



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia
Urbana
Curso de Graduação em Engenharia Urbana



Yasmim Soares Fuscaldi Marques

OS IMPACTOS DAS CHUVAS NO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS EM BELO HORIZONTE - MG

OURO PRETO, MG

2024

OS IMPACTOS DAS CHUVAS NO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS EM BELO HORIZONTE -MG

Yasmim Soares Fuscaldi Marques

Projeto Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Urbana na Universidade Federal de Ouro Preto.

Áreas de concentração: Mobilidade urbana e Recursos hídricos

Orientadora: Prof^ª. D.Sc. Aline de Araújo Nunes – UFOP

Coorientadora: Prof^ª. D.Sc. Bárbara Abreu Matos – UFOP

OURO PRETO, MG

2024

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M357i Marques, Yasmim Soares Fuscaldi.
Os impactos da chuva no transporte coletivo por ônibus em Belo Horizonte - MG. [manuscrito] / Yasmim Soares Fuscaldi Marques. - 2024.
63 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Aline Nunes.

Coorientadora: Profa. Dra. Bárbara Matos.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia Urbana .

1. Mobilidade Urbana. 2. Transporte urbano. 3. Chuvas. 4. Controle de inundações. I. Nunes, Aline. II. Matos, Bárbara. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 62:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



FOLHA DE APROVAÇÃO

Yasmim Soares Fuscaldi Marques

Os impactos da chuva na mobilidade por transporte coletivo por ônibus em Belo Horizonte - MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Urbano

Aprovada em 07 de outubro de 2024

Membros da banca

Doutora - Aline de Araújo Nunes - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Mestre - Luís Otávio Rocha Castilho (Superintendência de Mobilidade do Município de Belo Horizonte)
Engenheiro Civil - Giangiulio Pietro Reis Cocco (Superintendência de Mobilidade do Município de Belo Horizonte)

Aline de Araújo Nunes, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 15/10/2024



Documento assinado eletronicamente por **Aline de Araujo Nunes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/10/2024, às 14:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0795490** e o código CRC **AF18B2B1**.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho representa a concretização de um sonho que não seria possível sem a força e o apoio das pessoas especiais que sempre acreditaram em mim. Este sonho é nosso.

Primeiramente, agradeço a Deus por me abençoar e iluminar ao longo dessa caminhada. À minha família, especialmente à mamãezinha e ao papaizinho, que sempre foram exemplos de amor, honestidade e dedicação, agradeço por todo carinho, incentivo e suporte. O apoio de vocês foi fundamental em cada passo dessa jornada.

Aos meus irmãos, Jéssica e Jô, por estarem sempre ao meu lado e serem meus companheiros de vida, e à Lili por ser a nossa fonte de felicidade diária. À vovó, pelo carinho incondicional e acolhimento semanal durante o início do curso. Também sou grata aos meus tios, que sempre acreditaram no meu potencial.

Aos meus amigos de Manhuaçu, mesmo à distância, vocês sempre estiveram presentes no meu coração. Júlia, Elisa, Samuel, Maria e Malu, vocês são parte fundamental dessa conquista.

Ao Matheus, meu amor e companheiro, agradeço por ser meu porto seguro nos momentos de saudade e desafios. Sua presença tornou essa caminhada muito mais leve e especial.

Agradeço à Universidade Federal de Ouro Preto pelo ensino público de qualidade, à Escola de Minas e aos professores do Departamento de Engenharia Urbana. O conhecimento passado por vocês foi essencial para eu chegar até aqui. Em especial, agradeço à minha professora e orientadora, Profa. Dra. Aline de Araújo Nunes, por toda a orientação, paciência e suporte ao longo desses anos.

Também deixo meu agradecimento aos amigos do curso de Engenharia Urbana que fizeram parte da minha trajetória acadêmica, especialmente àqueles que, com muitas risadas e desafios, tornaram essa jornada inesquecível, em especial Allan e Mari, amigos que vou levar para a vida.

Por fim, agradeço à República Bicho do Mato, minha casa em Ouro Preto, por todos os momentos de aprendizado, companheirismo e crescimento. Em especial, Luquinhas, Palmolive, Lulu, Rotary, Jeyjey, Xenô, Ortobom e Sté. A todos vocês, meu carinho e gratidão eternos. Já estou com saudades dos meus bebês.

RESUMO

O estudo apresentado visa analisar os impactos das chuvas intensas na mobilidade urbana de Belo Horizonte, com foco na operação do transporte coletivo por ônibus. A motivação para o trabalho decorre da necessidade de abordar os desafios enfrentados pela cidade devido às grandes precipitações, especialmente considerando a interação entre os sistemas hídricos e viários. Com o objetivo de expandir a análise e propor soluções para melhorar a interação entre os sistemas hídrico e viário, a metodologia incluiu a coleta de dados sobre chuvas recorde e a análise do desempenho do sistema de transporte nas Avenidas Cristiano Machado e Prudente de Moraes, tanto em dias chuvosos quanto em dias secos. Os principais resultados mostraram que as chuvas intensas têm um impacto substancial na mobilidade urbana, causando bloqueios e alagamentos que comprometem a eficiência do transporte coletivo. Observou-se que a resposta atual do sistema é inadequada, com protocolos de desvio precários e comunicação insuficiente com os passageiros. As informações sobre áreas alagadas são frequentemente desatualizadas, e a falta de treinamento adequado para motoristas agrava a situação. A conclusão do estudo sublinha a necessidade urgente de implementar soluções integradas e sustentáveis para enfrentar os desafios identificados. Recomenda-se o desenvolvimento de protocolos unificados entre os sistemas hídrico e viário, a melhoria da comunicação com os passageiros e a capacitação contínua dos motoristas. A proposta inclui a atualização dos sistemas de monitoramento, a criação de padrões operacionais entre as empresas de transporte e a adoção de estratégias de resposta rápida a eventos climáticos adversos. A pesquisa contribui para a criação de um ambiente urbano mais resiliente e eficiente, proporcionando uma base sólida para a melhoria da mobilidade e gestão de crises em Belo Horizonte..

Palavras-chaves: Chuvas Intensas, Mobilidade Urbana, Transporte Coletivo e Gestão de Inundações

ABSTRACT

The study presented aims to analyze the impacts of heavy rainfall on urban mobility in Belo Horizonte, focusing on the operation of the public bus transportation system. The motivation for this work arises from the need to address the challenges faced by the city due to significant rainfall, particularly considering the interaction between the water and road systems. This work is based on the article "Concrete Cities: The Impacts of Rainfall on Bus Transportation Operation in Belo Horizonte – MG" (Matos; Castilho; Nunes; Cardoso, 2021), which highlighted irregularities in travel times and a reduction in operational speed during heavy rainfall events on two main roads in the city. With the goal of expanding the analysis and proposing solutions to improve the interaction between the water and road systems, the methodology included the collection of data on record rainfall and the analysis of the transportation system's performance on Avenidas Cristiano Machado and Prudente de Morais, both on rainy and dry days. The main results showed that heavy rainfall has a substantial impact on urban mobility, causing blockages and flooding that compromise the efficiency of public transportation. It was observed that the current system response is inadequate, with poor diversion protocols and insufficient communication with passengers. Information on flooded areas is often outdated, and the lack of adequate driver training exacerbates the situation. The study's conclusion underscores the urgent need to implement integrated and sustainable solutions to address the identified challenges. Recommendations include the development of unified protocols between water and road systems, improved communication with passengers, and continuous driver training. The proposal includes updating monitoring systems, creating operational standards among transportation companies, and adopting rapid response strategies to adverse weather events. The research contributes to the creation of a more resilient and efficient urban environment, providing a solid foundation for improving mobility and crisis management in Belo Horizonte.

