0,63 | 0,63 | 708.850,53 m ² | 446.575,83 l | 446,575 m ³ |
| Média p/ hora no trecho | 0,026 | 0,026 | 708.850,53m ² | 18.430,11 l | 18,430 m ³ |

Fonte – Elaborado pela autora.

- Memória de Cálculo

Média p/dia região oeste = 959 (Média mensal na região oeste) ÷ 30 (dias) = 31,9 mm

Média p/ hora região oeste = 31,9 (média p/ dia) ÷ 24 (h) = 1,33 mm

- Volume de chuva – litros

Dia 24/01 – 171,8 l/m² x 330.900.000 m² = 56.848.620.000 l

Média mensal região oeste – 959 l/m² x 35.930.000 m² = 34.456.870.000 l

Média p/ dia região oeste - 31,9 l/m² x 35.930.000 m² = 1.146.167.000 l

Média p/ hora região oeste – 1,33 l/m² x 35.930.000 m² = 47.786.900 l

- Trecho do estudo de caso

Média mensal no trecho = 959(média mensal região oeste) ——— 35.930.000(área m²)

X ————— 708.850,53(área m²)

X = 18,9 mm ou 18,9 l/m²

Média p/ dia no trecho = 31,9 (média p/ dia região oeste) ——— 35.930.000 (m²)

$$X \text{ ————— } 708.850,53 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$X = 0,63 \text{ mm ou } 0,63 \text{ l/m}^2$$

$$\text{Média p/ hora no trecho} = 1,33 \text{ (média p/ hora região oeste) ——— } 35.930.000 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$X \text{ ————— } 708.850,53 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$X = 0,026 \text{ mm ou } 0,026 \text{ l/m}^2$$

- Volume de chuva – litros

$$\text{Média mensal no trecho} - 18,9 \text{ l/m}^2 \times 708.850,53 \text{ m}^2 = 13.397.275,01 \text{ l}$$

$$\text{Média p/ dia no trecho} - 0,63 \text{ l/m}^2 \times 708.850,53 \text{ m}^2 = 446.575,83 \text{ l}$$

$$\text{Média p/ hora no trecho} - 0,026 \text{ l/m}^2 \times 708.850,53 \text{ m}^2 = 18.430,11 \text{ l}$$

O piso drenante de concreto permeável, pela sua alta porosidade, garante que alta permeabilidade. De fato, segundo Polastre e Santos (2006) o material consegue um índice de porosidade entre 15 a 25% e um escoamento de água da ordem de 200L/m²/min. A alta porosidade do material proporciona uma baixa resistência em comparação ao concreto comum, sendo inadequado a sua implantação em locais com alto tráfego de veículos.

$$- 200 \text{ l/m}^2 / \text{min.} \times 3600 \text{ min. (60x60)} = 12.000 \text{ l/m}^2 / \text{h.}$$

Entretanto, conclui se que considerando o que escoamento do material de concreto permeável é de 200l/m²/min. convertendo se 12.000 l/m²/h. Com base na tabela 02 a vazão de escoamento médio por hora no trecho é de 0,026 l/m² ou 18.430,11 l. Então, pode se concluir que somente com a implantação do piso drenante, com concreto permeável, seria possível absorver o volume de água de chuva mesmo em um dia atípico, como foi o dia 24 de janeiro de 2020.

Na tabela 03 são apresentados os dados de volume de água de chuva na área das calçadas no trecho em estudo. Considerando a área total das calçadas de 9.900 m² no percurso de 1,65 km de extensão. Tem se a o volume de água mensal de 187.110 l, média por dia o volume de 6.237 l e a média por hora de 257,4 l.

Tabela 03 - Informações sobre o volume de chuva na área das calçadas no trecho de estudo

| Mês Janeiro 2020 | mm | l/m ² | Área – km ² | Volume de chuva – litros | Volume de chuva – m ³ |
|---|-------|------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Área de calçada (piso permeável) - trecho de estudo | | | 9.900 m ² | | |
| Média mensal no trecho | 18,9 | 18,9 | 9.900 m ² | 187.110 l | 187,11 m ³ |
| Média p/ dia no trecho | 0,63 | 0,63 | 9.900 m ² | 6.237 l | 6,237 m ³ |
| Média p/ hora no trecho | 0,026 | 0,026 | 9.900 m ² | 257,4 l | 0,2574 m ³ |

Fonte – Elaborado pela autora.

A vazão de escoamento média por hora no trecho 0,026 l/m² ou 18.430,11 l.

Volume de água da chuva que cai na área de calçada – 257,4 l por hora.

