



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANÁLISE QUALITATIVA DE MACRODRENAGEM NO BAIRRO PRIMEIRO DE  
MAIO EM BELO HORIZONTE**

**Rafaella Costa Castelo Branco**

**Belo Horizonte**

**2023**

**Rafaella Costa Castelo Branco**

**ANÁLISE QUALITATIVA DE MACRODRENAGEM NO BAIRRO PRIMEIRO DE  
MAIO EM BELO HORIZONTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao Centro Federal de Educação Tecnológica  
de Minas Gerais como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheira Ambiental e  
Sanitarista

Orientador: Prof. Dr. Carlos Wagner G. Andrade Coelho

Belo Horizonte  
2023

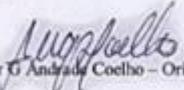
**Rafaela Costa Castelo Branco**

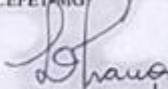
**ANÁLISE QUALITATIVA DE MACRODRENAGEM NO BAIRRO PRIMEIRO DE MAIO  
EM BELO HORIZONTE**

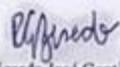
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 30 de Novembro de 2023

Banca examinadora:

  
Dr. Carlos Wagner G. Andrade Coelho – Orientador  
CEFET-MG

  
Msc. Leonardo França da Silva  
Universidade Federal de Viçosa

  
Dr. Ricardo José Gontijo Azevedo  
CEFET-MG

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos professores do CEFET-MG por compartilharem seus conhecimentos e contribuir no crescimento de cada aluno. Vocês foram fundamentais para todo o meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Agradeço às políticas de assistência estudantil e a todos os funcionários que sempre estiveram interessados com meu desenvolvimento acadêmico, em meu bem-estar psicológico e minhas necessidades financeiras. O Programa Bolsa de Complementação Educacional – BCE, foi o meu primeiro contato com a parte prática do curso, onde pude desenvolver os meus conhecimentos técnicos durante 2 anos de projetos, com diferentes pessoas e formalidades. Foi ali que descobri meu apreço pela área social e de educação ambiental, sendo um programa que vai muito além da ajuda de custo proporcionada ao estudante.

À Liga SUSTENTAR, por me acolher e me mostrar a potência que os estudantes têm quando se unem, quando compartilham seus conhecimentos e desenvolvem suas ideias em conjunto, a partir de um mesmo ideal. Nossos projetos, oficinas e palestras de Educação ambiental me fizeram crescer e perceber que o desenvolvimento sustentável é possível.

Agradeço a todos da minha família, que sempre estiveram presentes em minha vida e preocupados com meu desenvolvimento. Aos meus pais, em especial à minha mãe, agradeço por não medir esforços para que essa graduação fosse conquistada, mesmo com todas as dificuldades só foi possível por sua contribuição. Ao meu irmão, agradeço pelo interesse em meus programas acadêmicos e pela companhia de sempre. E às minhas primas, em especial Cinthia e Tábata, pelo companheirismo e todos os momentos de descontração que tivemos, vocês foram essenciais para meu bem-estar nesta trajetória.

Às minhas amigas, Bruna, Gabriella, Giulia, Ingrid, Júlia, Kênia e Luciana, que estiveram presentes em todas as fases da minha jornada acadêmica. Foram vocês que me fizeram permanecer e me acalmaram em todos os momentos difíceis. Obrigada pelas brincadeiras, risadas, opiniões, conselhos e todo amor que sempre colocaram em nossa amizade. Foi incrível compartilhar tantos momentos com vocês, que mesmo de longe sempre se fizeram presentes. Entramos juntas, não formamos juntas, mas nos sinto juntas.

Aos meus amigos, Gira e Julinha, obrigada por todo apoio e suporte nesses anos, vocês foram surpresas importantes no meio da minha graduação.

Gratidão a todos que de alguma forma contribuíram para que esse momento fosse possível, todos aqueles que cruzaram o meu caminho, que ainda estão em minha vida ou estiveram só de passagem. Todos foram fundamentais para o meu crescimento, minha melhora e desenvolvimento.

Por fim, agradeço a Deus por me encaminhar até aqui, me fazer vencer tantos obstáculos, me proporcionar tantos bons momentos e amigos que me fazem ser uma pessoa melhor. Sem Ele eu não conseguiria realizar tantos desejos, ter tantas conquistas e prosseguir mesmo que sem motivação. Gratidão!

## RESUMO

BRANCO, RAFAELLA COSTA CASTELO. **Análise qualitativa de macrodrenagem no bairro Primeiro de Maio em Belo Horizonte**. 2023. 42. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

As consequências do intenso desenvolvimento urbano, ocupação e uso do solo sem o planejamento das cidades teve como consequência diversas alterações no sistema hídrico brasileiro. As canalizações dos córregos e rios e alta impermeabilização dos solos em Belo Horizonte aumentou a vazão das águas nos canais, reduziu o armazenamento natural e consequentemente aumentou a probabilidade de enchentes, inundações e alagamentos nas vias. Visto a necessidade de controle e diminuição das enchentes se fez necessária a introdução de técnicas e obras de macrodrenagem em diferentes pontos da cidade. Esse trabalho teve como objetivo elaborar um mapa da mancha de inundação da área onde há uma obra de uma bacia de detenção, utilizando um Modelo Digital de Elevação (MDE) e o software ArcGIS. A partir desse mapa foi possível observar a área de inundação, a partir dele concluir que a obra está sendo implantada em um local de alto risco de inundação e que será de grande importância para a população inserida no local. Neste trabalho foi apresentado os dados utilizados para elaboração do mapa e a metodologia de elaboração.

**Palavras-Chave:** Mancha de inundação. Bacia de detenção. Macrodrenagem..

## ABSTRACT

BRANCO, RAFAELLA COSTA CASTELO. **Análise qualitativa de macrodrenagem no bairro Primeiro de Maio em Belo Horizonte.** 2023. 42. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, Year.

The consequences of intense urban development, land occupation, and land use without city planning have resulted in various alterations to the Brazilian hydrological system. The channeling of streams and rivers and high soil impermeability in Belo Horizonte have increased water flow in channels, reduced natural storage, and consequently heightened the probability of floods, inundations, and road flooding. Recognizing the need for flood control and reduction, the introduction of macro-drainage techniques and infrastructure at different points in the city became imperative. This study aimed to create a flood map for the area where a detention basin project is underway, utilizing a Digital Elevation Model (DEM) and ArcGIS software. Through this map, it was possible to observe the flood-prone area and, consequently, conclude that the project is being implemented in a high-risk flood zone, underscoring its significant importance for the local population. The paper presents the data used for map development and the methodology employed in this analysis.

**Keywords:** Floodplain. Detention basin. Macrodrainage.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> – Bacias Hidrográficas de Belo Horizonte Caracterizadas pelo PDD .....	17
<b>Figura 3.2</b> – Mapa de Manchas de Inundações em Belo Horizonte .....	18
<b>Figura 3.3</b> – Esquema dos fenômenos enchente, inundação e alagamento .....	19
<b>Figura 3.4</b> – Período de retorno associado a duração da chuva.....	21
<b>Figura 3.5</b> – Caixa de Captação das águas de chuva na Av. Vilarinho .....	23
<b>Figura 3.6</b> – Obra para construção da Praça das Águas - em andamento .....	23
<b>Figura 3.7</b> – Carta de Inundação da Região Norte – Figura 10.....	25
<b>Figura 4.2</b> – Canal paralelo ao Ribeirão Onça .....	28
<b>Figura 4.3</b> – Recorte do polígono retangular utilizado como Área de Estudo .....	29
<b>Figura 4.4</b> – Sobreposição da área de estudo no site USGS .....	30
<b>Figura 4.5</b> – Imagem do satélite e da Área de Estudo projetadas no ArcGIS .....	31
<b>Figura 4.6</b> – Ferramenta “clip” disponível no ArcGIS.....	31
<b>Figura 4.7</b> – Resultado após uso da ferramenta “clip” .....	32
<b>Figura 4.8</b> – Utilização da ferramenta “reclassify” .....	33
<b>Figura 4.9</b> – Utilização da ferramenta “classify” em “reclassify”.....	33
<b>Figura 5.1</b> – Imagem do polígono referente a mancha de inundação.....	34
<b>Figura 5.2</b> – Mapa do Risco de Inundação .....	35
<b>Figura 5.3</b> – Mapa da mancha de inundação .....	35

## Sumário

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Objetivos Específicos .....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1	Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas.....	14
3.2	Micro e Macrodrenagem.....	20
3.2.1	Bacia de retenção.....	22
3.3	Altimetria e dados do SRTM .....	23
3.4	Mancha de inundação .....	24
3.5	Sistema de Georreferenciamento (ArcGIS) .....	25
4	METODOLOGIA .....	26
4.1	Área de Estudo.....	26
4.2	Coleta de Dados .....	29
4.3	Construção do mapa da mancha de inundação .....	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
6	CONCLUSÕES.....	37
7	RECOMENDAÇÕES .....	38
8	REFERÊNCIAS .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

Atrelado ao crescimento populacional, o desenvolvimento urbano tem se destacado em todo o mundo por ser pauta de diversos problemas ambientais e sociais, como o aumento dos desmatamentos, a crescente poluição dos cursos d'água, a piora da qualidade do ar e o aumento das inundações em vias públicas. O processo de ocupação urbana tem como consequência a impermeabilização das vias e as mudanças na trajetória dos rios e córregos, que fazem parte da bacia hidrográfica em que estão inseridos. Contudo, a partir dos avanços técnicos associados à evolução da percepção hídrica, observou-se que as obras urbanísticas sem o devido planejamento estão passíveis de impactar negativamente todo o corpo hídrico local.

Segundo TUCCI (1997), nos anos de 1990, no Brasil estavam em desenvolvimento diversas obras para a canalização dos rios, a fim de transferir as enchentes de um ponto a outro da bacia. As obras de canalização mais antigas foram realizadas, em sua maioria, sem o planejamento urbanístico que levasse em consideração os efeitos adversos em toda a bacia, principalmente à jusante, e os reais benefícios da implementação das canalizações, sendo um importante fator causador do aumento do nível de inundações e enchentes nas cidades.