Keywords: Heavy Rainfall, Urban Mobility, Public Transportation, and Flood Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Inundação na Av. Cristiano Machado	25
Figura 2 - Inundação na Av. Cristiano Machado / Anel Rodoviário e impactos na mobilidade	25
Figura 3 – Fluxograma com a estruturação dos estudos a serem realizados	29
Figura 4 - Mapa de localização das avenidas selecionadas para o estudo de caso, no escopo da cidade de Belo Horizonte.....	31
Figura 5 - Mapa de localização das estações pluviométricas em Belo Horizonte.....	32
Figura 6 - Mapa de susceptibilidade à inundação na Av. Cristiano Machado.....	38
Figura 7 - Mapa de susceptibilidade à inundação na Av. Pudente de Moraes	39
Figura 8 – Painel de controle do Centro de Operações da prefeitura de Belo Horizonte - MG	49
Figura 9 – Painel sinótico multilinhas, onde apresenta a situação de cada ônibus em trânsito.....	50
Figura 10 – Painel de gestão de viagens, onde é possível verificar informações relativas aos tempos de viagens	50
Figura 11 – Sinalização vertical de alerta de inundação na Av. Prudente de Moraes .	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características do planejamento estratégico, tático e operacional.....	35
--	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de precipitação das estações 6, 10, 32 e 42, em janeiro de 2024.....	33
Tabela 2 – Comparativo dos dados operacionais do transporte coletivo na Avenida Cristiano Machado (linhas 62, 66, 705, 706, 707 e 708)	40
Tabela 3 - Comparativo dos dados operacionais do transporte coletivo na Avenida Prudente de Moraes (linhas 1170, 4106, 8101, 8103 e 9101)	42
Tabela 4 - Viagens realizadas por linha	45

SUMÁRIO

1	Introdução	14
1.1	Objetivos	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
1.2	Justificativa	15
2	Revisão Bibliográfica	17
2.1	Histórico do processo de ocupação do Brasil.....	17
2.2	O processo de urbanização e os impactos na drenagem urbana.....	19
2.3	Inundações e mobilidade urbana	23
2.4	Transporte coletivo no contexto das cidades	26
3.	Metodologia.....	29
3.1	Caracterização da área de estudo	29
3.2	Obtenção e análise da base de dados meteorológicos e de transporte	31
3.3	Proposição de soluções integradas e sustentáveis para melhorar a interação entre os sistemas hídrico e viário de Belo Horizonte	35
4.	resultados E Discussão	36
4.1	Análise dos dados de precipitação	36
4.2	Análise dos dados de transporte.....	38
4.3.	Proposição de soluções integradas e sustentáveis para melhorar a interação entre os sistemas hídrico e viário de Belo Horizonte	47

6. Conclusão	56
7. Referências	58

1 INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das cidades brasileiras é um problema que atinge diretamente a população, implicando em diversos setores das cidades e sociais, como favelização, segregação espacial, falta de saneamento adequado, problemas de drenagem, mobilidade precária, entre outros fatores. Belo Horizonte, cidade do atual estudo, é um claro exemplo disso.

Durante o processo de planejamento da capital mineira, os rios foram ignorados, por não corresponderem ao padrão almejado à época, o que culminou em diversos desafios que são enfrentados atualmente (Passo, 2009). Além disso, o aumento da população, associado ao processo de industrialização, foi também responsável pela expressiva geração de resíduos sólidos urbanos, o que transformou a maioria dos cursos d'água em grandes canais de esgoto (Julião, 1920).

Como consequência da poluição dos rios e com o objetivo de melhorar a mobilidade urbana da capital, o processo de canalização foi a solução adotada em diversos locais, com vistas ao alargamento de ruas e avenidas e à ausência de convivência com os cursos d'água. Por seguir uma ideologia sanitaria/higienista à época, a gestão municipal acreditava que, focando em sistemas hidráulicamente eficientes, o problema de poluição dos rios seria resolvido (Souza, 2007).

Porém, o processo de canalização não trouxe o sucesso esperado, já que os rios perderam comprimento e largura, acelerando, assim, o escoamento das águas (Silva; Rodrigues, 2022). Vale ainda ressaltar que os períodos com altos índices pluviométricos são ainda mais críticos para as infraestruturas urbanas. Dentre os impactos corriqueiros, destacam-se as inundações, as interdições de vias diretamente afetadas, alagamentos de faixas, aumento do trânsito em vias indiretamente afetadas, comprometimento do deslocamento e, conseqüentemente, o aumento do tempo das viagens.

Em termos de mobilidade urbana, Belo Horizonte apresenta diversos desafios associados à alta demanda por transportes individuais, falta de ciclovias e de infraestrutura para

locomoção a pé, além de um transporte público considerado limitado e caótico, sendo os ônibus os mais afetados em períodos chuvosos. Assim, considerando a problemática associada às cheias urbanas, que impacta diretamente a mobilidade da capital, o objetivo principal deste trabalho é analisar a relação entre eventos de chuvas intensas e a operação do sistema convencional de transporte coletivo por ônibus, visando propor soluções para as problemáticas constantemente vivenciadas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar os impactos da ocorrência de eventos de chuvas intensas na mobilidade urbana de Belo Horizonte, concentrando-se na operação do sistema convencional de transporte coletivo por ônibus.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento de registros de chuvas recordes em Belo Horizonte nos últimos anos;
- Analisar características do sistema de transporte coletivo por ônibus nas datas levantadas, considerando como estudo de caso as Avenidas Cristiano Machado e Prudente de Moraes, localizadas sobre córregos canalizados;
- Realizar uma análise comparativa das características supracitadas em dias de eventos chuvosos e em dias sem registros de chuvas;
- Propor soluções integradas e sustentáveis para melhorar a interação entre os sistemas hídrico e viário da capital, visando aprimorar a mobilidade urbana e reduzir os eventuais impactos negativos identificados.

1.2 Justificativa

O estudo proposto se fundamenta na necessidade de compreender e abordar os desafios enfrentados por Belo Horizonte devido aos impactos das grandes precipitações na mobilidade da cidade, com foco principal nos transportes públicos. A negligência associada à existência de

rios nos espaços urbanos é uma realidade vivenciada não apenas na capital mineira, mas em muitas outras cidades do Brasil, sendo as obras de canalização uma das principais soluções adotadas aos longos dos anos. Complementarmente, o descarte de resíduos sólidos urbanos amplifica os desafios ambientais e de drenagem, aumentando o risco de enchentes e prejudicando a circulação viária.

Assim, este trabalho está fundamentado no artigo “Cidades de concreto: os impactos das chuvas na operação do transporte por ônibus em Belo Horizonte – MG” (Matos; Castilho; Nunes; Cardoso, 2021), que aponta expressiva irregularidade nos tempos de viagem, redução na velocidade operacional e aumento nos intervalos entre viagens em duas importantes vias da cidade de Belo Horizonte, quando da ocorrência de eventos de chuvas intensas. Busca-se, aqui, agregar novos períodos de análise, assim como acrescentar a proposta de soluções integradas para melhorar a interação entre os sistemas hídrico e viário da capital.

É evidente a necessidade de se desenvolver recomendações eficazes e sustentáveis para a integração harmoniosa entre os sistemas rodoviários e de recursos hídricos. A relevância desta pesquisa reside também na capacidade de contribuir de forma prática para a melhoria da mobilidade urbana e na criação de um ambiente mais resiliente, sustentável e eficiente para a população de Belo Horizonte.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico do processo de ocupação do Brasil

O crescimento desordenado das cidades no Brasil é um problema que atinge diretamente a população, implicando em diversos aspectos sociais e estruturais, como favelização, segregação espacial, falta de saneamento adequado e drenagem de águas pluviais, mobilidade precária, entre outros fatores. Assim, a presente seção tem como objetivo elucidar sobre o histórico de ocupação das cidades.

O processo de urbanização no Brasil tem forte influência da ocupação portuguesa no país, momento onde começaram a ser implementados os primeiros modelos de vilas e cidades. No entanto, todo este processo ocorreu de forma lenta, já que nessa época as ocupações ainda estavam atreladas às zonas rurais e aos ciclos extrativistas (Lopes, 1968).

Segundo Santos (1993), na segunda metade do século XX teve início o processo de êxodo rural no país, motivado principalmente pela mecanização do campo e a concentração fundiária, o que deixou muitas pessoas desempregadas. Apesar disso, na década de 1930, houve um aumento na industrialização brasileira, trazendo uma nova esperança para essa população que estava nas zonas rurais. Para muitos, as indústrias eram uma nova oportunidade de melhorar a qualidade de vida, o que intensificou a mudança das pessoas da zona rural para as cidades (Lopes, 1968).

Como consequência desse novo e acelerado processo de urbanização, as cidades brasileiras cresceram de forma rápida e desordenada, o que causou uma diversidade de problemas urbanos, sendo eles: desastres ambientais, como enchentes; ocupação de zonas naturais para moradias irregulares; elevação do índice de desemprego, entre outros (Santos, 1993).

Nesse contexto, em 1950 surgiu no Brasil a necessidade de uma maior integração para solucionar os problemas iminentes, como por exemplo nas áreas de saneamento, transporte, moradias, entre outros. Em 1960, então, surgiu o conceito de planejamento urbano ou planejamento urbano local e integrado (Deák, 1999), o que não necessariamente solucionou os problemas urbanos, que permanecem até os dias atuais (Villaça, 1999).