O concreto permeável possui uma vazão de escoamento de água de 12.000 l/m²/ h.

$$12.000 \text{ l/m}^2/\text{h} \quad \text{_____} \quad 100$$

$$257,4 \text{ l/h} \quad \text{_____} \quad x$$

$$x = 2,16 \% \text{ (da capacidade de absorção do material)}$$

$$102.423,37 \text{ m}^2 \quad \text{_____} \quad 28\% = 28.678,54 \text{ m}^2$$

(área de parques e praças-piscinas)

Se fosse implantado pelo menos 30 % do que foi proposto com as medidas de implantação de parques, praças-piscinas e pisos permeáveis nas calçadas para o trecho do estudo de caso, já se conseguiria alcançar os objetivos no controle do escoamento da água pluvial. Conforme mapa 07 temos a demarcação da área para a implantação das praças-piscinas alagáveis de 28.678,54 m² e a área das calçadas permeáveis com 9.900 m².

Mapa 07 – Área do trecho de intervenção demarcando a proposta de implantação de piso permeável e área para praças-piscina alagáveis



Fonte - Elaborado pela autora.

- Bueiros Inteligentes

Conforme já foi exaustivamente discutido, as enchentes e inundações são causadas por vários fatores urbanos como a impermeabilização contínua do solo, o depósito de lixo doméstico e resíduos sólidos em local inadequado, o grande índice populacional nas capitais e a inapropriada ocupação nas várzeas e rios, entretanto o inapropriado descarte do lixo causa o entupimento dos bueiros e galerias que fazem a drenagem da água pluvial nos centros urbanos. O dispositivo de drenagem urbana inteligente ou bueiro inteligente é uma tecnologia que vem sendo desenvolvida e aplicada para o melhor gerenciamento e escoamento da água pluvial evitando enchentes e inundações.

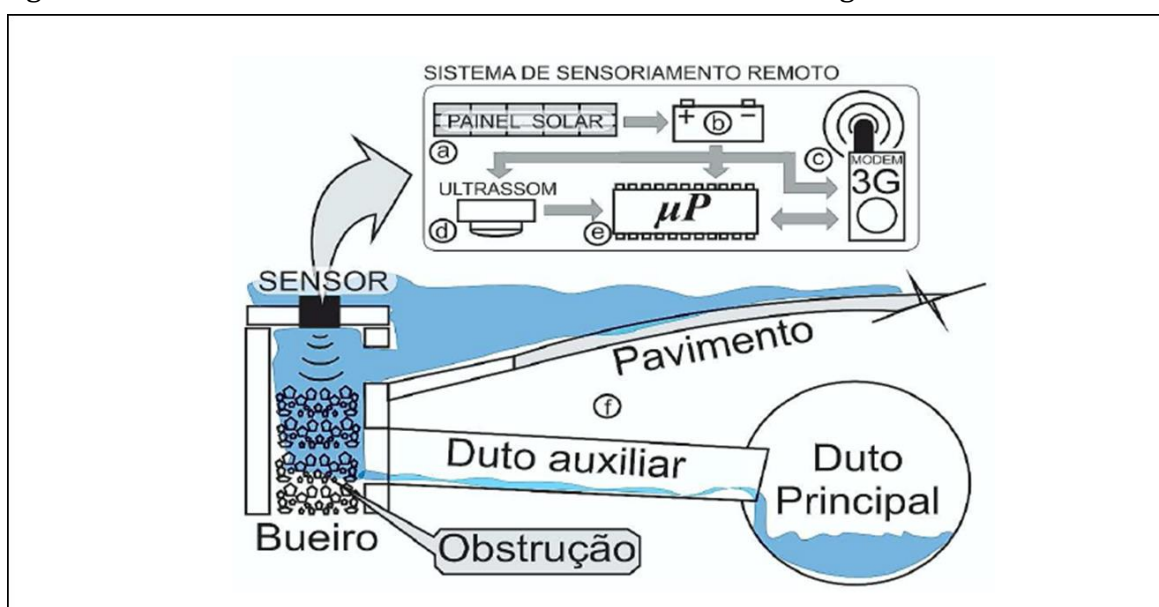
A implantação de bueiros inteligentes nas grandes cidades é uma alternativa para minimizar ou até mesmo sanar estes problemas com os dispositivos de drenagem urbana, que têm problemas com entupimento, criando pontos de alagamento em períodos chuvosos. Segundo Ribeiro *et al* (2014) o modelo conceitual desenvolvido possui um sensor remoto que alerta quanto aos níveis de obstrução dos dispositivos de

drenagem urbana (bueiros), que são ligados a uma rede de sensores em toda a cidade sendo monitorados em tempo real. Este monitoramento remoto proporciona o melhor gerenciamento e otimização para a manutenção dos bueiros entupidos, garantindo maior assertividade no deslocamento preventivo.