O pensamento higienista era o mais aplicado e relacionado as obras de drenagem urbana, e se resumia a acelerar o escoamento das águas para à jusante da bacia, reduzindo o tempo de concentração e elevando o pico de cheias nos cursos d'água. Segundo Christofidis, Assumpção e Kligerman (2019, v.43, pp. 94-108) o propósito predominante desta época era reduzir o impacto das cheias, coletando e afastando de imediato as águas pluviais, consideradas inconvenientes, indesejadas e danosas. No livro “Drenagem Urbana e Controle de Enchentes – Segunda Edição”, o autor diz ser notável a mudança na filosofia das soluções estruturais em drenagem urbana. Atualmente o pensamento higienista não é o mais aplicado e as obras tem por objetivo aumentar a eficiência hidráulica dos sistemas de drenagem, retardando os escoamentos, aumentando a infiltração e reduzindo os picos de chuva (CANHOLI, 2014).

No Brasil os sistemas de drenagem urbana se basearam em sistemas hidraulicamente mais eficiente, criando estruturas para conduzir as águas para fora das cidades. A crescente

urbanização no país elevou as obras de canalização dos córregos e rios, para que houvessem mais ruas, o tráfego urbano pudesse ser maior e fluísse melhor.

Em Belo Horizonte as condições naturais da hidrografia da região sofreram muitas alterações, com pequenas exceções de áreas de preservação. Uma das grandes causadoras para essas alterações é a canalização dos cursos d'água durante a urbanização da cidade, como apontado pela Instrução Técnica para Elaboraões de Estudos e Projetos de Drenagem da Prefeitura de Belo Horizonte. A impermeabilização do solo reduziu o armazenamento natural e gerou novas ocorrências de inundações, cada vez mais intensas.

De acordo com informações do Censo IBGE, em 1990 a população rural em Belo Horizonte era equivalente a 0,34% da população total do município e aproximadamente 0,17% da população rural. Após pouco mais de 30 anos o Censo IBGE não identificou nenhuma população rural. A cidade teve um aumento populacional urbano de aproximadamente 18% dos anos 1990 a 2010, explicitando o processo e crescimento da urbanização.

Após anos de desenvolvimento urbano com modificações sem precedentes é necessário aplicar ações de controle e redução dos problemas causados. Medidas estruturais, como obras de macrodrenagem, podem ser utilizadas para conter e/ou reduzir as enchentes em grandes áreas. Neste trabalho será apresentado um estudo referente a obra de macrodrenagem realizada na Zona Norte de Belo Horizonte, que tem o objetivo de conter as enchentes advindas das águas do Ribeirão Pampulha, Córrego Cachoeirinha e Onça, em períodos chuvosos.

A obra aplicada no local é a construção de um grande reservatório de água de chuva do tipo bacia de retenção on-line, com capacidade para conter até 30 milhões de litros d'água (PBH, 2023).

Tendo em vista os efeitos adversos causados pela canalização dos rios e córregos de Belo Horizonte no passado e as atuais medidas de macrodrenagem desenvolvidas, se faz importante o estudo e a análise do local onde a obra está inserida. O aspecto social aparece inicialmente como um importante fator para este estudo, pela alta susceptibilidade das populações às enchentes, inundações e enxurradas na região. A constante ocorrência de

eventos no local de estudo torna importante o conhecimento da área de abrangência da obra em relação à mancha de inundação.

Este trabalho contribui para a sociedade com a compreensão de temas importantes e em constante desenvolvimento. Entender sobre a drenagem urbana do local onde se está inserido, os efeitos das obras realizadas e as causas das enchentes e enxurradas, garante à população maior qualidade ambiental e de vida, uma vez que, com conhecimento, a cobrança pelo desenvolvimento de melhorias pode ser mais efetiva. O presente estudo é realizado em uma área específica de Belo Horizonte, mas pode ser expandido e reproduzido em outras áreas com o mesmo cenário.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Elaborar um mapa da mancha de inundação para a região do bairro Primeiro de Maio em Belo Horizonte, onde há uma obra para contenção de enchentes, e avaliar se está inserida em um local de alto risco.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Compreender o tipo da obra de macrodrenagem e comparar com outros tipos de obras de drenagem que visam a prevenção de enchentes em grandes cidades;
- Realizar o levantamento de informações relacionadas a drenagem na região do bairro Primeiro de Maio, Região Norte de Belo Horizonte;
- Elaborar um mapa da mancha de inundação no local da obra da bacia de detenção e comparar com o mapa disponibilizado pela Prefeitura; e
- Elaborar, caso necessárias, melhorias para o enquadramento da obra em relação a área de inundação.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para que esse trabalho seja desenvolvido e os resultados a serem atingidos sejam compreensíveis, é necessário apresentar conceitos iniciais. A revisão bibliográfica é pautada em cinco conceitos principais, sendo eles: drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, micro e macrodrenagem (bacia de detenção), altimetria e dados do SRTM – Shuttle Radas Topographic Mission, mancha de inundação e sistema de informações geográficas (ArcGIS). Esses conceitos serão base para o desenvolvimento desse estudo e serão o caminho de análise dos resultados.

#### 3.1 Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas

O sistema de drenagem das bacias hidrográficas ocorre através das depressões naturais do terreno, conduzindo as águas pluviais em direção à corpos d'água localizados à jusante da bacia. A Drenagem Urbana, por sua vez, pode ser entendida como um sistema de remoção e controle de escoamento das águas de chuva para encaminhamento a um destino final, com o objetivo de evitar efeitos adversos, como empoçamentos, inundações e assoreamentos (SANTOS, 2007).

A Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, a qual atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, a fim de aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no país, considera a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas como:

*[...] atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem pluvial, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes. (BRASIL,2020).*

A partir da década de 1970 o manejo das águas pluviais sofreu alterações e novas medidas foram aplicadas mundialmente, a fim de simular o ciclo hidrológico, induzir a infiltração e retenção das águas, realizar a integração à cidade, fornecer o controle das inundações, melhor qualidade de vida e realizar menor interferência ao ciclo das águas (IPEA, 2022).

No Brasil, em 1997, através da Lei nº 9.433, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH e criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e tornou a gestão das bacias hidrográficas descentralizada, sendo conduzida pelas prefeituras e sociedade civil organizada, bem como outras instâncias dos governos estadual e federal.

Em Belo Horizonte as obras de drenagem urbana são gerenciadas e padronizadas pela SUDECAP – Superintendência de Desenvolvimento da Capital, juntamente com a administração direta do Poder Executivo. Segundo Decreto Municipal nº 17.556, de 02 de março de 2021, em seu Art. 2º, inciso V, a SUDECAP tem como competência:

*[...] I - implementar a política governamental para o Plano de Obras, bem como a política relativa ao planejamento e à execução dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, em colaboração com a administração direta do Poder Executivo; II -elaborar projetos e executar obras, inclusive em Zonas de Especial Interesse Social - Zeis, conforme os planos definidos pela Smobi; III -executar os serviços e as obras de manutenção dos bens imóveis e logradouros públicos; IV - gerenciar, por delegação específica, os contratos de obras e serviços de engenharia firmados pelo Poder Executivo; V - executar, mediante regime de concessão, os serviços relativos ao abastecimento de água, luz e esgotamento sanitário do Município, inclusive suas atividades acessórias, conforme os planos definidos pela Smobi e em colaboração com os demais entes federados. (BELO HORIZONTE, 2021).*

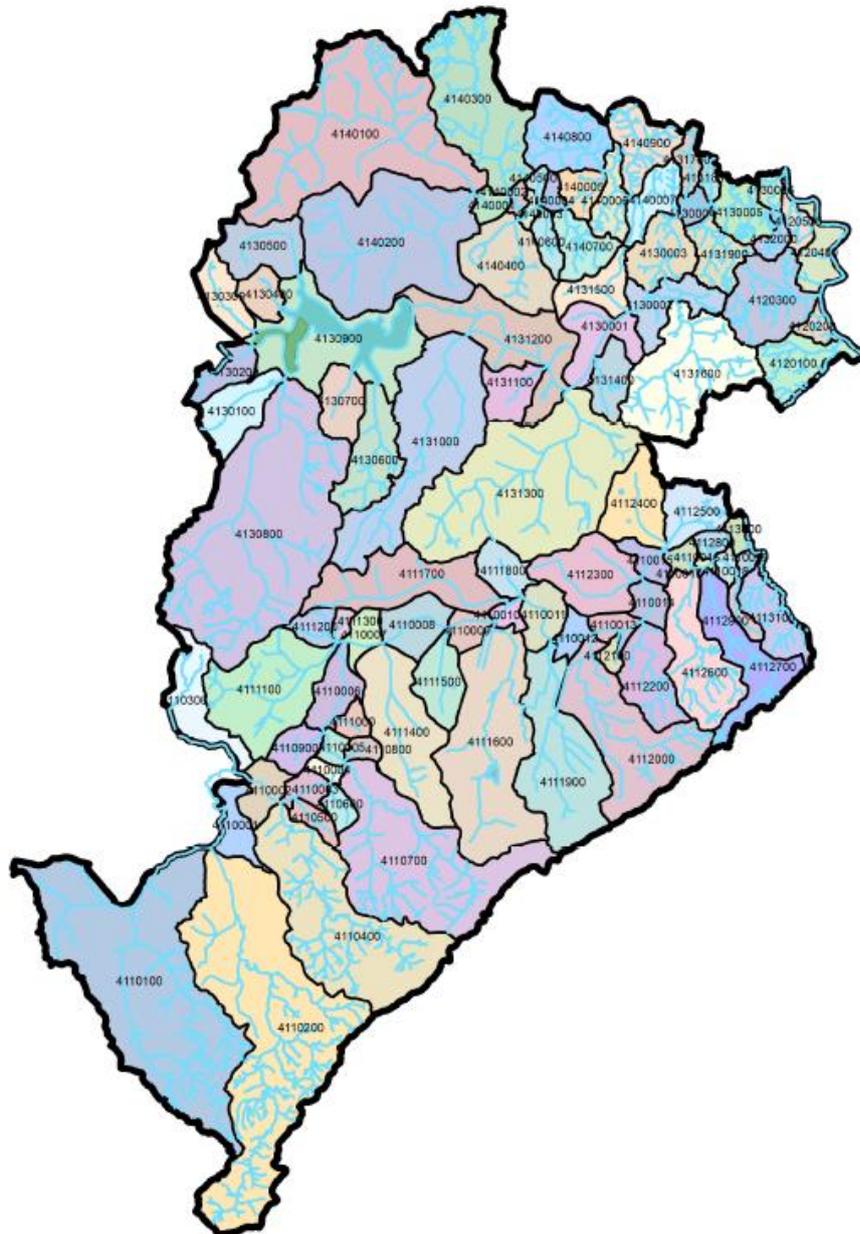
Através do Caderno de Encargos da SUDECAP são apresentadas e estabelecidas a sistemática empregada na execução de dispositivos de drenagem urbana, os requisitos técnicos, equipamentos, execução, controle de qualidade, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços, dimensões e detalhes construtivos.