De acordo com Santos (1993), somente em 1970 que o Brasil se tornou um país urbanizado, momento em que mais de 50% da população já estava vivendo nas cidades. Porém, o processo de urbanização não se desenvolveu de forma igualitária por todo o país, uma vez que as regiões Sul e Sudeste foram as que mais se destacaram neste cenário, em função de políticas públicas que as incentivaram mais do que as demais regiões do país. Assim, com a instalação prioritária de indústrias nestes locais, houve um grande fluxo migratório de pessoas, principalmente das regiões norte e nordeste. A região Centro-Oeste, por sua vez, teve o seu grande desenvolvimento urbano entre as décadas de 1960 e 1970, com a construção de Brasília, o que também atraiu muitas pessoas das regiões Norte e Nordeste (Lopes, 1968)

Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, um dos quatro estados da região Sudeste do Brasil, também foi um dos maiores alvos da industrialização e, conseqüentemente, de expressiva migração. A cidade foi idealizada com um conceito diferente do que vinha acontecendo nas demais capitais do país e da região sudeste, sendo inspirada em cidades europeias e norte americanas, sendo os mais influentes os planos de Haussmann para Paris, de L'Enfant para Washington e de La Plata na Argentina (Lopes, 2013). A capital mineira foi uma cidade inicialmente planejada, seguindo os preceitos sanitaristas em que as pessoas poderiam viver em um local limpo, organizado e compreensivo (Passos, 2009).

Segundo Barreto (1996), Belo Horizonte foi idealizada para 200 mil habitantes. Um ponto a se destacar sobre o processo de urbanização da capital mineira foi a forma de construção dos serviços de infraestrutura, sendo divididos em: 1) instantâneos, os que eram necessários para o funcionamento básico de uma cidade na época; e 2) de longo prazo, que foram as instalações de redes de esgoto, água e eletricidade, sendo estes investimentos essenciais para a urbanização e conforto da população, assim como uma forma de mostrar a modernidade e progresso no planejamento (Fernandes, 2021).

Assim, as prioridades consideradas no processo de planejamento da cidade, deixando as necessidades básicas como serviços de longo prazo, fez com que muitos locais crescessem de forma desordenada e sem nenhuma estrutura básica, principalmente nas zonas suburbanas (Julião, 1920).

O projeto arquitetônico da capital foi dividido em 3 tipos de zonas: 1) a zona urbana, que era reservada para as elites brasileiras, sendo contornada pela avenida que hoje é conhecida

como “Avenida do Contorno”. Essa avenida fazia a função de fronteira para que a 2) zona suburbana não tivesse contato com a elite; e por fim 3) as zonas rurais, que abasteciam a parte urbanística com insumos para consumo e construção (Julião,1920).

Com essa segregação espacial, claramente definida para manter os padrões da época, com a área urbana sendo um local para pessoas ricas e ocupação comercial, o preço dos imóveis se tornou inacessível para a maior parte da população. Assim, as camadas populares, por não se sentirem pertencentes a esses locais, procuraram as zonas periféricas como um local de moradia. Com o passar do tempo houve um crescimento muito grande nas zonas suburbanas que rodeavam a Avenida do Contorno, fazendo com que o crescimento urbano passasse do centro para as periferias das cidades (Guimarães, 1991).

Os subúrbios começaram a ser habitados não só por pessoas menos favorecidas financeiramente, como também por famílias ricas que já não tinham mais espaço para morar nas áreas centrais. No entanto, a ideia do subúrbio ser mais urbanizado do que a área planejada da cidade não era a situação idealizada, não apenas esteticamente, mas também para a “reputação” da cidade e dos seus idealizadores. As condições anti-higiênicas destes locais mais povoados contrastavam com o idealizado para a capital, sendo então colocada em prática a melhoria da qualidade das zonas suburbanas, por meio de muita pressão popular (Fernandes, 2021).

2.2 O processo de urbanização e os impactos na drenagem urbana

Como exposto, o processo de urbanização acelerado trouxe diversos problemas socioambientais, tais como: erosão do solo, ocupação de áreas irregulares, devastação da cobertura vegetal, impermeabilização do solo, dentre outros, o que também tem um impacto direto nos sistemas de drenagem.

O sistema de drenagem brasileiro é voltado a ideais sanitaristas/higienistas, focando em sistemas hidraulicamente eficientes, como visto anteriormente para o caso da capital mineira. A visão de saneamento está associada à drenagem das águas e afastamento das mesmas do cenário das cidades, por meio de estruturas de micro e macrodrenagem (Souza, 2007).

Considerando o aumento do volume de resíduos sólidos ao longo dos anos, estes acabaram se tornando um fator agravante para os sistemas de drenagem, assim como o esgotamento sanitário, degradando ainda mais a qualidade das águas. Como consequência, os cursos d'água foram ignorados durante o processo de ocupação das cidades, cabendo aos sistemas artificiais de drenagem “resolverem” os problemas de alagamentos e inundações, o que resultou em cursos hídricos totalmente canalizados (Souza, 2007).

Em uma visão mais modernista, no entanto, entende-se que os sistemas de drenagem, por serem infraestruturas essenciais ao funcionamento adequado das cidades, deveriam ser adaptados de forma que pudessem atender às necessidades estruturais, mas que também pudessem ser esteticamente agradáveis, compondo, assim, a paisagem urbana (Caduro; De Matos, 2021).

Trazendo novamente para o cenário de Belo Horizonte, segundo Guimarães (1991), em 1901 surgiu um código de posturas que trazia alguns pontos e condutas para as construções na cidade, como por exemplo, nenhuma edificação poderia ser construída nas proximidades de córregos ou rios, com distanciamento mínimo de sessenta metros. Porém, como em quase todas as cidades brasileiras, muitas pessoas começaram a ocupar as margens dos córregos desde o início da concepção da cidade, o que trouxe muitos impactos que refletem até os dias atuais, sendo esse o ponto de partida para a discussão desta seção (Capanema, 2021).

Apesar da urbanização acelerada ser considerada um dos maiores motivadores dos problemas de drenagem nas cidades, um ponto importante no planejamento de Belo Horizonte é que os limites dos rios, que são traçados naturais, foram completamente ignorados por serem “irregulares” e não condizerem com o modelo de cidade almejado (Lima-Queiroz; Balabram; Baptista, 2003).

Esse descaso com os cursos d'água se tornou um grande problema, especialmente considerando que a localização de Belo Horizonte foi, em parte, escolhida por sua proximidade com fontes hídricas. Situada em uma região montanhosa, é uma cidade que favorece a fluidez das águas e a formação de ribeirões. A presença de várias nascentes, como o Rio das Velhas, foi fundamental não apenas para o desenvolvimento urbano, mas também para garantir o abastecimento de água potável à população (Paulino, 2021).

Como mencionado anteriormente, as infraestruturas sanitárias necessárias à concepção da cidade foram consideradas serviços de longo prazo, fazendo com que muitos locais surgissem antes delas. Tal fato aponta muitas questões sociais que emergiram, por consequência, já que nos arredores dos rios surgiram vilas, periferias e favelas, que não tinham nenhum tipo de infraestrutura básica (Duarte, 2009).

As redes de drenagem construídas seguiam o processo unitário, mas os dejetos lançados não passavam por tratamento antes de serem despejados nos rios, resultando na poluição dos mesmos, assim como em enchentes e outros problemas, principalmente nos bairros periféricos que tinham menos investimentos que as áreas centrais (Lima-Queiroz; Balabram; Baptista, 2003).

Com o passar dos anos e com o crescimento acelerado, se tornou cada vez mais difícil o poder público conseguir sanar os problemas de saneamento básico, considerando, ainda, o aumento na implementação de indústrias na capital e na região metropolitanas, fazendo com que a cidade tivesse que lidar com uma grande quantidade de esgoto doméstico e industrial (Lima-Queiroz; Balabram; Baptista, 2003). Além disso, a industrialização trouxe problemas associados à impermeabilização do solo e aumento de resíduos sólidos.

A década de 70 foi marcada pela implementação de grandes infraestruturas e de pouca consciência ambiental. Nessa época, o objetivo principal era voltado ao crescimento econômico da cidade, o que deixava as questões ambientais em segundo plano. Seguindo as propostas do PLANURBS (Plano de Urbanização e Saneamento de Belo Horizonte), começaram as canalizações de rios como forma de solucionar os problemas que a cidade vinha enfrentando com as enchentes e com a criação de novas avenidas, o que os tornou oficialmente receptores de esgotos (Duarte, 2009).