O sistema de monitoramento trabalha com a tecnologia 3G, e um sensor envia para central de informações revelando a presença de resíduos sólidos obstruindo a passagem das águas pluviais nos bueiros. Com esta tecnologia, a companhia de limpeza urbana é acionada para o local realizando a limpeza dos bueiros com a remoção dos resíduos sólidos que possam obstruir a passagem das águas pluviais que causam as inundações e os prejuízos à população.

Existe um estudo de um sistema de tecnologia que envolve todo o processo do projeto conceitual, dos quais fazem parte o painel solar, bateria 9 V, sensor ultrassônico, microcontrolador (μC) e um modem 3G para criação do bueiro inteligente. Na figura 24 apresenta o modelo esquemático do sistema do sensoriamento remoto do bueiro inteligente.

Figura 24 - Sistema do sensoriamento remoto do bueiro inteligente



Fonte - Ribeiro et al (2014).

Algumas cidades brasileiras estão instalando o sistema no dispositivo de drenagem pluvial urbana (bueiro ou boca de lobo). O chamado bueiro inteligente consiste na instalação de um coletor (filtro ou peneira para coleta de resíduos sólidos na entrada das galerias, mas nem todos possui o sensor remoto).

A cidade de São Paulo vem implantando os bueiros com os sensores remotos, que avisam quando o bueiro necessita ser limpo, para evitar o acúmulo de resíduos e conseqüentemente, as enchentes. O uso dos sensores remotos auxilia na limpeza urbana com a disponibilização de dados sobre a obstrução dos bueiros com os resíduos sólidos. Em 2019, um Projeto de lei avançava na Câmara Municipal de Belo Horizonte para a implantação dos bueiros inteligentes como medida para minimizar os impactos causados pelas chuvas na capital.

Figura 25 – Bueiro inteligente com filtro e sensor



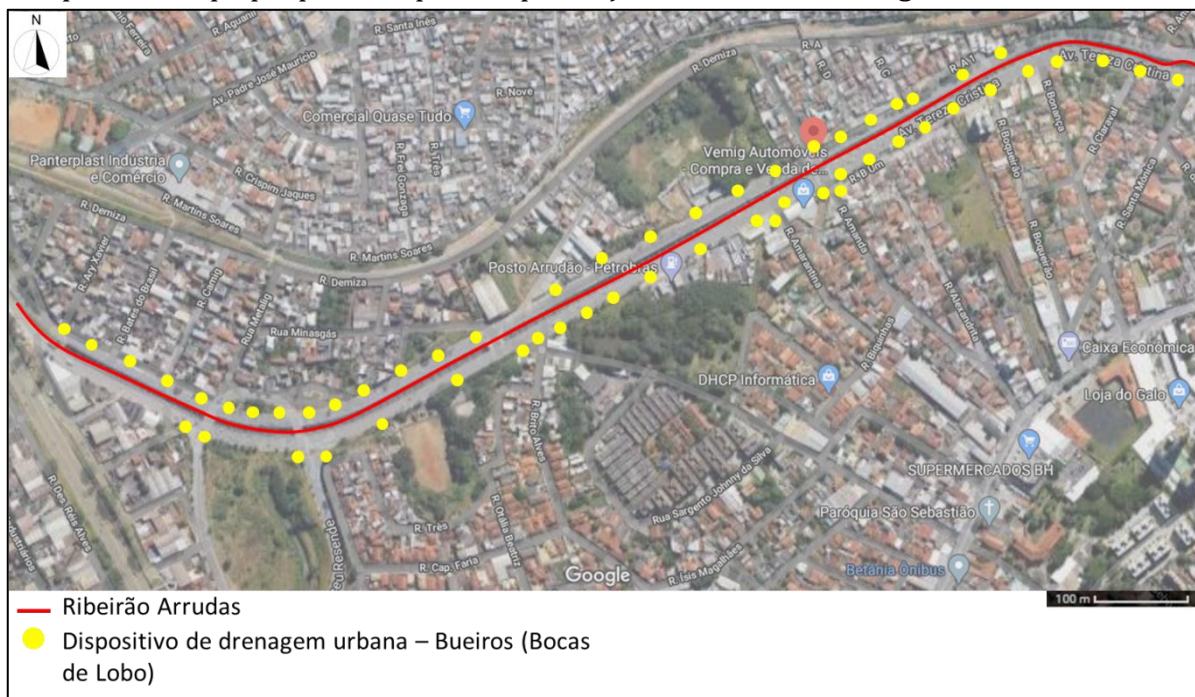
Fonte - socialismocriativo (2018).