Ao final da década de 1990 foi elaborado o Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte – PDD, caracterizado como um conjunto de estudos e ações, que se consolidaram em diretrizes para tratamento dos problemas sanitários e ambientais no nível da bacia hidrográfica, viabilizando a mudança no pensamento higienista na cidade (BELO

HORIZONTE, 2022). Ainda segundo o PDD de Belo Horizonte, uma das diretrizes de Drenagem Urbana na cidade é priorizar a adoção de alternativas que integrem os cursos d'água à paisagem natural, com a implantação de parques lineares e soluções de infraestrutura verde. No local de estudo, a obra segue essa diretriz, sendo uma estrutura de ligação com a sociedade próxima e beneficiada pela obra.

Foram delimitadas no município de Belo Horizonte 98 bacias elementares, como pode-se observar na **Figura 3.1**. As sub-bacias de referência deste estudo são as Ribeirão Pampulha (código 4131203) e a do Córrego Cachoeirinha (código 4131303).

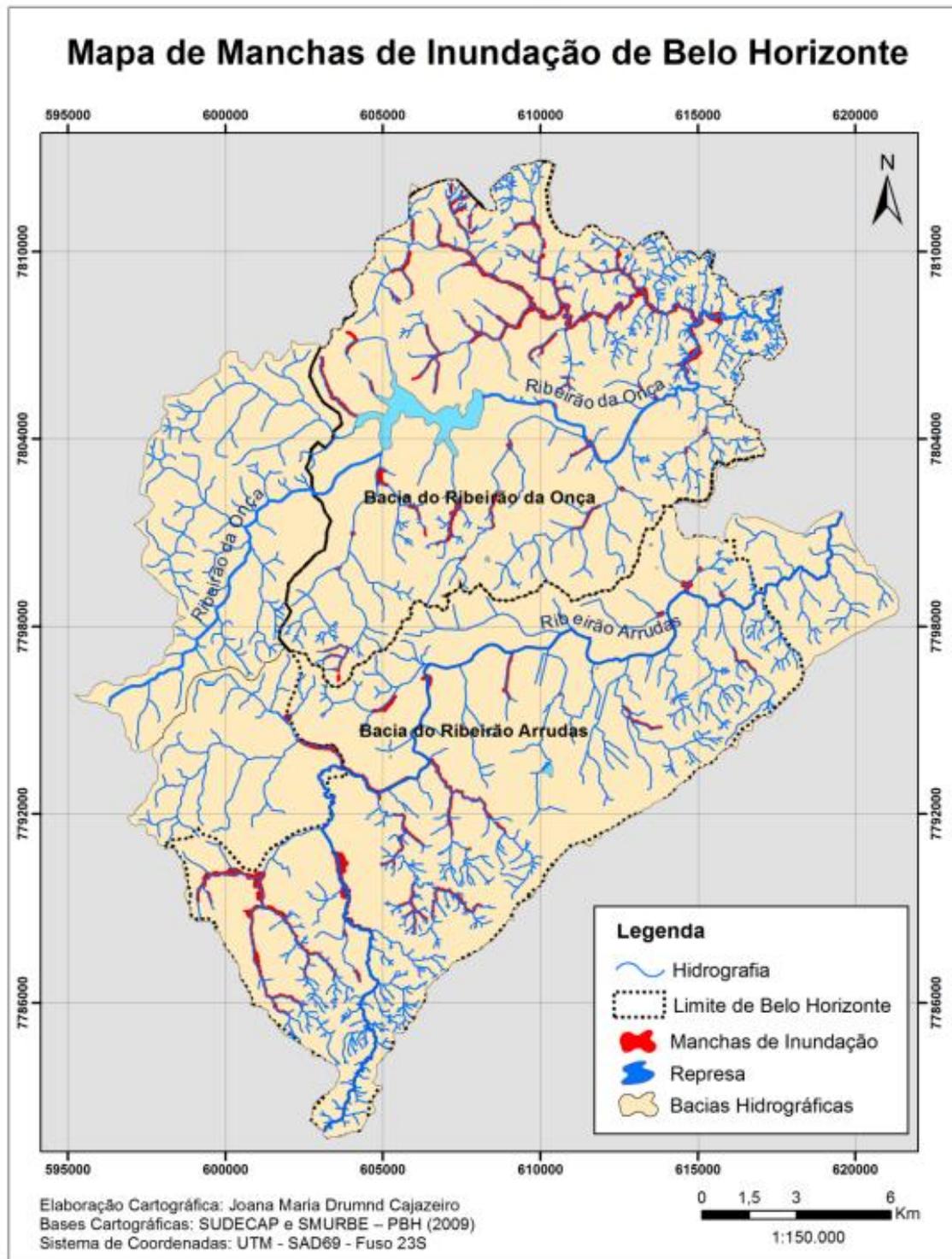
**Figura 3.1** – Bacias Hidrográficas de Belo Horizonte Caracterizadas pelo PDD



Fonte: Belo Horizonte (2022).

Com a expansão urbana em Belo Horizonte, sem o devido planejamento e manutenção da drenagem urbana, diversos pontos de inundação da bacia hidrográfica, **Figura 3.2**, foram ocupados, refletindo em maiores riscos à vida pelas constantes inundações nestes locais.

**Figura 3.2 – Mapa de Manchas de Inundações em Belo Horizonte**



Fonte: SUDECAP e SMURBE – PBH (2009).

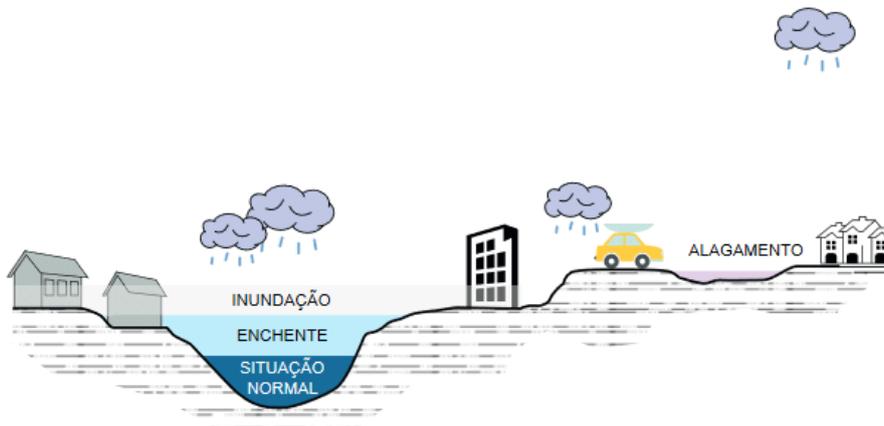
Para reduzir ou, ao menos, controlar as inundações, podem ser utilizadas medidas estruturais e/ou não estruturais. Segundo Tucci (2002) as medidas estruturais são obras de engenharia para conter, reter ou melhorar a condução dos escoamentos superficiais

urbanos, como as bacias de retenção e detenção, telhados verdes e pavimentos permeáveis. Já aquelas não estruturais são medidas mais preventivas, sociais, destinadas ao controle do uso e ocupação do solo, sistema de alerta de inundações, entre outras.

Os conceitos de enchentes, alagamento, inundação e enxurradas muitas vezes são utilizados para a mesma explicação, porém possuem definições diferentes, como ilustrado na **Figura 3.3**.

Enchente é o acréscimo na descarga d'água de um corpo hídrico por um certo período de tempo. É uma situação natural de transbordamento de água do seu leito natural, provocada, geralmente, por chuvas intensas e contínuas. A inundação é o transbordamento das águas de um canal de drenagem, atingindo áreas marginais, também chamadas de planície de inundação. Já os alagamentos são acumulações temporárias, em pontos de difícil escoamento superficial. Por fim, as enxurradas são aqueles escoamentos das águas superficiais com alta energia de deslocamento, capaz de arrastar resíduos culturais e/ou solo (INPE, 2023).

**Figura 3.3** – Esquema dos fenômenos enchente, inundação e alagamento



Fonte: CanalTech - Adaptado de Semasa-SP (2023).

As bacias de detenção são obras de macrodrenagem utilizadas como medida mitigadora para redução das vazões pluviais efluentes de uma bacia hidrográfica e conseqüentemente reduzir os fenômenos pluviais.

Ao comparar uma bacia de detenção com outros projetos de drenagem pode-se observar vantagens e desvantagens em sua utilização. Para implantação de uma bacia de detenção

é necessária uma grande área, sua instalação pode causar riscos à segurança da população em suas margens, além de oferecer risco de proliferação de insetos e doenças de veiculação hídrica (SCHUSTER, 2018). Apesar destas desvantagens, as bacias de detenção também podem ser construídas em parques e praças, oferecendo efeitos paisagísticos em áreas urbanas.