Segundo Baptista e Nascimento (1996), 193 dos 300 quilômetros de rios em BH foram canalizados. Porém, este processo não trouxe o sucesso esperado, já que os rios perderam muito do seu comprimento, o que fez com que a água escoasse de forma mais rápida, aumentando, assim, os problemas de inundação (Silva; Rodrigues, 2022).

Além do processo de canalização dos rios, no final dos anos 1950, surgiram as barragens de amortecimento de cheias, que tinham como objetivo ser um local de “amortecimento” para

as enchentes que ocorriam, além de cumprir um papel estético (Lima-Queiroz; Balabram; Baptista, 2003). Porém, as alterações nos sistemas fluviais trouxeram novas consequências. Devido às adaptações que tiveram que ser feitas para a sua implantação, como obras de terraplanagem, movimentações de terra, dentre outros (Silva; Rodrigues, 2022), as primeiras bacias não conseguiram cumprir o seu papel. A maioria delas sofreu o processo de assoreamento, atrelado a questões climáticas, pedológicas e topográficas (Lima-Queiroz; Balabram; Baptista, 2003).

Finalmente, na década de 1990, surgiu o ideal de desenvolvimento socioeconômico atrelado à preservação ambiental, trazendo novas ideias para as políticas públicas de drenagem e saneamento (Duarte, 2009). O objetivo principal passou a ser a recuperação do meio ambiente, trazendo estratégias como proteção de bacias hidrográficas, defesa do patrimônio ambiental, entre outros.

Nesse contexto, surgiu o Drenurbs em 2006, Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural de Belo Horizonte. Dentre as principais metas do programa, destacam-se: a despoluição dos cursos d'água, com a implantação de redes coletoras, interceptores e tratamento dos esgotos; a redução dos riscos de inundação, com a implantação de sistemas de controle de cheias e a desocupação das várzeas; o controle da produção de sedimentos, com a eliminação de focos erosivos, contenção e revegetação das margens; e a integração dos córregos na paisagem urbana, por meio da compatibilização das intervenções de drenagem com aquelas de saneamento, viárias, ambientais, habitacionais e de lazer (PBH, 2003). O foco passou a ser em três pilares: saúde, cidadania e meio ambiente (Medeiros, 2009).

O programa DRENURBS revela-se fascinante em suas concepções e propostas, embora sua implementação tenha exigido intervenções em áreas ocupadas por comunidades de baixa renda. A participação ativa dessas comunidades no projeto é essencial para sua viabilização. Contudo, a ausência de tal engajamento resultou na realocação de numerosas famílias para locais que provocaram uma degradação significativa em sua qualidade de vida, gerando insatisfação local (Medeiros, 2009).

Assim, o sucesso de iniciativas como essa demanda uma abordagem metódica, assegurando que todos os pilares essenciais sejam devidamente planejados e incorporados, sem

acarretar prejuízos significativos. A desconsideração dessa abordagem integrada comprometeu a continuidade do programa.

As inundações persistem como uma realidade recorrente em Belo Horizonte, demandando abordagens eficazes para mitigar seus impactos adversos. A cidade tem adotado medidas inovadoras, notadamente a construção de bacias de retenção, como estratégia para aprimorar a gestão de águas pluviais e reduzir os efeitos nocivos das inundações. Estas estruturas hidráulicas, concebidas para reter temporariamente águas pluviais em excesso e liberá-las de maneira controlada, desempenham um papel crucial na minimização do volume e da velocidade do escoamento superficial, contribuindo para a prevenção de inundações em áreas urbanas.

2.3 Inundações e mobilidade urbana

As inundações são os desastres naturais mais comuns no Brasil e no mundo, devido à forma como as cidades foram ocupadas e cresceram. A canalização dos córregos como solução para a dinâmica urbana, incluindo a mobilidade e os sistemas de transporte, transformou-os em ruas e avenidas, culminando na redução das áreas de infiltração, que potencializaram, por sua vez, os impactos das chuvas (Matos et al., 2021).

A ocorrência de enchentes e inundações traz sérias consequências para o ambiente urbano, incluindo problemas sociais, econômicos e ambientais. No que se refere à mobilidade urbana, se destacam as interdições de vias, alagamento de faixas, aumento do trânsito em vias que não são afetadas, diminuição do deslocamento e, conseqüentemente, aumento do tempo das viagens (Vendrame et al., 2016). Também pode-se acrescentar à essa lista os riscos à vida humana como um dos impactos mais sérios, porém, não raro de serem noticiados. Os impactos supracitados podem ocorrer em diversas escalas e tempos, sendo eles de mobilidade intraurbana, quando acontecem nas ruas das cidades, e as interurbanas, quando acontecem nas avenidas e rodovias, abrangendo um período que pode variar de minutos até anos (Londe; Santos; Marchezin, 2015).

Nesse contexto, vale destacar os impactos de macro escala, que ocorrem quando um incidente afeta a mobilidade, de forma a trazer impactos econômicos, sociais e para a segurança

das pessoas. Como exemplo, pode-se citar uma via arterial, que é definida como uma importante via de acesso entre regiões de uma cidade e para diversos serviços essenciais, tendo sua infraestrutura comprometida. Nesse caso, é gerado um transtorno para os usuários que transitam para o seu local de trabalho, afetando indiretamente a economia, além de aumentar o risco de acidentes (Londe; Santos; Marchezin, 2015).

Assim como outras grandes cidades brasileiras, Belo Horizonte possui uma mobilidade deficiente e vulnerável, sendo uma cidade muito dependente do transporte rodoviário, devido à alta demanda de transportes individuais, falta de ciclovias, falta de infraestrutura para locomoção a pé e um transporte público considerado limitado (Drumond, 2019). Esse fator se agrava em períodos chuvosos, devido ao alto índice de canalizações dos cursos hídricos locais, que são impactados com a sobrecarga de escoamento superficial, gerando frequentes inundações (Drumond, 2019).

Em termos de mobilidade, os transportes públicos são os mais afetados em períodos chuvosos, já que não conseguem seguir suas rotas e alteram, assim, os seus tempos de viagem. Tal fato gera um desequilíbrio a longo prazo, considerando ser necessário um tempo maior para que estes meios de transporte se restabeleçam e voltem ao seu funcionamento normal (Matos et al., 2021). Nas Figuras 1 e 2 é possível visualizar o impacto de eventos de chuvas intensas na Avenida Cristiano Machado, assim como a influência na mobilidade da região.

Verifica-se, assim, que os rios e córregos têm uma forte influência no funcionamento das cidades, já que interferem na circulação viária e na mobilidade das pessoas, uma vez que diversas avenidas são criadas com a canalização de córregos. Por isso, torna-se essencial a integração eficiente desses dois meios para que as cidades sofram menos com os eventos chuvosos extremos, que vem ocorrendo com maior frequência, em consequência das alterações climáticas (Vendrame et al., 2016).

No âmbito do planejamento urbano, a demanda por soluções para a construção de cidades mais sustentáveis e, conseqüentemente mais seguras, é notória. Torna-se essencial a preservação dos corpos hídricos, a fim de aumentar a segurança das pessoas durante o seu processo de locomoção (Vendrame et al., 2016).

Figura 1 - Inundação na Av. Cristiano Machado



Fonte: Jornal Hoje em Dia (2020)

Figura 2- Inundação na Av. Cristiano Machado / Anel Rodoviário e



Fonte: BHTRANS (2021)

No ano de 2019, em Belo Horizonte, foi aprovada a proibição de canalização dos rios. No entanto, o Plano Diretor da cidade não estabelece alternativas para as áreas que já passaram por esse processo (Rocha, 2022). Existem caminhos alternativos que a cidade pode seguir para mitigar os impactos das chuvas na mobilidade e ressignificar os cursos d'água urbanos. Alguns já foram adotados, como a criação de bacias de detenção e parques lineares, mas também existem outras opções que ainda não estão em prática, como a abertura dos cursos d'água canalizados, aumento das ciclovias para incentivar a mobilidade ativa, expansão da malha ferroviária, entre outros (Matos et al., 2021).

As medidas para a melhoria da situação e os pontos mais críticos já são conhecidas, sendo ainda possível fazer previsões de eventos extremos. No entanto, a maioria das soluções depende de o poder público colocá-las em prática de forma efetiva, também por meio de leis e incentivos (Sousa; Gonçalves, 2018).