No trecho do estudo de caso, de acordo com o mapa 08, há uma média de 56 bueiros, que podem se tornar bueiros inteligentes com a implantação do filtro e do sensor remoto para monitoramento dos resíduos sólidos no filtro. Esta implantação garantirá

que as equipes de limpeza urbana possam ser mais assertivas no deslocamento e limpeza dos bueiros nesta região crítica.

Segundo Botelho (1985) a capacidade de engolimento de um projeto de uma da “boca-de-lobo” não supera 60 l/s, quando bem projetada, construída e limpa. A capacidade de vazão de uma “boca de lobo” comum equivale a 216.000 l/h.

Mapa 08 – Mapa propositivo para implantação dos bueiros inteligentes



Fonte – Google Maps (2020) adaptado pela autora.

- Aplicativo Waze

Conforme já foi pontuado, na ambiência urbana é importante entender a hidrologia e os seus desafios, a evolução das redes de escoamento, e a relação com as águas pluviais que aumentam este volume no sistema de drenagem originando os problemas já conhecidos. Os aplicativos entram como um importante recurso tecnológico, pois além de garantir o acesso rápido à informação e também uma forma de envolver e conscientizar as pessoas do cuidado com os rios urbanos.

A prefeitura de Belo Horizonte estabeleceu uma parceria com o aplicativo Waze para informar e alertar a população sobre pontos de inundações em todas as regiões da cidade, além de outros serviços. Esta parceria conta com a participação da BHTrans e da

Defesa Civil. O aplicativo Waze é um GPS (Sistema de Posicionamento Global) e uma tecnologia que é apoiada por vários satélites, emitindo as informações de qualquer localidade no mundo a partir das coordenadas geográficas. Por isso o aplicativo é um aliado durante o período de cheia, pois traça rotas alternativas para a população, além de já ser normalmente utilizado para escapar de congestionamentos nos centros urbanos.

- Núcleo de Alerta de Chuva (NAC)

O Núcleo de Alerta de Chuva (NAC) é uma das medidas de combate e alerta de inundações com o apoio da população, realizado pela defesa Civil juntamente com a Urbel e o Corpo de Bombeiros. Ele é formado por pessoas que estão nas áreas de risco de alagamentos e inundações. Segundo a PBH (2017) o protagonismo dos moradores no intenso trabalho realizado pela prefeitura, por meio do relacionamento das lideranças das comunidades, contribuiu para bons resultados de trabalho, através dos Núcleos de Defesa Civil (Nudecs) e Núcleos de Apoio Comunitários (NACs) sendo composto por pessoas treinadas.

Para que o projeto funcione, a população voluntária é capacitada através de oficinas, que abordam temas como atendimento a primeiros socorros para vítimas de enchentes, treinamento para a retirada de vítimas de locais de acesso complicado, bem como em veículos em áreas alagadas, e além de demais acidentes. Elas recebem treinamento para detectar indícios de riscos e alertar as equipes da Defesa Civil e Urbel. Os alertas são repassados para os voluntários por meio de SMS e redes sociais, e cada voluntário de determinada região recebe mensagens específicas que devem ser repassadas a população.

6 Conclusão

É importante que as medidas discutidas aqui sejam implantadas na área de estudo e nos vários pontos de inundação na capital, para que possam ser minimizados os prejuízos das chuvas. Entretanto, a resolução de problemas na infraestrutura de drenagem urbana no município necessita de projetos de longo prazo. Conforme foi mostrado, o projeto de drenagem urbana sustentável envolve sistemas tecnológicos e conceituais como nas *sponge city*, que através de piscinões e parque alagáveis em grandes áreas conseguem resolver os problemas de inundações como apresentado na proposta de intervenção. É crucial que os projetos passem pela gestão de políticas urbanas, que consideram parâmetros legais e educativos.

A partir dos dados apresentados pela PBH, percebe-se que já há recursos inteligentes adotados na gestão da cidade, e sinaliza que a cidade está no caminho da inovação e interação dos meios de tecnológicos e de comunicação da cidade. É urgente que tais medidas sejam voltadas também às questões hídricas, além de programar novas tecnologias para combater a enchentes e inundações.

Foi mostrado, que a implantação de parque e praça-piscinas alagáveis no trecho de área de estudo abrange uma área total de infraestrutura de aproximadamente de 102.423,37 m², no qual é possível armazenar o volume excedente de água da chuva e reutilizá-lo, além recuperar a vegetação de mata ciliar em áreas no entorno do ribeirão.

Além disso, foi mostrado que os pisos drenantes sendo implantados nas calçadas da Avenida Teresa Cristina no trecho de estudo de caso seriam muito efetivos para prevenir enchentes. Bem como a implementação de bueiros inteligentes no trecho de intervenção levaria a diminuição dos pontos alagamento.