### **3.2 Micro e Macrodrenagem**

O sistema de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas é classificado de acordo com suas dimensões, sendo divididos em micro e macrodrenagem. A microdrenagem urbana é definida pelo sistema de loteamento e contempla sarjetas, estruturas de captação, poços de visita, tubos de ligação e galerias pluviais (BONAVITA; FONSECA, 2019).

A microdrenagem é responsável pela captação e transporte das águas pluviais até o corpo de macrodrenagem. Moutinho (2011), apresenta como principais componentes da microdrenagem as:

- **Galerias:** canalizações que conduzem as águas captadas pelas bocas-de-lobo e ligações prediais;
- **Poços de visita (PV):** dispositivos que permitem acesso para inspeção e manutenção das redes;
- **Bocas-de-lobo:** dispositivos localizados nas sarjetas para captação das águas;
- **Tubos de ligação:** conduzem as águas pluviais até as galerias ou PVs;
- **Sarjetas:** canaletas implantadas junto ao meio-fio destinadas a captação e condução das águas até as bocas-de-lobo.

Para projetar sistemas de microdrenagem é necessário primeiramente calcular o tempo de concentração da bacia, que corresponde ao tempo de duração de uma chuva na bacia de estudo. O segundo passo é definir o tempo de retorno, associado ao risco de ocorrência de um evento. O período de retorno para ocupações residenciais é de cerca de 2 anos, outros tipos de ocupação podem ter esse tempo aumentado para até 10 anos (Belo Horizonte, 2022).

Por fim, para projetar um sistema de microdrenagem, deve-se determinar a chuva de projeto através de algumas fórmulas, sendo a utilizada pela SUDECAP nos projetos de

Belo Horizonte a IDF – Equação da Intensidade, Duração e Frequência. A expressão geral utilizada é a Equação IDF de Pinheiro e Naghettini (1998):

$$i_{T,d} = 0,7642 * d^{0,7059} * p^{0,5360} * \mu_{T,d} \quad Eq. (3.1)$$

Onde:  $\mu$ = valor tabelado associado ao período de retorno e duração da chuva (**Figura 3.4**);  
 i= intensidade, em mm/h;  
 d= duração da chuva, em h;  
 p= precipitação média anual no local, em mm;

**Figura 3.4** – Período de retorno associado a duração da chuva

Durações (minutos)	Período de retorno (anos)										
	1,05	1,25	2	10	20	25	50	100	200	500	1000
10	0,691	0,828	1,013	1,428	1,586	1,620	1,791	1,945	2,098	2,300	2,452
15	0,695	0,830	1,013	1,422	1,578	1,612	1,780	1,932	2,083	2,282	2,432
30	0,707	0,836	1,013	1,406	1,557	1,589	1,751	1,897	2,043	2,235	2,380
45	0,690	0,827	1,013	1,430	1,589	1,623	1,795	1,949	2,103	2,305	2,459
60	0,679	0,821	1,014	1,445	1,610	1,646	1,823	1,983	2,143	2,353	2,512
120	0,683	0,823	1,014	1,439	1,602	1,637	1,813	1,970	2,128	2,335	2,492
180	0,679	0,821	1,014	1,445	1,610	1,646	1,823	1,983	2,143	2,353	2,512
240	0,688	0,826	1,013	1,432	1,591	1,626	1,798	1,953	2,108	2,311	2,465
480	0,674	0,818	1,014	1,451	1,618	1,654	1,834	1,996	2,157	2,370	2,531
840	0,636	0,797	1,016	1,503	1,690	1,730	1,931	2,112	2,292	2,530	2,710
1440	0,603	0,779	1,017	1,550	1,754	1,798	2,017	2,215	2,412	2,672	2,868

Fonte: Belo Horizonte (2022).

Em Belo Horizonte os estudos e projetos de drenagem seguem os padrões da SUDECAP e devem ser justificados caso haja adoção de dispositivos fora do padrão.

Já o sistema de macrodrenagem é formado pelo conjunto de canais, naturais ou artificiais, grandes galerias e estruturas auxiliares. É responsável pela captação das águas advindas da microdrenagem e pela condução até o destino final (BRASIL, 2004).

As obras de macrodrenagem possuem algumas necessidades para serem realizadas, como a melhora no saneamento das áreas alagáveis, ampliação da malha viária e do sistema de microdrenagem, além de objetivar evitar a contribuição de sedimentos e disposição inadequada de resíduos.

Grandes obras como a retificação e/ou ampliação dos cursos naturais, construções de canais artificiais ou galerias de grandes dimensões fazem parte das alterações na macrodrenagem local.

As obras realizadas na região de estudo deste trabalho são referentes a macrodrenagem de Belo Horizonte e à redução das inundações locais (PBH, 2023).

Existem diversas soluções para o controle das cheias e redução das inundações em grandes centros urbanos, sendo elas medidas estruturais como: diques de contenção, bacias de amortecimento (retenção e detenção), reservatórios de águas pluviais, barramentos e canalizações (TUCCI, 2005).

Os diques de contenção, são estruturas que realizam o isolamento da água da chuva, para a proteção de áreas ribeirinhas e locais de baixa altitude próximas a rios e ao mar. Fazem parte de um sistema conhecido como pôlderes, popularmente utilizado na Holanda. Em São Paulo, também tem sido utilizada tais estruturas em diversos locais, como na Marginal Tietê, onde, segundo matéria do portal do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – SigRH, serão realizadas melhorias nas estruturas da região através do programa IntegraTietê.

As bacias de amortecimento são grandes reservatórios construídos para armazenamento temporário das águas das chuvas, reduzindo o risco de inundações e alagamentos. São normalmente utilizadas em áreas altamente urbanizadas e que sofrem com problemas de escoamento das águas pluviais nas bacias. Em Belo Horizonte estão em desenvolvimento mais de 80 obras para mitigar riscos geológicos e hidrológicos, entre elas, estão sendo realizadas 5 grandes obras de bacias de amortecimento, em diferentes regiões da cidade (PBH, 2023).

### **3.2.1 Bacia de detenção**

As bacias de detenção são estruturas de detenção temporária que conservam as águas das cheias por um período de tempo suficiente para que haja o controle das inundações. Podem ser a céu aberto ou subterrâneas (TAVANTI, 2009).

Em Belo Horizonte diversas obras para contenção das inundações foram projetadas e estão em execução. Um exemplo de obra do mesmo tipo implementada no município é a caixa de captação de água de chuva da Avenida Vilarinho (**Figura 3.5**). A estrutura drena o excesso de águas sobre as vias durante os eventos chuvosos mais intensos, reduz o risco de elevação da lâmina d'água na região e o tempo de permanência da água sobre a pista. A obra de referência a este estudo (**Figura 3.6**) trata-se da estruturação de um reservatório de detenção.

**Figura 3.5** – Caixa de Captação das águas de chuva na Av. Vilarinho



Fonte: Portal CMBH (2021).

**Figura 3.6** – Obra para construção da Praça das Águas - em andamento



Fonte: PBH (2023).

### **3.3 Altimetria e dados do SRTM**

A altimetria representa a medição da altitude de uma área, é a parte da topografia que tem como objetivo determinar as alturas relativas de diferentes pontos do terreno, ou seja, ao realizar um levantamento altimétrico objetiva-se determinar as curvas de nível do local.

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission, foi uma missão realizada pelas instituições National Imagery and Mapping Agency (NIMA) e National Aeronautics and Space

Administration (NASA) em fevereiro de 2000, que durou 11 dias e tinha como objetivo obter um Modelo Digital de Elevação (MDE) da Terra a fim de gerar uma base de cartas topográficas digitais terrestres de alta resolução (NASA, 2023).

Os dados altimétricos capturados pelo SRTM foram realizados utilizando a técnica chamada de interferometria, que é o estudo dos padrões de interferência causados por sinais de radar recebidos em duas antenas diferentes. O instrumento utilizou uma antena principal, presa a uma estrutura parafusada no compartimento de carga do ônibus espacial, que transmitiu o pulso do radar e uma antena externa, fixada na extremidade do mastro, que continha painéis especiais que permitiam receber o mesmo pulso retornado da antena principal.

Segundo NASA (2023), praticamente toda a superfície terrestre entre +/- 60 graus de latitude foi mapeada pelo SRTM, obtendo dados de mais de 80% da massa terrestre da Terra. Os dados obtidos fornecem informações que tornam possível a criação de mapas topográficos mais detalhados que uma imagem de câmera fotográfica, por exemplo.

Os dados são distribuídos em formato raster pelo EROS Data Center, controlado pelo United States Geological Survey (USGS) e podem ser acessados em formato HGT, comumente utilizados em software GIS, com resolução radiométrica de 16 bits. Os MDEs são organizados em tiles de 1°x1° e oferecem 30 m de resolução vertical para os Estados Unidos e 90 m de resolução vertical para as outras localidades.