2.4 Transporte coletivo no contexto das cidades

Ao longo desta revisão, tornou-se evidente que as áreas urbanas abrigam diversos elementos interconectados, que são essenciais para o seu desenvolvimento e funcionamento. Reunindo-se espaços de trabalho, lazer e produção, que são apoiados por serviços essenciais que otimizam seu desempenho, é possível atingir o bem-estar da população. Entre tais elementos, destaca-se o transporte coletivo, que será objeto de uma análise mais aprofundada nesta seção.

Assim como os demais serviços proporcionados pela gestão “pública”, o transporte “público” coletivo não se distancia desse conceito; "público" não implica gratuidade, entretanto, grande parte das tarifas associadas a esse serviço são de natureza simbólica, com o governo suportando a maior parcela dos custos. Entende-se que o transporte público é fundamental para a locomoção das pessoas, permitindo que elas atendam suas necessidades básicas (Bertucci, 2011).

O sistema de transporte coletivo oferece benefícios significativos à mobilidade urbana, principalmente quando comparado ao deslocamento individual, sendo essencial para o adequado funcionamento das cidades. Este sistema é capaz de atender a um grande número de passageiros simultaneamente, podendo promover a redução de congestionamentos, da poluição ambiental, da ocupação do espaço urbano por veículos, além de promover um estilo de vida mais sustentável. É também um modo de transporte urbano mais seguro, já que a maioria dos acidentes de trânsito são causados por veículos individuais (Bertucci, 2011).

Apesar dos benefícios que essa modalidade apresenta, na prática sua implementação enfrenta desafios. No que tange à infraestrutura, apesar de haver leis que priorizam o transporte coletivo frente ao individual, como a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Brasil, 2012), somente em algumas capitais brasileiras estas práticas se concretizam, a exemplo dos corredores preferenciais ou exclusivos para ônibus, que constituem uma medida que busca mitigar a competição por espaço com veículos particulares e, conseqüentemente, reduzir o

tempo de viagem. Além disso, a falta de rotas que atendam a todos os locais demandados é um desafio adicional, uma vez que muitas cidades não possuem o controle integral das linhas (Pereira et al., 2021).

O processo de desenvolvimento das cidades exerce uma influência significativa nesse modal, uma vez que a morfologia da cidade é determinante no sucesso ou não deste sistema. O crescimento desordenado impacta negativamente na quantidade e na qualidade das viagens, assim como a gestão e a governança são constantemente atribuídas à eficácia e à qualidade do serviço. Em muitos casos, o interesse dos gestores não está alinhado com a otimização do serviço e nas regiões metropolitanas existem ainda diversas gestões sobre uma mesma área (Kneib, 2021).

Em termos históricos e financeiros, no início dos anos 2000, algumas famílias gastavam entre 13 e 14% da sua renda total com o transporte público, um dos maiores gastos que as mesmas tinham (Pereira et al., 2021). No entanto, o governo vem aumentando a sua parcela para cobrir os custos após a pandemia, o que não era uma situação comum no Brasil. Outro fator de influência no valor das tarifas foi o aumento da inflação e, associado a este fato, surgiram políticas e incentivos econômicos que facilitaram a compra de bens de consumo duráveis, sendo o carro o principal deles, o que fez com que os veículos individuais se tornassem mais atrativos que os ônibus (Pereira et al., 2021).

As questões supracitadas colaboram para um desempenho inadequado do transporte público coletivo e para o maior incentivo ao uso de transportes individuais. Tal cenário acarreta uma série de impactos negativos para o sistema de mobilidade urbana. Belo Horizonte, assim como as outras capitais, enfrenta este desafio, uma vez que devido ao seu adensamento populacional a cidade sofre com congestionamentos nos horários de pico, ao longo das principais vias que conectam diferentes pontos da cidade e a sua região metropolitana (Freitas, 2011).

A capital mineira é marcada por um histórico precário de transporte público, notoriamente caracterizado pela presença de uma única linha de metrô. Os ônibus são o meio de transporte mais usual, destacando-se pela sua qualidade inferior e tarifação desproporcional em relação à qualidade do serviço oferecido (Freitas, 2011). Por se tratar de uma metrópole, é possível inferir que os tempos de deslocamento são substancialmente prolongados, fato que se relaciona, em

parte, com a elevada quantidade de veículos particulares e a ausência de infraestrutura adequada. A escassez de faixas exclusivas para veículos coletivos, a desarticulação entre as linhas de transporte, itinerários e horários desordenados, aliados à falta de integração com outros modos de transporte, são fatores contributivos para uma complexidade exacerbada, agravada durante períodos de precipitação pluviométrica (Freitas, 2011).

Belo Horizonte está inserida no Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI-RMBH), concebido com o propósito de oferecer soluções para desafios compartilhados pelos municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte, que, desde o ano de 2002, passa a englobar 34 municípios. Este plano se organiza em torno de quatro eixos fundamentais: urbanidade, acessibilidade, segurança e sustentabilidade. As questões referentes à mobilidade se enquadram no eixo da acessibilidade, que propõe ações estruturais de integração territorial e dos transportes (Miranda, 2019).

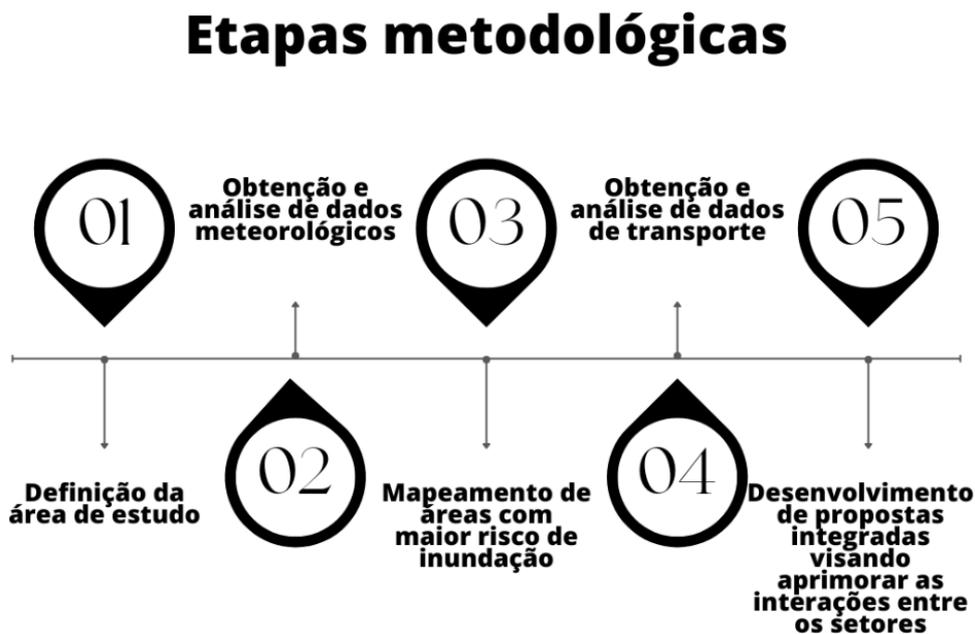
A concretização das propostas sugeridas pelo PD-BH (Plano diretor de Belo Horizonte) e no PlanMob-BH (Plano Diretor de Transportes e Mobilidade Urbana de Belo Horizonte) encontra-se confrontada por diversos desafios, embora algumas já tenham sido efetivadas. Em 2014 foi inaugurado o BRT - Bus Rapid Transit, destacando-se como um sistema rápido para ser implantado e com custo baixo para implementação, se comparado a outros modais. No entanto, os resultados na cidade não atingiram as expectativas previstas, uma vez que não houve a redução do tempo de viagem almejado (Batista, 2015).

À luz do exposto, investimentos e iniciativas de aprimoramento na mobilidade urbana e no transporte público revelam-se como imperativos cruciais para promover o bem-estar coletivo e o desenvolvimento sustentável das cidades. Nesse sentido, a viabilização efetiva destes projetos demanda um comprometimento contínuo da gestão pública, incentivando, ainda, o desenvolvimento de pesquisas, a exemplo do presente trabalho.

3. METODOLOGIA

Para fins didáticos, foi realizado um fluxograma que apresenta o processo de estruturação do trabalho, como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma com a estruturação dos estudos a serem realizados



Fonte: A autora (2024).

3.1 Caracterização da área de estudo

Belo Horizonte está situada na região sudeste do Brasil, destacando-se como uma das pioneiras no planejamento urbano no país. Reconhecida por sua abordagem inovadora no design urbano, a cidade revela uma topografia caracterizada por suaves colinas e relevos moderados (Passos, 2009).