Mas é importante pontuar que as tecnologias já utilizadas pela prefeitura, como o Waze, e o NAC devem ser centrais na gestão da cidade e suas crises. Todavia, apesar de estar no caminho certo Belo Horizonte ainda tem um longo caminho a recorrer para ser uma *sponge city* ou uma cidade verdadeiramente tecnológica.

7 Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de; CARVALHO, Pompeu Figueiredo de. Representações, Riscos E Potencialidades de Rios Urbanos: Análise de um (Des) Caso Histórico. (2010). Publicação em revista online (Instituto de Geografia UFU - Programa de Pós-graduação em Geografia) Revista Online Caminhos de Geografia Uberlândia v. 11, n. 34 Jul/2010 p. 145 - 16.

AMARAL, Rosangela do; SANTORO, Jair; TOMINAGA, Lídia Keiko. Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 197p.

BARACHO, Renata Maria Abrantes; SOERGEL, Dagobert; JUNIOR, Mário Lucio PEREIRA; HENRIQUES, Mariana Almeida. **A Proposal for Developing a Comprehensive Ontology for Smart Cities / Smart Buildings / Smart Life**. In: A 10^a Internacional Multi-Conferência sobre Complexidade, Informática e Cibernética: IMCIC, 2019. Orlando, Flórida, EUA, 2019. 7 f.

BENITES, Ana Jane. **Análise das cidades inteligentes sob a perspectiva da sustentabilidade: O caso do centro de operações do Rio de Janeiro**. 2016. 224 f. Dissertação (Mestrado em Política Científica e tecnológica) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2016.

BELO HORIZONTE. Decreto Lei Nº 8.616 de 14 de julho de 2003. Código de Posturas do Município de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2003. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=172474>>. Acessado em 10 jun. 2020.

BENTO, A. Como fazer uma revisão da literatura: Considerações teóricas e práticas. **Revista JA (Associação Acadêmica da Universidade da Madeira)**, nº 65, ano VII (p. 42-44). 2012. Disponível em: <<http://www3.uma.pt/bento/Repositorio/Revisaodaliteratura.pdf>>. Acessado em 20 de mai. 2020.

Biofábrica. 2020. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/meio-ambiente/biofabrica>> Acessado em 02 Jun., 2020.

BH é premiada por Sistema de Iluminação Pública. 2018. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/bh-e-premiada-por-sistema-de-iluminacao-publica>> Acessado em 01 Jun., 2020.

Bhmap. Disponível em: <
<http://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=1&lat=7795020.2934&lon=613038.15655&baselayer=base&layers=hotspot>>. Acessado em 07 jun. 2020.

BORSAGLI, Alessandro. **Rios invisíveis da metrópole mineira**. Belo Horizonte: Ed. do Autor, 2016. 430 p.

Cartilha Unidade Territorial Estratégica e Plano Diretor de Recursos Hídricos - UTE Ribeirão Arrudas. 12 p. 2016.

Centro Integrado de Operações de Belo Horizonte. 2019. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/seguranca/copbh> > Acessado em 03 Jun., 2020.

CDL Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.cdldh.com.br/portal/353/Nossas_Conquistas/Olho_Vivo>. Acessado em 19 jun. 2020.

Changde, China. UrbanLab. Disponível em: <<https://www.urbanlab.com/yangming-archipelago>> Acessado em 24 Ago. 2019.

Curral Del Rey. Disponível em: <<http://curraldelrei.blogspot.com/2015/05/boulevard-arrudas-um-exemplo-das.html>>. Acessado em 20 jun. 2020.

COSTA, Marília Cristina Barata da; SILVA, Luzilene Souza; NOGUEIRA, Marlos Henrique Pires; LIMA, Gleisy Kelly Moreira; BATISTA, Núbia Jane da Silva. Estudo da viabilidade técnica do uso de concreto permeável em pavimentos urbanos de baixo tráfego utilizando agregado graúdo regional. **RCT - Revista de Ciência e Tecnologia**. RCT V.5 n.8 (2019). Disponível em: <
https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=88&smn=88&type=m&metalib=aHR0cHM6Ly9ybnAtcHJpbW8uaG9zdGVkLmV4bGlicmlzZ3JvdXAuY29tL3ByaW1vX2xpYnJhcnkvbGlid2ViL2FjdGlubi9zZWZyY2guZG8/dmlkPUNBUEVTX1Yx&Itemid=124>. Acessado em 19 jun. 2020.

DAI, Liping; VAN RIJSWICK, Helena F. M. W.; DRIESSEN, Peter P. J.; KEESSEN Andrea M. Governance of the Sponge City Programme in China with Wuhan as a case study. **International Journal of Water Resources Development**, n. 34:4, p. 578-596, set. 2017. Disponível em: <
https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=88&smn=88&type=m&metalib=aHR0cHM6Ly9ybnAtcHJpbW8uaG9zdGVkLmV4bGlicmlzZ3Jv>

dXAuY29tL3ByaW1vX2xpYnJhcnkvbGlid2ViL2FjdGlvbi9zZWYyY2guZG8/dmlkPUNBUEVTX1Yx&Itemid=124> Acessado em 10 jun. 2020.