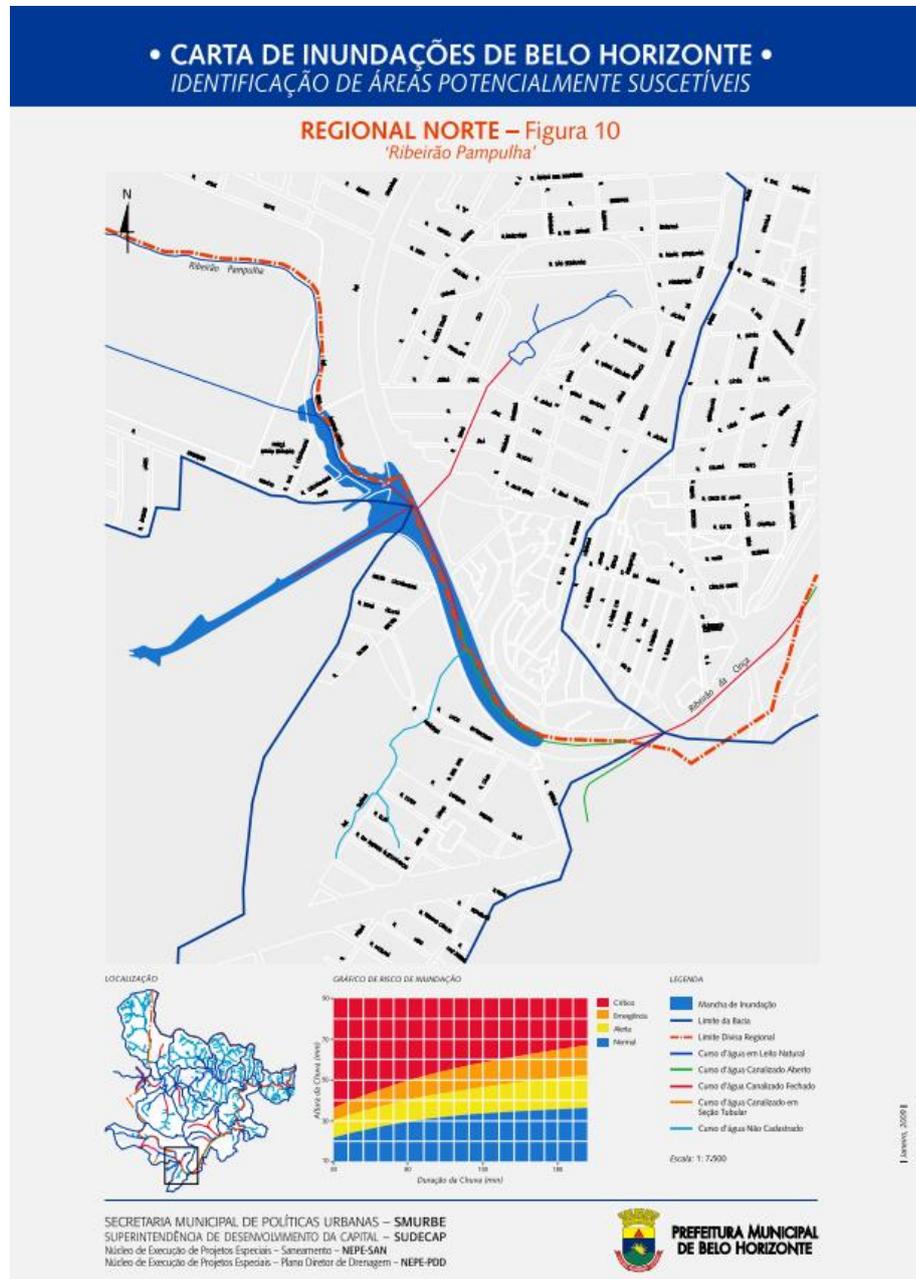
### **3.4 Mancha de inundação**

Mancha de inundação é a delimitação de uma área atingida pelas cheias dos cursos d'água. Para planejamento de melhorias de drenagem em áreas inundáveis e redução dos riscos são elaborados mapas de inundação. Segundo Tucci (2005) os mapas de inundação podem ser do tipo de planejamento, onde áreas atingidas por cheias são definidas a partir de um tempo de retorno escolhida, e mapas de alerta, feitos com base nas observações do nível de água dos cursos d'água.

O mapeamento de áreas inundáveis pode ser feito através de um sistema de geoprocessamento onde são relacionados o modelo digital do terreno e os perfis da linha d'água dos eventos de cheia com diferentes probabilidades. A partir destes mapas pode-se realizar o zoneamento das áreas de alto risco, assim será possível planejar as ocupações, elaborar medidas de prevenção e de defesa a desastres hidrológicos.

A Prefeitura de Belo Horizonte disponibiliza cartas de inundação utilizadas em seus projetos. A carta apresentada na **Figura 3.7** abaixo é a utilizada no projeto de estudo deste trabalho.

**Figura 3.7 – Carta de Inundação da Região Norte – Figura 10**



Fonte: PBH (2019).

### 3.5 Sistema de Georreferenciamento (ArcGIS)

O Sistema de Informações Geográficas, comumente chamado por SIG, é um sistema que processa dados gráficos e não gráficos realizando a modelagem de superfícies. Um SIG possui

dados de informações espaciais e oferece mecanismos para combinar diversas informações através de dados geográficos (INPE, 2006)

Um SIG é formado pela interface com o usuário, através dela é possível dar entrada e realizar a integração de dados, além da visualização e processamento de gráficos e imagens. É possível armazenar e recuperar dados, desde que estejam em forma de um banco de dados geográficos.

O ArcGIS é uma tecnologia de SIG capaz de capturar, visualizar, editar, gerenciar, analisar e compartilhar dados no contexto da localização (ESRI, 2023). O software é constituído por diversas ferramentas, como: ArcCatalog, destinado para o gerenciamento dos dados a serem trabalhados; ArcMap, local onde é possível trabalhar com os dados, e ArcToolBox, onde é possível encontrar diversas ferramentas que permitem realizar operações mais elaboradas, como exportar uma tabela de atributos do ArcMap para o Microsoft Excel. Outra função do software ArcGIS é o Reclassify, utilizado para o desenvolvimento deste trabalho, que permite reclassificar ou alterar os valores das células para valores alternativos.

#### **4 METODOLOGIA**

O desenvolvimento metodológico aplicado neste trabalho consistiu em etapa qualitativa, sendo ela, o desenvolvimento do referencial teórico para base do desenvolvimento da pesquisa e etapa quantitativa, a realização do mapa de inundação da área de estudo.

Segundo Martins (2004) a pesquisa qualitativa consiste em uma análise de microprocessos com maior inspeção dos dados, alinhando conhecimentos prévios à pesquisa, através de um caráter mais crítico. Já a metodologia quantitativa é menos crítica e adota procedimentos bem delimitados, restringindo a subjetividade do pesquisador.

Para este trabalho foi utilizada para comparação ao mapa desenvolvido como resultado quantitativo, a Carta de Inundação da Região Norte – Figura 10 (**Figura 3.7**), referente ao Ribeirão Pampulha.

##### **4.1 Área de Estudo**

O presente estudo tem foco na análise das obras de macrodrenagem localizadas na Avenida Cristiano Machado, no Bairro Primeiro de Maio, em Belo Horizonte/MG. As obras estão inseridas na Bacia Hidrográfica Federal do Rio São Francisco, Bacia Hidrográfica Estadual do

Rio das Velhas e sub-bacia do Ribeirão Onça, localizadas próxima as coordenadas geográficas 19°51'50.15" S e 43°55'43.78" W.

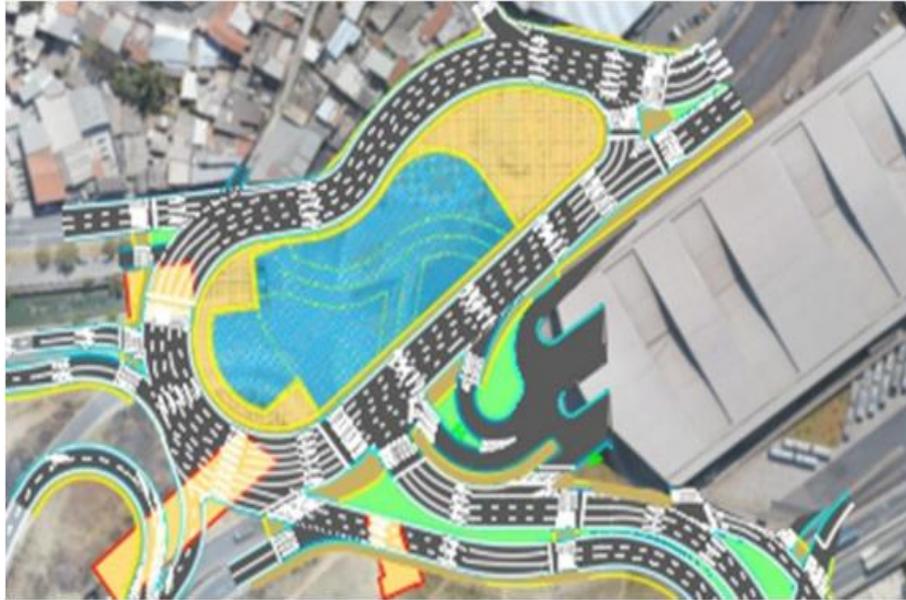
A Bacia Hidrográfica Federal do Rio São Francisco corresponde a 8% do território nacional, segundo o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – CBHSF (2023), com uma área de drenagem de mais de 639.219 km<sup>2</sup>. Possui grande diversidade de biomas, sendo contemplada pela floresta atlântica, cerrado, caatinga, costeiros e insulares. Em relação a realidade socioeconômica, são observados grande desigualdade, sendo identificados índices de mortalidade infantil variável de 25,66% até 64,38%, IDH de 0,823 em algumas regiões e de 0,538 em outras.

O projeto consiste na construção de estruturas no encontro entre o Ribeirão Pampulha e Córrego Cachoeirinha, a fim de amortecer as águas advindas de montante para jusante e reduzir o risco de inundações na região.

A área sofre anualmente com problemas relacionados a inundação, como em fevereiro do ano de 2021, que diversas casas foram destruídas por temporais. Ao menos sete casas cederam após a inundação, móveis, roupas e eletrodomésticos também foram perdidos, como noticiou o Jornal Estado de Minas.

O esquema final das obras na região pode ser visualizado na **Figura 4.1**. Até o momento deste estudo estão sendo realizadas obras da primeira etapa do sistema de macrodrenagem e construção da Praça das Águas, sendo elas a implantação de um canal paralelo ao Ribeirão Onça (**Figura 4.2**), estrutura hidráulica entre o Córrego Cachoeirinha e Ribeirão Pampulha, adequação da geometria viária do entorno e o remanejamento do interceptor de esgotos da área do empreendimento (PBH, 2023).

**Figura 4.1** – Planta geral do Projeto – Praça das Águas



Fonte: PBH (2022).