A capital possui uma hidrografia diversificada, inserida em porções que compõem as bacias do Rio das Velhas e do médio Paraopeba, ao norte do Quadrilátero Ferrífero. É composta por vários córregos e rios que cruzam a cidade, sendo os principais e mais influentes as bacias do Ribeirão Arrudas e Ribeirão do Onça. Belo Horizonte enfrenta desafios decorrentes da

urbanização progressiva ao longo do tempo, o que impactou a dinâmica natural dos recursos hídricos, merecendo atenção e estudo contínuo (Aguiar; Moura; Siqueira, 2013).

Segundo informações do CLIMATE DATA (2023), o clima da capital é considerado tropical de altitude, proporcionando verões quentes e chuvosos, contrastando com invernos secos e amenos. Esta variação climática, associada à urbanização, implica em importantes considerações ambientais e sociais para a sustentabilidade urbana com foco principal nos verões chuvosos, onde acontecem os maiores problemas urbanos.

Em suma, a cidade, para além de seu notório planejamento urbano, apresenta uma complexa interação entre elementos geográficos, hidrográficos e climáticos, demandando uma abordagem científica e estratégias inteligentes para lidar com os desafios contemporâneos da urbanização, com um enfoque maior nesse estudo na parte da mobilidade e do transporte público.

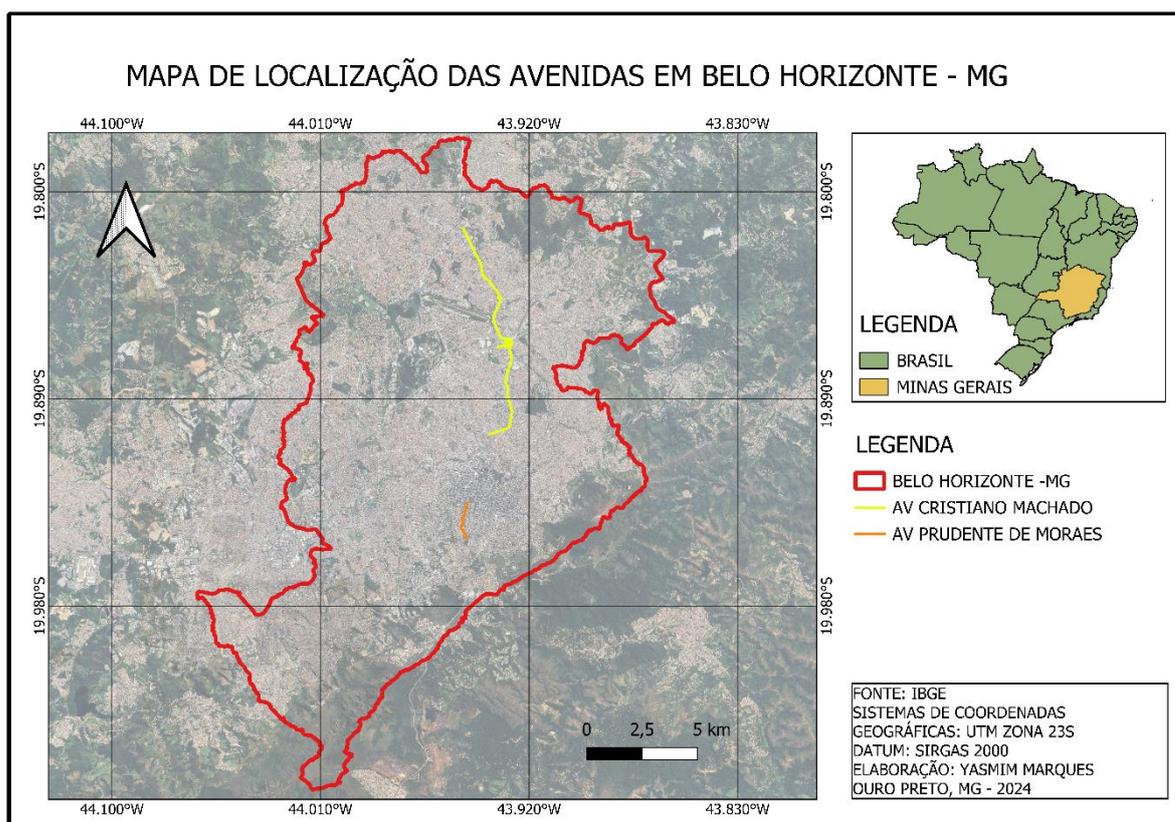
Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram selecionadas duas avenidas como estudos de caso (Figura 4). A primeira é a Avenida Cristiano Machado, situada na região Nordeste da capital, sendo um dos principais corredores de acesso à região Central. Segundo dados da BHTRANS (2023), a avenida é classificada como uma via arterial, possui 11,7 km de extensão, contando com linhas do sistema BRT-MOVE e de transporte coletivo convencional, além de ser contemplada com mais de 100 pontos de ônibus e ser atendida por mais de 50 linhas de ônibus.

Segundo notícias divulgadas pela prefeitura de Belo Horizonte, a avenida Cristiano Machado é notabilizada por seu trânsito intenso, manifestando um acréscimo crítico nos períodos de chuvas intensas. A região possui tendência a alagamentos e inundações devido à canalização de vários rios e córregos e por medidas mitigatórias que não funcionaram. Assim, é muito comum ter locais da avenida interditados em épocas chuvosas, causando diversos impactos como congestionamentos, interrupção da circulação e aumento dos tempos de viagem.

A segunda avenida que será analisada é a Av. Prudente de Moraes, uma das principais vias arteriais da região Centro-Sul da capital mineira. Na localidade onde foi implementada, anteriormente percorria o Córrego Leitão, que foi canalizado na década de 1970, visando melhorar o fluxo viário que crescia de forma acelerada (Borsagli, 2011). Segundo a

BHTRANS (2023), ela tem seu início na Avenida do Contorno e possui 1,9 km de extensão, sendo servida por quatro linhas de ônibus, exercendo, assim, uma grande influência na mobilidade regional. Assim como a Av. Cristiano Machado, também sofre muitos impactos em períodos de chuvas intensas, ocasionando perturbações no tráfego, o que compromete a segurança dos pedestres e residentes locais, além de afetar a qualidade da infraestrutura viária.

Figura 4 - Mapa de localização das avenidas selecionadas para o estudo de caso, no escopo da cidade de Belo Horizonte



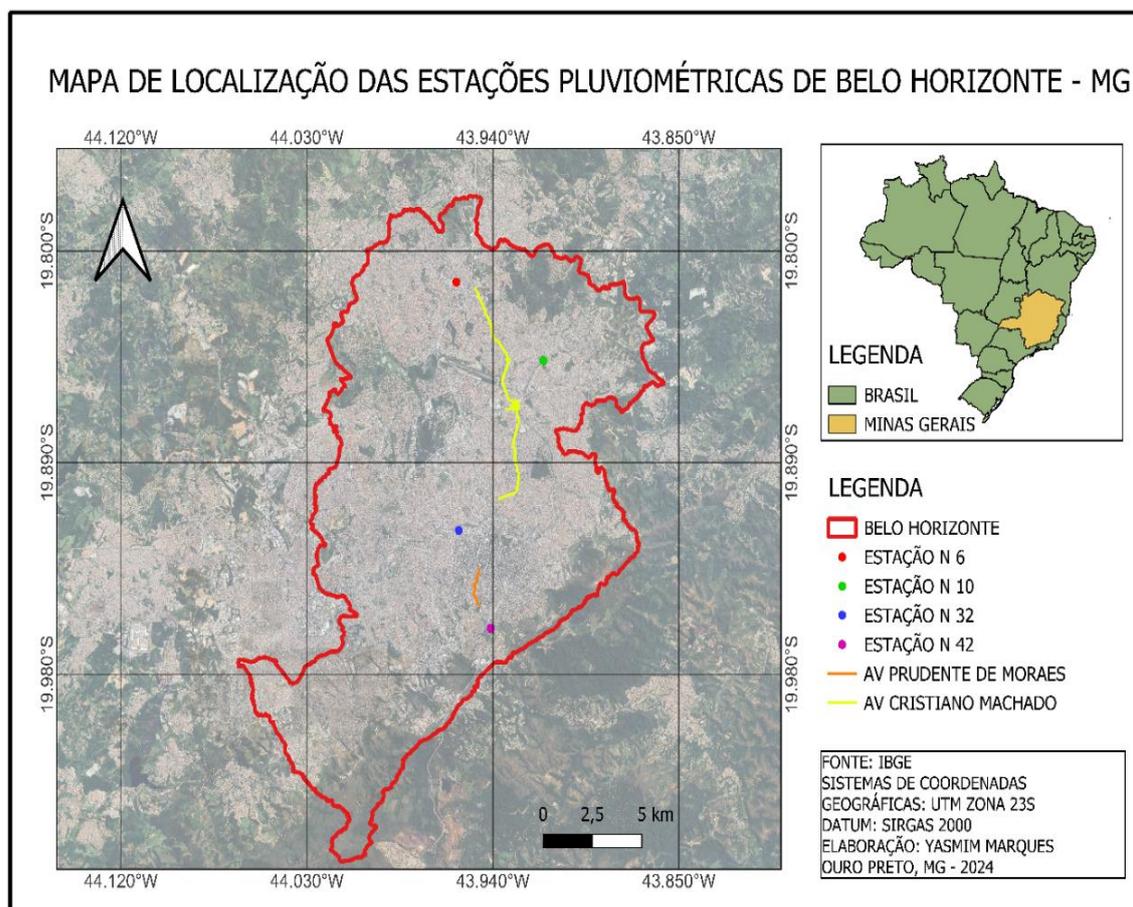
Fonte: A autora (2024)