Forte chuva atinge Belo Horizonte e Contagem. Disponível em:

<<http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2013/12/forte-chuva-atinge-belo-horizonte-e-contagem.html>> Acessado em 06 Ago., 2019.

GOULART, Patrícia Pascoal; CRUZ, Raphael Elias Pereira da. **Proposta da rede de monitoramento das águas Subterrâneas na sub-bacia do ribeirão arrudas, região Central de Belo Horizonte-MG.** 4f. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 2012.

Google Maps. 2020. Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps/@-19.9581878,-43.992469,1292m/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR>>. Acessado em 20 de mai. 2020.

G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/02/16/cidades-esponja-conheca-iniciativas-pelo-mundo-para-combater-enchentes-em-centros-urbanos.ghtml>>. Acessado em 15 jun. 2020.

LAAR, M.; SOUZA, Cristina G.; PAIVA, Vera Lúcia de Assunção; AMIGO, Nisete Augusta de; TAVARES, Sergio; GRIMME, Friedrich Wilhelm; GUSMÃO, Fernando; KÖHLER, Manfred; SCHMIDT, Marco. **Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos extensivos em cidades de clima tropical.** In: Encontro nacional de conforto no Ambiente Construído, 6., 2001, São Paulo. Anais. São Paulo: UNICAMP, 2001. p. 7.

LEITE, Carlos.; AWAD, Juliana Di Cesare Marques. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes:** desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre, RS: Bookman, 2012. 264 p.

LIMA, Aryane. **Projeto de Restauração do Cheonggyecheon.** 2018. Disponível em: < <https://projetobatente.com.br/projeto-de-restauracao-do-cheonggyecheon>> Acessado em 18 Maio. 2020.

LIMA, José Geraldo de Araújo. **Investigações experimentais da eficiência hidráulica em bocas-de-lobo em greide contínuo.** 2007. 107 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

LI, Nan; QIN, Chengxin; DU, Pengfei. Optimization of China Sponge City Design: The Case of Lincang Technology Innovation Park. **Water**, set. 2018. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=88&mn=88&type=m&metalib=aHR0cHM6Ly9ybnAtcHJpbW8uaG9zdGVkLmV4bGlicmlzZ3Jv dXAuY29tL3ByaW1vX2xpYnJhcnkvbGlid2ViL2FjdGlvbi9zZWZyY2guZG8/dmlkPUNBUE VTX1Yx&Itemid=124>. Acessado em 11 jun. 2020.

LIRA, Sandro Haoxovell de; FRAXE, Therezinha de Jesus Pinto. O percurso da sustentabilidade do desenvolvimento: aspectos históricos, políticos e sociais. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria Revista Monografias Ambientais - REMOA**, n.2, p. 3172 - 3182, março. 2014. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:kAuq4vDOPvEJ:https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/download/12618/pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acessado em: 16 jun. 2020.

Locais públicos de acesso gratuito à internet. 2020. Disponível em : <<https://prefeitura.pbh.gov.br/prodabel/hotspot>> Acessado em 02 Jun., 2020.

Rotativo Digital BH. 2020. Disponível em: <<https://rotativodigitalbh.pbh.gov.br/>> Acessado em 03 Jun. 2020.

MACHADO, Orli José; POLEZA, Maristela Macedo. **Minimizar impactos com as inundações no município de Taió**. Pesquisa descritiva, documental do tipo qualitativa. 18 p., 2017. Disponível em: < <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Orli-Jos%C3%A9-Machado.pdf>> Acessado em 06 Set., 2019.

MARCHIONI, Mariana; SILVA, Cláudio Oliveira. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011. 24p.

MARCO, Júlio César De. **Requisitos de Desenvolvimento Sustentável na Legislação Urbanística de Belo Horizonte: O Caso da Taxa de Permeabilidade**. 2012. 225 f. Monografia (Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído) - Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

MATA, Amanda. **O que é Fibra Óptica e como funciona?**. 2019. Disponível em <https://www.oficinadanet.com.br/artigo/redes/o-que-e-fibra-otica-e-como-funciona>> Acessado em 27 Maio, 2020.

MATTA, Gustavo Velloso da. **Simulação hidrológica da implementação conjunta de telhados verdes e microrreservatórios domiciliares em área urbana de belo horizonte - MG**. 2015. 110 f. Monografia. (Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitarista) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2015.