**Figura 4.2** – Canal paralelo ao Ribeirão Onça

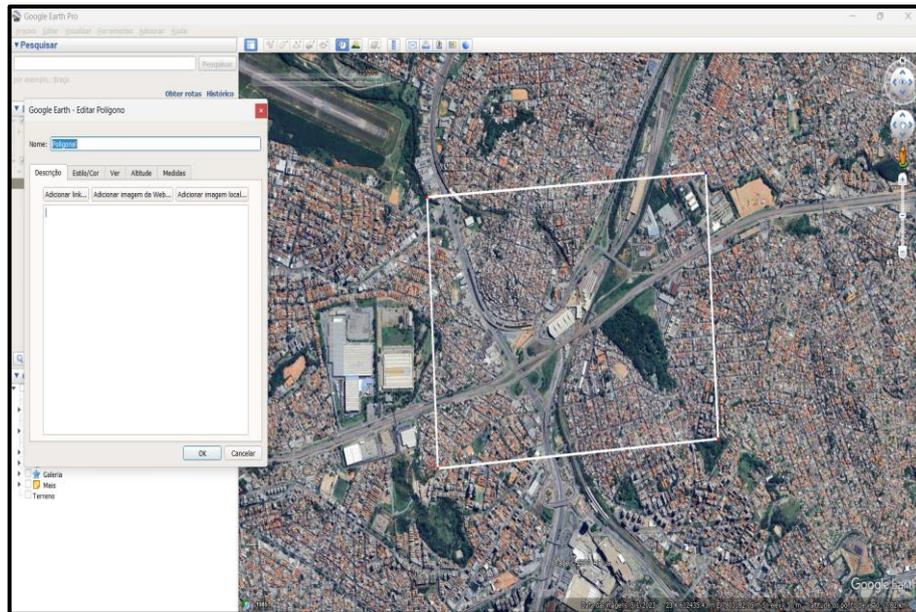


Fonte: PBH (2023).

A estrutura hidráulica entre o Ribeirão Pampulha e Córrego Cachoeirinha será um reservatório de retenção e terá capacidade para armazenar cerca de 30 milhões de litros de água. As obras da primeira etapa estão previstas para terminar no segundo semestre de 2024 e a conclusão de todo o projeto para final de 2026 (PBH, 2023).

Para desenvolvimento e melhor análise dos resultados foi definida uma área de estudo, localizada no local do projeto. Através do programa Google Earth foi criado um polígono retangular (**Figura 4.3**), um recorte da área de inundação destacada pela prefeitura, possível de ser observada na **Figura 3.7** deste trabalho.

**Figura 4.3** – Recorte do polígono retangular utilizado como Área de Estudo



Fonte: Elaborado pela autora - feito a partir do programa Google Earth (2023).

## 4.2 Coleta de Dados

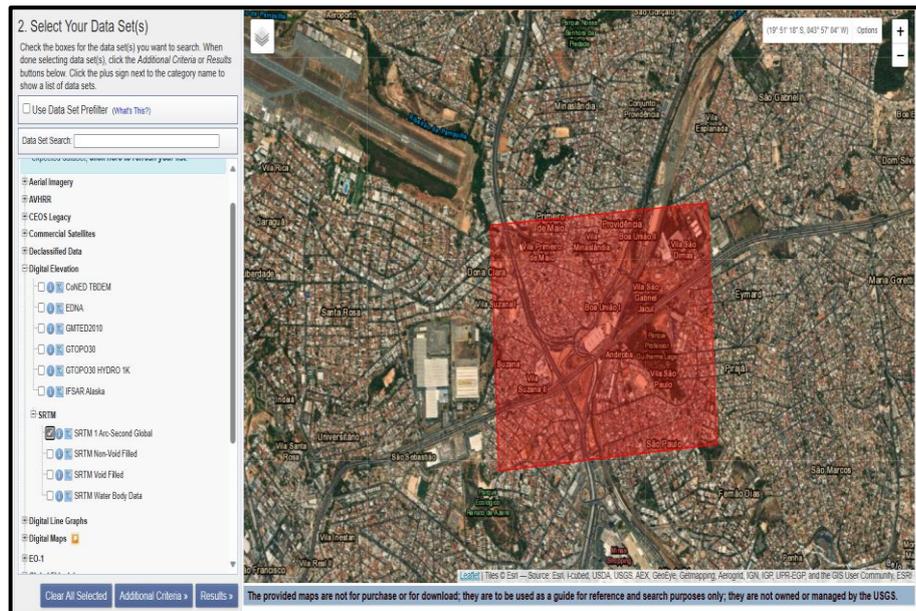
Para execução da pesquisa foi necessário compreender quais os principais tópicos para o conhecimento das intervenções realizadas na área de estudo e dos fatores hidrológicos que influenciam nas inundações, para ser possível elaborar um mapa da mancha de inundação.

Através da revisão bibliográfica foram considerados os dados hidrográficos da região, a altimetria, o histórico de inundações e o delineamento do Ribeirão Pampulha, Onça e Córrego Cachoeirinha.

Os dados hidrográficos da região foram retirados da base de dados históricos da ANA – Agência Nacional das Águas. Estes dados são referentes aos Cursos d'Água da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Os arquivos shape estão disponíveis no site da ANA para serem baixados gratuitamente.

Os dados de altimetria foram coletados do site EarthExplorer (usgs.gov), onde é possível realizar o download de imagens do SRTM, com dados de elevação topográfica da área. O site fornece dados gratuitamente, basta realizar o cadastro criando uma conta. Para realizar o download somente da área de estudo definida anteriormente, foi preciso adicionar a poligonal recortada no site USGS e então obter a imagem no formato GeoTIFF (**Figura 4.4**).

**Figura 4.4** – Sobreposição da área de estudo no site USGS



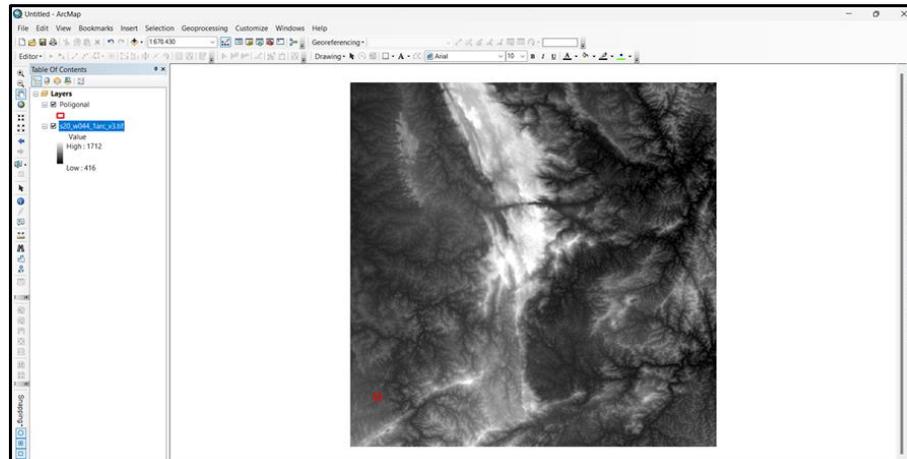
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 4.3 Construção do mapa da mancha de inundação

Para elaboração do mapa de inundação foi utilizado o software ArcGIS e inicialmente foi necessário alterar o sistema de coordenadas no aplicativo para que estivesse de acordo com os dados referentes aos cursos d'água e de altimetria da região. Foi definido o sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000 como base de todo o projeto.

Após definidas as coordenadas é possível começar a desenvolver o mapa, para isso deve-se carregar a poligonal criada no Google Earth referente a Área de Estudo e a imagem de satélite SRTM, baixada no site USGS (**Figura 4.5**).

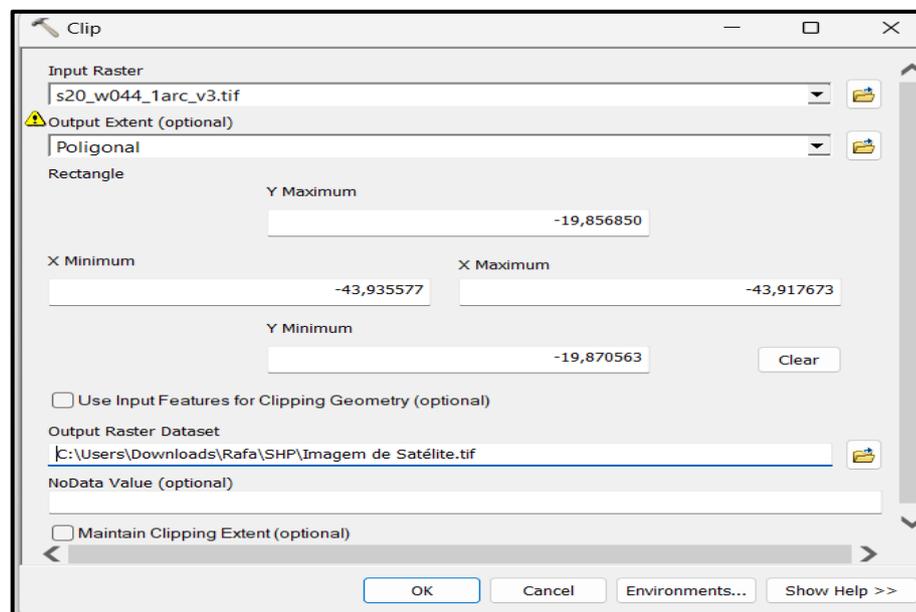
**Figura 4.5** – Imagem do satélite e da Área de Estudo projetadas no ArcGIS



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Como a Área de Estudo é menor que a imagem de satélite disponível, é necessário realizar o recorte desta área utilizando a ferramenta do ArcGIS chama “clip (data management)” (**Figura 4.6**).