3.2 Obtenção e análise da base de dados meteorológicos e de transporte

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos neste trabalho, a primeira etapa consistiu em identificar os dados pluviométricos da capital, no período chuvoso, que acontece entre a segunda quinzena de setembro até março. A princípio foi considerada a análise dos dados dos anos de 2022, 2023 e 2024, mas devido à indisponibilidade de dados de transporte fornecidos pela Superintendência de Mobilidade (SUMOB) no ano de 2022, não foi possível estudar este ano. Assim, foram selecionados os anos de 2023 e 2024 para análise.

Para a verificação dos índices pluviométricos, foram utilizados os mapas de localização das estações pluviométricas da capital, disponibilizados pela Diretoria de Gestão de Águas Urbanas de Belo Horizonte, a fim de identificar as estações meteorológicas que atendem à região de estudo. Conforme a Figura 5, foram selecionadas as estações 6 e 10 para a análise da Avenida Cristiano Machado e as estações 32 e 42 para a Avenida Prudente de Moraes.

Figura 5 - Mapa de localização das estações pluviométricas em Belo Horizonte



Fonte: A autora (2024)

Considerando as estações selecionadas, no período chuvoso de 2023 o dia com maior índice pluviométrico registrado foi o dia 7 de janeiro, com aproximadamente 100 milímetros de chuva nas proximidades da Av. Cristiano Machado, e 70 milímetros de chuva próximo à Av. Prudente de Moraes. A princípio, considerando o alto potencial de impacto da chuva, esta seria uma importante data para análise. No entanto, verificou-se que o dia 7 de janeiro de 2023 coincidiu com um sábado, dia de menor demanda por transporte coletivo por ônibus na capital,

o que também influencia na quantidade de linhas disponíveis, além do perfil de tráfego menos intenso. Considerando tais apontamentos, esta data foi excluída da análise.

Procedendo-se ao período chuvoso de 2024, conforme apresentado na Tabela 1, foi definido o dia 23 de janeiro de 2024 como estudo de caso desta pesquisa, devido aos registros pluviométricos expressivos, principalmente no que se refere à intensidade da chuva. Neste dia foram registrados 38,4 milímetros de chuva na estação 6; 40,8 milímetros de chuva na estação 10; 61,4 milímetros de chuva na estação 32; e 70,2 milímetros de chuva na estação 42. Todos estes volumes foram acumulados em apenas 4 horas, demonstrando uma grande intensidade de chuva.

Segundo Nunes et al. (2018), chuvas de baixa magnitude, quando associadas a durações curtas, podem causar alagamentos e inundações, especialmente em áreas urbanizadas como Belo Horizonte. A classificação das precipitações para alertas de inundação destaca o limite de 40 mm como crucial para a emissão de alertas e decisões de gestão de riscos.

Tabela 1 - Dados de precipitação das estações 6, 10, 32 e 42, em janeiro de 2024

Dia do mês	Precipitação diária (mm) – estação 6	Precipitação diária (mm) – estação 10	Precipitação diária (mm) – estação 32	Precipitação diária (mm) – estação 42
1	10,8	9,2	7,6	4,8
2	9,6	3	9,8	6,8
3	14,4	13,2	19,4	23,4
4	2,8	2,2	10,2	33,8
5	0	0	0	0
6	0	0	1,2	0
7	0	0,2	0	2,6
8	0	0	0,2	5,6
9	0,8	0,6	1,2	1,6
10	0	0	0	0
11	2,2	0,6	3,6	2,2
12	1	0,4	2,4	0
13	2,8	19,2	6	9,6
14	7,8	10,6	8,8	9,6
15	2,8	4,2	14	13
16	0	0	0	0
17	2,4	3,2	3,2	10,6

18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
21	0	0	0	5,8
22	1,2	0	0	16,2
23	38,4	40,8	61,4	70,2
24	1	5,4	28,2	8,6
25	1,2	1	0,4	0,8
26	6,4	12,6	8	3
27	0,4	1,2	0,6	0,8
28	0,2	0,4	0,8	0
29	10	15	37,8	32
30	8,4	9,2	5,8	10,6
31	7,6	8,4	44,2	43,2

Fonte: A autora (2024)

Na sequência, considerando a base de dados do BHMap, o próximo passo foi o cruzamento das avenidas em questão com as cartas de inundação da cidade, com o auxílio do software QGis. Esse processo permitiu a verificação dos trechos críticos e, com isso, a identificação das linhas de ônibus que passam por estes locais, a fim de determinar quais delas são afetadas diretamente pelas inundações. Assim, foi possível realizar uma análise mais específica dos impactos do transporte público durante eventos de chuvas críticas.

As informações referentes aos dados de comportamento das operações das linhas de ônibus que passam pelas avenidas em estudo, na data selecionada, foram obtidas por meio da Superintendência de Mobilidade (SUMOB, 2024). Foram analisadas as informações de viagens previstas e realizadas, intervalos entre viagens, velocidade média e tempo médio de viagem para o período de maior intensidade de chuva, correspondente à data de 23 de janeiro de 2024. Estes dados, obtidos diretamente com a SUMOB, permitiram a visualização dos impactos das interdições viárias causadas pelas chuvas na operação do sistema no dia e nas faixas horárias afetadas pelos bloqueios viários.

Complementarmente, com o propósito de fazer uma análise comparativa, os dados obtidos foram confrontados com o desempenho operacional dessas mesmas linhas de ônibus nas datas analisadas por Matos et al. (2021) e também em uma data em que não houve registro expressivo de chuva no horário analisado (30 de janeiro de 2024). Essa comparação visou

identificar possíveis variações ou padrões no funcionamento das linhas de ônibus em diferentes condições climáticas, contribuindo para uma compreensão mais abrangente dos impactos das chuvas na operação do transporte público.

3.3 Proposição de soluções integradas e sustentáveis para melhorar a interação entre os sistemas hídrico e viário de Belo Horizonte

Concluindo a metodologia deste trabalho, propôs-se uma abordagem abrangente e sistêmica para o delineamento de soluções integradas, visando aprimorar a interação entre os sistemas hídrico e viário de Belo Horizonte. Inicialmente, uma extensa revisão bibliográfica foi conduzida, explorando estudos relacionados à interação entre esses sistemas e analisando casos de sucesso em contextos urbanos similares. Posteriormente, foram analisados os dados que foram coletados ao longo deste trabalho, sendo eles os dados hidrológicos, dados do tempo de deslocamento do transporte público, dados viários, entre outros, tendo como objetivo identificar os pontos mais críticos na relação entre sistema hídrico e viário.

Finalmente, foram propostas soluções para os problemas identificados, utilizando como base os conceitos de planejamento tático, operacional e estratégico, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Características do planejamento estratégico, tático e operacional

TIPOS DE PLANEJAMENTO		
ESTRATÉGICO	TÁTICO	OPERACIONAL
O planejamento estratégico é o planejamento realizado no nível institucional das organizações, delineando a abordagem destinada a realizar os objetivos planejados em um cenário futuro projetado.	O planejamento tático abrange o nível intermediário da organização, os departamentos ou unidades de negócio da empresa, atuando como a ligação entre os níveis estratégicos e operacionais. Esse processo envolve secretários, coordenadores, assessores e gestores de indicadores e projetos.	O nível operacional concentra-se na execução de tarefas e operações otimizadas sempre visando a máxima eficiência. Se preocupam em como fazer e o que fazer no contexto em que as atividades são realizadas.