MÉDICI, Daniel; MACEDO, Letícia. Cidades-esponja: conheça iniciativas pelo mundo para combater enchentes em centros urbanos. **G1**, fev. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/02/16/cidades-esponja-conheca-iniciativas-pelo-mundo-para-combater-enchentes-em-centros-urbanos.ghtml>>. Acessado em 15 jun. 2020.

MONTEIRO, A. C. N. **Concreto Poroso: Dosagem e Desempenho**. 2010. 36 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

OLIVEIRA, Aureo S. de. Fundamentos de meteorologia e climatologia. Disponível em: <<http://www.ufrb.edu.br/8-cca-035-meteorologia-e-climatologia-agricola>>. Acessado em 20 jun. 2020.

PBH app - aplicativo móvel da prefeitura de belo horizonte. 2020. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/pbhapp>> Acessado em 03 Jun., 2020.

PBH (Prefeitura de Belo Horizonte). **Cidade Inteligente**. 2019. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/cidade-inteligente>>. Acessado em 01 jun. 2020.

PEIXOTO, Nelson Brissac. **O rio, a inundação e a cidade. A várzea do Tietê como situação crítica**. Revista Scielo Estudos Avançados, vol.31 no.91

Sep./Dec. 2017, São Paulo. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-4014201700300157> Acessado em 28 Ago. 2019.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE 2016/2019. Vol. 1, Textos. [152-] Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e>

infraestrutura/informacoes/publicacoes/plano-de-saneamento> Acessado em 26 de Ago. de 2019.

PMI Energias Renováveis. 2020. Disponível em : <http://pbhativos.com.br/pmi-energias-renovaveis/> > Acessado em 03 Jun., 2020.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH). Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obraseinfraestrutura/2018/documentos/1_hidrografia_e_relevo_2010.pdf > Acessado em 07 Set., 2019.

Prefeitura promove Semana da Tecnologia e apresenta novidades para o setor. 2018. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/prefeitura-promove-semana-da-tecnologia-e-apresenta-novidades-para-o-setor>> Acessado em 02 Jun., 2020.

POLASTRE, Bruno; SANTOS, Lara Damha. **Concreto permeável.** 2006. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20Finais%2006/Concreto%20perme%C3%A1vel.pdf>>. Acessado em 15 jun. 2020.

PRADO, Kárys Cristina Diederichs; SANTOS, Patrícia Estevão dos. **Smart Cities: Conceito, Iniciativas e o Cenário carioca.** 2014. 133 f. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

RAMOS, M. H. D. **Drenagem urbana: aspectos urbanísticos, legais e metodológicos em Belo Horizonte.** 1998. 103f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.

RAMOS, Raquel. **Motoristas vigiados por 1.200 câmeras em BH.** 2015. Disponível em: <https://www.hojeemdia.com.br/horizontes/motoristas-vigiados-por-1-200-c%C3%A2meras-em-bh-1.319293>> Acessado em 02 Jun., 2020.

RATHKE T. A. **Medidas de controle pluvial no lote: Pavimentos permeáveis e telhados verdes.** Monografia. (Graduado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Julho, 2012. 89 p.

REICHARDT, K. **A Água em Sistemas Agrícolas.** São Paulo: Manole. 1986. 188 p.

Socialismo Criativo. Bueiro Inteligente. Disponível em: < <https://www.socialismocriativo.com.br/bueiro-inteligente/>>. Acessado em 15 mai. 2020.

REIS, Patrícia Elizamma; PARIZZI, Maria Giovana; MAGALHÃES, Danilo Marques de; MOURA, Ana Clara Mourão. **O escoamento superficial como condicionante**

De inundações em belo horizonte, MG: Estudo de caso da sub-bacia córrego do leitão, Bacia do ribeirão arrudas. 2012. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 31, n. 1, p. 31-46, 2012.

Research Gate (2012). Disponível em: < https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Efeitos-da-urbanizacao-sobre-o-ciclo-hidrologico_fig1_259931943>. Acessado em 15 mai. 2020.

RIBEIRO, Silvia Aparecida; OLIVEIRA, Alexandre Maniçoba de; CARVALHO, Amauri Dias; KOFUJI, Sergio Takeo. **Modelo conceitual de um sensor microcontrolado 3G para automação do controle de saturação de dispositivos de drenagem urbana (bueiro) aplicado a cidades inteligentes.** In: 5º CONGRESSO CIENTÍFICO DA SEMANA TECNOLÓGICA, 2014, Bragança Paulista.

RIZZON, Fernanda; BERTELLI, Janine; MATTE Juliana; GRAEBIN Rosani Elisabete; MACKE Janaina. **Smart City: Um conceito em construção.** RMS: Revista Metropolitana de Sustentabilidade, v.7, n.3, Set./Dez.2017. p. 3-15.