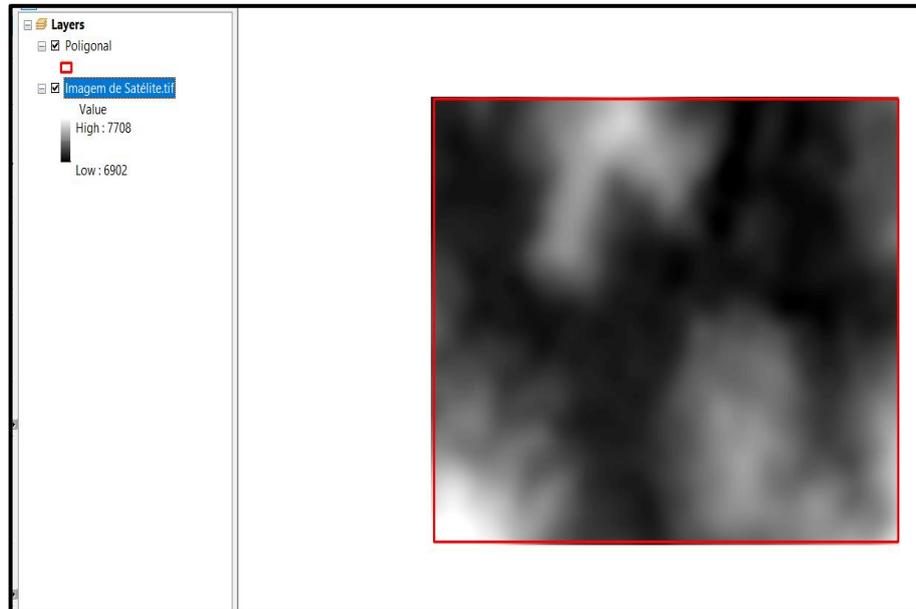
**Figura 4.6** – Ferramenta “clip” disponível no ArcGIS



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Após preenchimento dos dados e recorte da imagem tem-se a imagem de satélite recortada (**Figura 4.7**), porém ela deve ser tratada para que os dados de elevação e os cursos d’água apareçam.

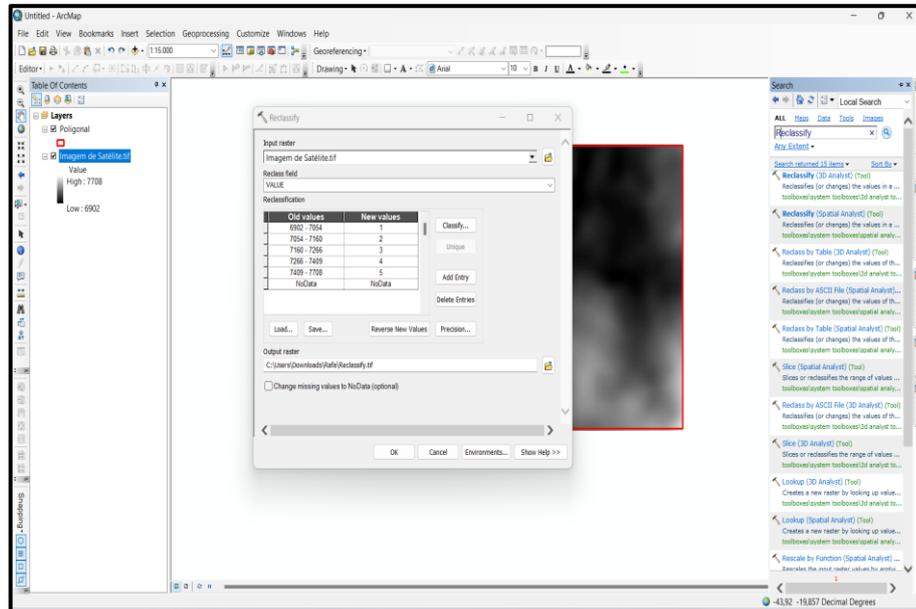
**Figura 4.7** – Resultado após uso da ferramenta “clip”



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

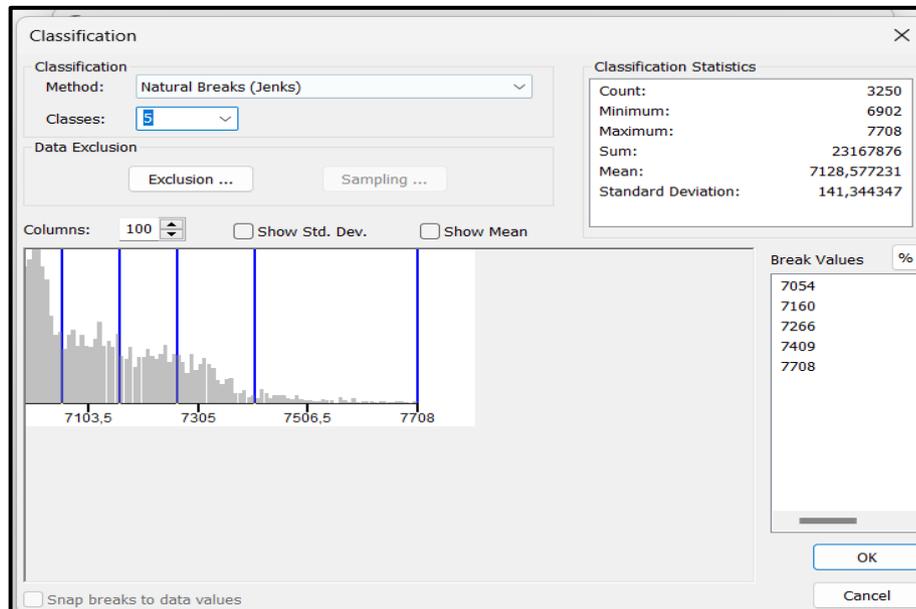
É necessário, então, utilizar uma ferramenta que dê cor a imagem, classifique a quantidade de itens utilizada e seja possível a visualização dos níveis de elevação do terreno. A ferramenta “reclassify” deve ser utilizada para esse fim seguindo os passos das **Figuras 4.8 e 4.9** a seguir:

**Figura 4.8** – Utilização da ferramenta “reclassify”



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 4.9** – Utilização da ferramenta “classify” em “reclassify”



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

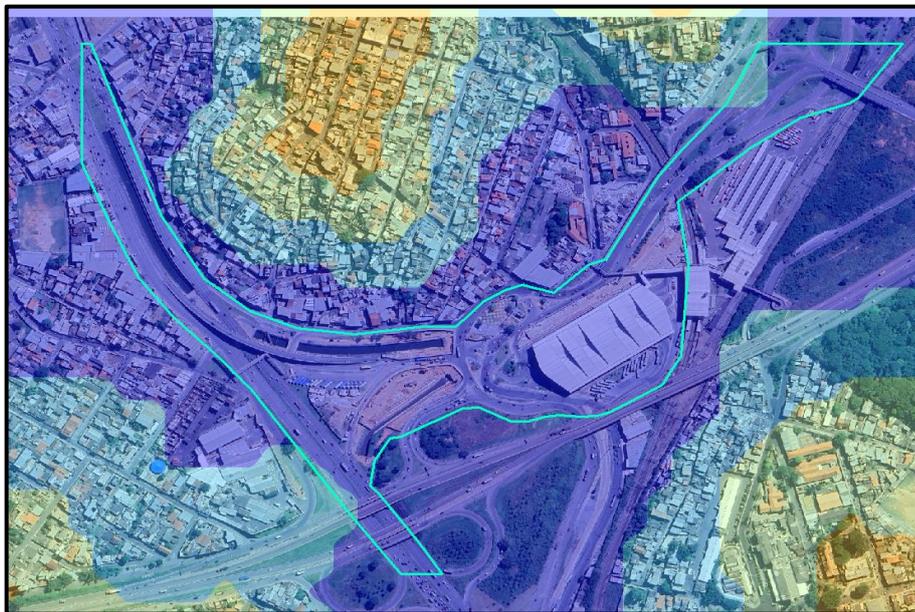
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mancha de inundação elaborada, pode, enfim, ser visualizada. Porém não está definida e demarcada, já que a base de dados SRTM não consegue diferenciar as elevações topográficas e as elevações de construção, como prédios e antenas. Segundo Oliveira, Guasseli e Saldanha (2009), em seu estudo os dados SRTM se mostraram de baixa confiabilidade em áreas de extensas planícies e que não é recomendável utilizar os dados SRTM como única fonte de informação.

Sobre mapas que utilizam os dados SRTM, segundo Arash (2023, apud ABIB, 2023, p. 58) estão sujeitos a maiores incertezas, já que os MDEs apresentam baixa resolução.

Deste modo, utilizando o Google Earth foi feita a sobreposição e demarcação da mancha de inundação, seguindo as imagens de satélite e o conhecimento referente a construções na área de execução do Projeto. A partir desta configuração foi possível obter a Mancha de inundação apresentada na **Figura 5.1**, a seguir.

**Figura 5.1** – Imagem do polígono referente a mancha de inundação



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Após a elaboração e tratamento dos dados foi possível obter o mapa final de risco de inundação e da mancha de inundação da área de estudo, eles são apresentados a seguir.

**Figura 5.2 – Mapa do Risco de Inundação**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 5.3 – Mapa da mancha de inundação**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Vale ressaltar que os locais onde há a presença de cursos d'água, mas não é contemplada pela mancha de inundação, foram locais onde identificou-se maior elevação, sendo um local onde a água não chegaria.

O mapa elaborado segue somente dados de escoamento dos cursos d'água e de altimetria, portanto pode conter erros na elaboração da mancha de inundação por não se atentar a outras

características fundamentais para relacionar às inundações, como os dados pluviométricos exatos na região e a ocupação e uso do solo.

Porém ao comparar o mapa elaborado neste trabalho e o mapa da mancha de inundação apresentado pela Prefeitura de Belo Horizonte (**Figura 3.7**) é possível concluir que o desenvolvimento foi satisfatório e o Projeto “Parque da Águas” está em um local de grande potencial de inundação, cumprindo com o objetivo de conter as águas provenientes da chuva e reduzir o risco de inundação no local.

Comparando os mapas de inundação percebe-se que a área onde está sendo projetada a bacia de contenção é um local de escoamento e encontro de corpos d’água, influenciando o acúmulo de água na área em épocas de chuva e sendo um bom local para instalação de obras deste tipo.

## 6 CONCLUSÕES

Essa pesquisa buscou elaborar um mapa de inundação e comparar com outro já disponibilizado pela Prefeitura de Belo Horizonte, para melhor compreensão da escolha de localização da bacia de contenção em elaboração no bairro Primeiro de Maio, Região Norte de Belo Horizonte. O desenvolvimento do mapa da mancha de inundação demandou a utilização de dados altimétricos e o conhecimento prévio pela área de estudo, sendo possível identificar os locais que estão passíveis de sofrer com alagamentos e conseqüentemente os locais que serão atendidos pela construção da bacia de contenção.