Programa de economia criativa da Prefeitura recebe consultoria internacional. 2019. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/programa-de-economia-criativa-da-prefeitura-recebe-consultoria-internacional> > Acessado em 03., 2020.

Pt-br.topographic-map. 2020. Disponível em: < <https://pt-br.topographic-map.com/>>. Acessado em 07 jun. 2020.

SANTOS, W. & Vieira, b.c. **Influência de fatores topográficos na distribuição de escorregamentos translacionais rasos na serra do Mar, Cubatão (SP).** In: Simpósio Brasileiro de Geografia física Aplicada, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009, 18 p.19.

SILVA, A.S.; CARVALHO, E.T.; FANTINEL, L.M.;ROMANO, A.W.; VIANA, C.S. **Estudos Geológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos e Geoambientais Integrados no**

Município de Belo Horizonte. Relatório Final. Convênio: PMBH, SMP, FUNDEP/UFMG, 490 p., 1995.

Sismob - Sistema de Informações de Acessibilidade e Sustentabilidade de BH. 2020. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/bhtrans/informacoes/dados/sismob>> Acessado em 04 Jun., 2020.

Soluções testadas em laboratório instalado na sede da Prodabel chegam ao mercado. 2018. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/solucoes-testadas-em-laboratorio-instalado-na-sede-da-prodabel-chegam-ao-mercado>> Acessado em 03 Jun., 2020.

Subsecretaria de Segurança Alimentar e Nutricional. 2019. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/smasac/seguranca-alimentar-e-nutricional> > Acessado em 03 Jun., 2020.

TECNOSILBR. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/concreto-permeavel-o-que-e-e-quais-seus-grandes-atrativos/>>. Acessado em jun. 2020.

VESTENA, Leandro Redin. **A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais.** 2008. Revista Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, v. 4 n. 1 Jan./Abr. 2008.

VIANNA, Paulo Mario Ripper. **Automação na drenagem urbana e reaproveitamento das águas depositadas nos tanques.** Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_paulo_vianna_0.pdf > Acessado em 25 Ago. 2019.

VILLELA, Swami M. Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245p.

SCBH. **Nosso Ribeirão Arrudas.** Subcomitê da Bacia. Hidrográfica do Ribeirão Arrudas. Belo Horizonte: Ed. Instituto Guaicuy SOS Rio das Velhas 2009. 20 p.

WEISS, Marcos Cesar; BERNARDES, Roberto Carlos, CONSONI, Flavia Luciane. **Cidades inteligentes como nova prática para o gerenciamento dos serviços e infraestruturas urbanos: a experiência da cidade de Porto Alegre. urbe.** Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), 2015 set./dez., 7(3), 310-324.

Wendel. Cidade-esponja. **Jornal Hoje em dia**, mar. 2020. Disponível em: <<https://www.hojeemdia.com.br/opini%C3%A3o/colunas/professor-wendel-1.542133/cidade-esponja-1.775551>>. Acessado em 14 jun. 2020.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. (2008). [681]. Disponível em : <http://www.ler.esalq.usp.br/aulas/lce5702/CIMO_Guide_7th_Edition_2008.pdf>. Acessado em 20 jun. 2020.

ZHANG, Shuhan; LI, Yongkun; MA, Meihong; SONG, Ting; SONG, Ruining. Storm Water Management and Flood Control in Sponge City Construction of Beijing. **Water**, ago. 2018. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=88&smn=88&type=m&metalib=aHR0cHM6Ly9ybnAtcHJpbW8uaG9zdGVkLmV4bGlicmlzZ3JvdXAuY29tL3ByaW1vX2xpYnJhcnkvbGlid2ViL2FjdGlvbi9zZWZyY2guZG8/dmlkPUNBUEVTX1Yx&Itemid=124>. Acessado em 11 jun. 2020.

ZHOU, Jinjun; LIU, Jiahong; SHAO, Weiwei; YU, Yingdong; ZHANG, Kun; Wang, Ying; MEI, Chao. Effective Evaluation of Infiltration and Storage Measures in Sponge City Construction: A Case Study of Fenghuang City. **Water**, jul. 2018. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=88&smn=88&type=m&metalib=aHR0cHM6Ly9ybnAtcHJpbW8uaG9zdGVkLmV4bGlicmlzZ3JvdXAuY29tL3ByaW1vX2xpYnJhcnkvbGlid2ViL2FjdGlvbi9zZWZyY2guZG8/dmlkPUNBUEVTX1Yx&Itemid=124>. Acessado em 11 jun. 2020.

4ribh.2020. Disponível em: <<https://www.4ribh.com.br/circunscricao/>>. Acessado em 06 jun. 2020.