A área de inundação elaborada ocorre no encontro dos três cursos d'água presentes na área de estudo, desse modo, conclui-se que a construção de uma bacia de detenção no local será de grande valia para a população que sofre com eventos hidrológicos extremos. Visto que os mapas estão em comum acordo não se faz necessário diferenciar e mudar a área de inundação utilizada nas obras municipais.

A partir das comparações realizadas observa-se que a Prefeitura tem utilizado de dados acertados e assim, elaborando bons projetos para contenção de enchentes, inundações e alagamentos.

## **7 RECOMENDAÇÕES**

Recomenda-se que os trabalhos apliquem tecnologias de drenagem, através da construção de mapas de inundação, como o criado neste trabalho, para conter enchentes, inundações e alagamentos em outras áreas da cidade. É importante recomendar também a busca por estudos que implementem projetos de macrodrenagem como o apresentado em conjunto com tecnologias mais atuais e sustentáveis.

Também é recomendável que sejam desenvolvidas melhorias nas bases de dados utilizadas para elaboração dos mapas de inundação, como a elevação do terreno e as curvas de nível, trazendo melhorias na hora de combinar os arquivos e por consequência apresentar uma área de estudo mais correta.

## 8 REFERÊNCIAS

ABIB, Viviane Caroline Oliveira. **Mapeamento de áreas inundáveis através de sensoriamento remoto: análise de incertezas**. 2023. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023. Disponível em:

[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/30273/DIS\\_PPGEA\\_2023\\_ABIB\\_VIVIANE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/30273/DIS_PPGEA_2023_ABIB_VIVIANE.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 11 dez. 2023.

BAPTISTA, Márcio Benedito; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 1ª edição Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p.

BELO HORIZONTE (Município). **Constituição (2021). Decreto nº 17556, de 2 de março de 2021**. Dispõe sobre a estrutura organizacional da Superintendência de Desenvolvimento da Capital. Belo Horizonte, MG. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/decreto/2021/1756/17556/decreto-n-17556-2021-dispoe-sobre-a-estrutura-organizacional-da-superintendencia-de-desenvolvimento-da-capital>. Acesso em: 30 abr. 2021.

BELO HORIZONTE. PREFEITURA. **Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem**. Disponível em: [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/capitulo1\\_drenagemurbanaembhlaedicao\\_0.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/capitulo1_drenagemurbanaembhlaedicao_0.pdf). Acesso em: 25 ago. 2023.

BELO HORIZONTE. **Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem Apêndice 1 - Intensidade, Duração e Frequência (IDF) para a Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH**. [s.l.: s.n.]. 2022 Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/Ap%C3%AAndice%201%20-%20CurvaIDF.pdf>>.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3 ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004; 408 p. ISBN: 85-7346-045-8.

BRASIL, Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1990.

BONAVITA, Georgia Dutra de Oliveira; FONSECA, Paulo Luiz da. **Análise de sistemas de microdrenagem – as built e as possíveis interferências em áreas urbanas**. Labor e Engenho, v. 13, p. e019007, 25 set. 2019.

CANALTECH. **Qual é a diferença entre enchente, inundação e alagamento?** Disponível em: <https://canaltech.com.br/meio-ambiente/voce-sabe-qual-e-a-diferenca-entre-enchente-inundacao-e-alagamento-235332/>. Acesso em: 28 set. 2023.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. (2. ed.). Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=BPAtCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP25&dq=vis%C3%A3o+higienista+drenagem+urbana&ots=9XslGnPaa0&sig=J5Y4FWtDurtOgBq3JbVSijYQ2zY#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 28 abr. 2023.

CHRISTOFIDIS, DEMETRIOS; ASSUMPÇÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes e Kligerman, Débora Cynamon. **A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza**. Saúde em Debate [online]. 2019, v. 43, n. spe3 [Acessado 16 Setembro 2023], pp. 94-108. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103->

11042019S307. Epub 13 Jan 2020. ISSN 2358-2898. <https://doi.org/10.1590/0103-11042019S307>.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO – CBHSF. **A Bacia**. 2023. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/bacia/#:~:text=A%20bacia%20hidrogr%C3%A1fica%20do%20rio,de%20Alagoas%20e%20de%20Sergipe>. Acesso em: 18 nov. 2023.

COSTA, Alexander Josef Sá Tobias da; ROCHA, Ítalo Vinicius da Silva. **O Uso de Grandes Reservatórios para a Armazenagem da Água da Chuva no Controle de Enchentes Urbanas**. 2019. Disponível em: [https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII\\_2/agb\\_xxiii\\_2\\_web/agb\\_xxiii\\_2-16.pdf](https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII_2/agb_xxiii_2_web/agb_xxiii_2-16.pdf). Acesso em: 02 maio 2023.

ESRI. **Sobre o ArcGis: arcgis: o software líder de mapeamento e análise espacial. ArcGIS: O software líder de mapeamento e análise espacial**. 2023. Disponível em: <https://www.img.com.br/pt-br/arcgis/visao-geral/visao-geral>. Acesso em: 13 out. 2023.

INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Tutorial de geoprocessamento**. 2006. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>. Acesso em 29 out. 2023.

INPE, Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras as Mudanças Climáticas. **Aspectos conceituais sobre riscos de inundações e enchentes na RMSP**. 2023. Disponível em: <[http://megacidades.ccst.inpe.br/sao\\_paulo/banco\\_dados/apendice4.php](http://megacidades.ccst.inpe.br/sao_paulo/banco_dados/apendice4.php)>. Acesso em: 17 set. 2023.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **TD 2791 – Drenagem e manejo sustentável de águas pluviais urbanas: o que falta para o Brasil adotar?**. 2022, p. 1-52. DOI.org (Crossref), <http://dx.doi.org/10.38116/td2791>. Acesso em: 09 dez. 2023.

MARTINS, Heloisa Helena T. de Souza. **Metodologia qualitativa de pesquisa**. Educ. Pesqui. [online]. 2004, vol.30, n.02, pp.289-300. ISSN 1517-9702.

MOUTINHO, Vinícius de Mello. **Avaliação e Reabilitação de Redes de Micro-Drenagem**. 2011. Monografia para conclusão do Curso de Engenharia Civil da UFRJ. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/8058>. Acesso em: 17 set. 2023.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Shuttle Radar Topography Mission: Mission to Map the World**. 2023. Disponível em: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/mission.htm>. Acesso em: 10 nov. 2023.

OLIVEIRA, Guilherme Garcia de; GUASSELLI, Laurindo Antonio; SALDANHA, Dejanira Luderitz. **Avaliação da qualidade da drenagem extraída a partir de dados SRTM**. 2009. Disponível em: [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/45e0379d6ac5d15933817eb074794cfd\\_56b433a1cafe690b94c51f9a38081ca6.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/45e0379d6ac5d15933817eb074794cfd_56b433a1cafe690b94c51f9a38081ca6.pdf). Acesso em: 11 dez. 2023.

PINHEIRO, Márcia Maria Guimarães; NAGHETTINI, Mauro. **Análise regional de frequência e distribuição temporal das tempestades na região metropolitana de Belo Horizonte – RMBH**. 1998. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/citations?view\\_op=list\\_works&hl=pt-BR&hl=pt-BR&user=\\_tSvHWUAAA AJ](https://scholar.google.com.br/citations?view_op=list_works&hl=pt-BR&hl=pt-BR&user=_tSvHWUAAA AJ).

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Obras de melhoria do ambiente urbano são destaque de 2022 da PBH.** 2023. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/obras-de-melhoria-do-ambiente-urbano-sao-destaque-de-2022-da-pbh>. Acesso em: 29 abr. 2023.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Obras para prevenção de enchentes.** 2023. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/obras-para-prevencao-de-enchentes>. Acesso em: 20 out. 2023.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. SUDECAP. **Licitação SMOBI 023/2022-RDC - Anexo 1.** 2022. Disponível em: [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/sudicap/fileserver/Licitacoes2022/SMOBI\\_023\\_2022\\_RDC/Edital.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/sudicap/fileserver/Licitacoes2022/SMOBI_023_2022_RDC/Edital.pdf). Acesso em: 01 maio 2023.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** 2007. Disponível em: <https://www.terrabilis.org.br/ecotecadigital/pdf/vulnerabilidade-ambiental-desastres-naturais-ou-fenomenos-induzidos.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.

SCHUSTER, Argel Vinícius Backes. **Análise de implementação de medidas compensatórias ao sistema de drenagem da cidade de São José do Hortêncio – RS com o auxílio do modelo de gestão SWMM.** 2018. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2018.

SIGRH, GOVERNO DE SÃO PAULO. **IntegraTietê: Governo de SP lança programa para gestão do maior rio do Estado.** Disponível em: <https://www.sigrh.sp.gov.br/pageitems/450/news/12088>. Acesso em: 13 out. 2023.

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. **Gestão da drenagem urbana no Brasil: Desafios para a sustentabilidade.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 58–72, 2013. DOI: 10.9771/gesta.v1i1.7105. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105>. Acesso em: 26 set. 2023.

TAVANTI, Débora Riva. **Desenvolvimento de baixo impacto aplicado ao processo de planejamento urbano.** 2009. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4300/3523.pdf?sequence=1>. Acesso em: 11 dez. 2023.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana.** 2002. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n.1, p.5-27.

TUCCI, C. E. M. **Inundações e Drenagem Urbana.** 2017. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Editora da Universidade, Porto Alegre, 2017.

TUCCI, C. E.M. **Água no meio urbano.** 1997. Cap. 14 do livro Água Doce. Editora da Universidade, Porto Alegre.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas.** 2005. Ministério das Cidades. In: Global Water Partnership. Wolrd Bank. Unesco.

USACE - U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. **Software HEC-RAS.** 2023. Disponível em: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>. Acesso 21 out. 2023.