Fonte: Chiavenato (2006)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos dados de precipitação

Considerando que este trabalho está associado aos impactos das chuvas no transporte coletivo por ônibus na capital mineira, é importante que se faça uma análise abrangente sobre o período chuvoso nesta região. Segundo informações do INMET (2017), o período chuvoso em Belo Horizonte, assim como em toda a região sudeste do estado de Minas Gerais, ocorre entre os meses de outubro e março, podendo ter início na segunda quinzena do mês de setembro.

Segundo informações do INMET (2024), a expectativa de chuva para o mês de janeiro de 2024 era de 330,9 mm, sendo essa média superada em 4,4%, considerando o acumulado registrado de 345,5 mm. Vale ainda mencionar que este acumulado superou em 42 mm a última média da capital, de 2023, que registrou 304 mm.

Essa época do ano é marcada por recorrentes eventos de alagamentos e inundações em Belo Horizonte, que culminam em diversas consequências para a cidade. Segundo Nunes et al. (2018), com o passar dos anos, é possível observar o aumento das chuvas intensas, associado também às mudanças climáticas, sendo, então, imprescindível procurar medidas mitigadoras para esses impactos que já trazem tantos prejuízos para as cidades.

No artigo “Cidades de concreto: os impactos das chuvas na operação do transporte por ônibus em Belo Horizonte - MG” (Matos et al. (2021)), que será utilizado como parâmetro de comparação para os resultados deste trabalho, é possível perceber um claro exemplo do impacto das chuvas intensas, uma vez que ano de 2020 foram registradas chuvas históricas na capital, chegando a 151,6 mm de precipitação em um intervalo de 5 horas, o que trouxe muitos prejuízos para a cidade.

Especificamente no dia 23 de janeiro de 2024, data selecionada para este estudo, foram registradas as maiores precipitações do mês de janeiro de 2024, sendo essa a principal motivação para sua escolha. Para a análise da Avenida Prudente de Moraes, foram selecionadas as estações 32 e 42, com acumulados chegando a 70 mm de chuva, o que corresponde a aproximadamente 21% da precipitação do mês inteiro, em apenas 4 horas.

Para a Avenida Cristiano Machado foram analisadas as estações 6 e 10, com registros máximos de 40,8 mm de chuva, o que corresponde a aproximadamente 12% do total precipitado durante o mês inteiro, também ocorridos em um intervalo de tempo de 4 horas, entre 20 horas e 23:59 do dia 23 de janeiro.

No cenário dos dados apresentados, é fundamental ressaltar que os índices pluviométricos não podem ser avaliados exclusivamente pelo volume de chuva registrado. A escala temporal do evento pode ser crucial na resposta dos sistemas de drenagem, e, por conseguinte, nos impactos que isso acarretará nos sistemas viário e de transporte. Avaliando os volumes precipitados em um intervalo de 24 horas, considerando o maior acumulado de chuva nas estações analisadas, que foi de 70 mm, tem-se 2,91mm/hora, o que seria uma quantidade de chuva moderada e que, provavelmente, não iria sobrecarregar os sistemas de drenagem. Porém, quando é analisado o intervalo de tempo de 4 horas, encontra-se uma intensidade de chuva de 17,5 mm/hora, valor consideravelmente mais expressivo.

Segundo o INMET, em Belo Horizonte, a média de chuva por hora em eventos considerados intensos varia entre 10 e 20 mm, então 17,5 mm é um valor considerado crítico e pode trazer impactos no sistema de drenagem e, conseqüentemente, influenciar no sistema de transporte coletivo por ônibus, o foco de discussão deste trabalho.

Complementarmente, a seleção da data de 23 de janeiro de 2024, também pode ser embasada no noticiário registrado. Segundo reportagem do Jornal O Tempo (2024), algumas regionais da capital mineira, registrou em 3 horas 26% do volume total de chuva esperado para os 31 dias do mês de janeiro, trazendo diversas conseqüências como alagamento de diversas áreas, queda de árvores e deixando muitas pessoas ilhadas e sem energia elétrica. Além disso segundo o G1 (2024), em alguns bairros da região centro sul, foram registrados carros sendo arrastados pela correnteza, inundação em diversos pontos, quedas de árvores entre outros problemas.

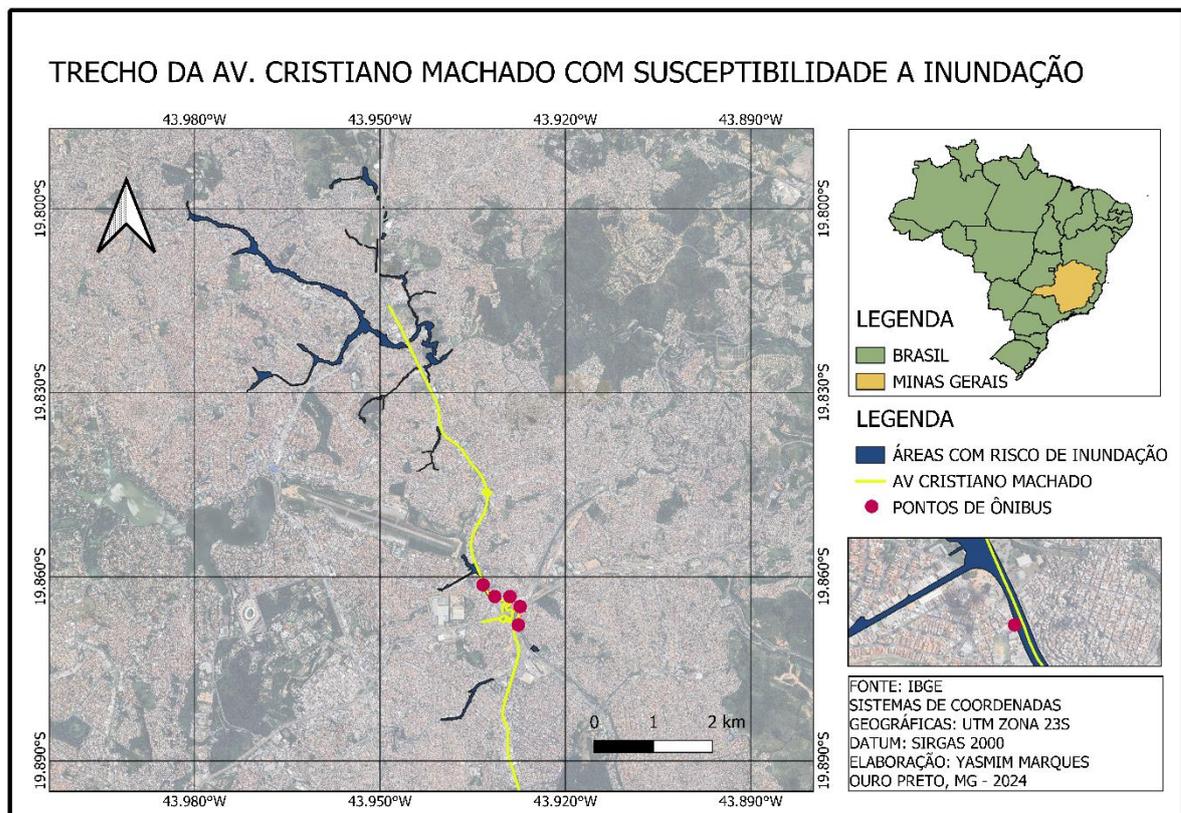
Vale ressaltar que a segunda data analisada, como forma de comparação em dia com baixos índices pluviométricos, foi o dia 30 de janeiro, sendo registrados na estação 6, 8,4mm, na estação 10, 9,2mm, na estação 32, 5,8mm e na estação 42, 10,6mm, que foram distribuídos ao longo do dia. Durante o período de análise, entre 20 horas e 23:59, foram registrados 0 mm nas 4 estações analisadas.

4.2 Análise dos dados de transporte

Como citado, a Avenida Cristiano Machado é um dos principais corredores de acesso à região central de BH, realizando a ligação de quatro regionais administrativas. Em uma parte de sua extensão é acompanhada pelo córrego da Pampulha e pelo Ribeirão da Onça, justificando os problemas com cheias, sendo uma avenida notabilizada pelo seu trânsito intenso, que se torna ainda mais crítico nos períodos de chuva. Já a Avenida Prudente de Moraes foi construída em cima do Córrego Leitão, que foi completamente canalizado na década de 70, sendo uma das principais vias arteriais da região Centro-Sul da capital mineira.

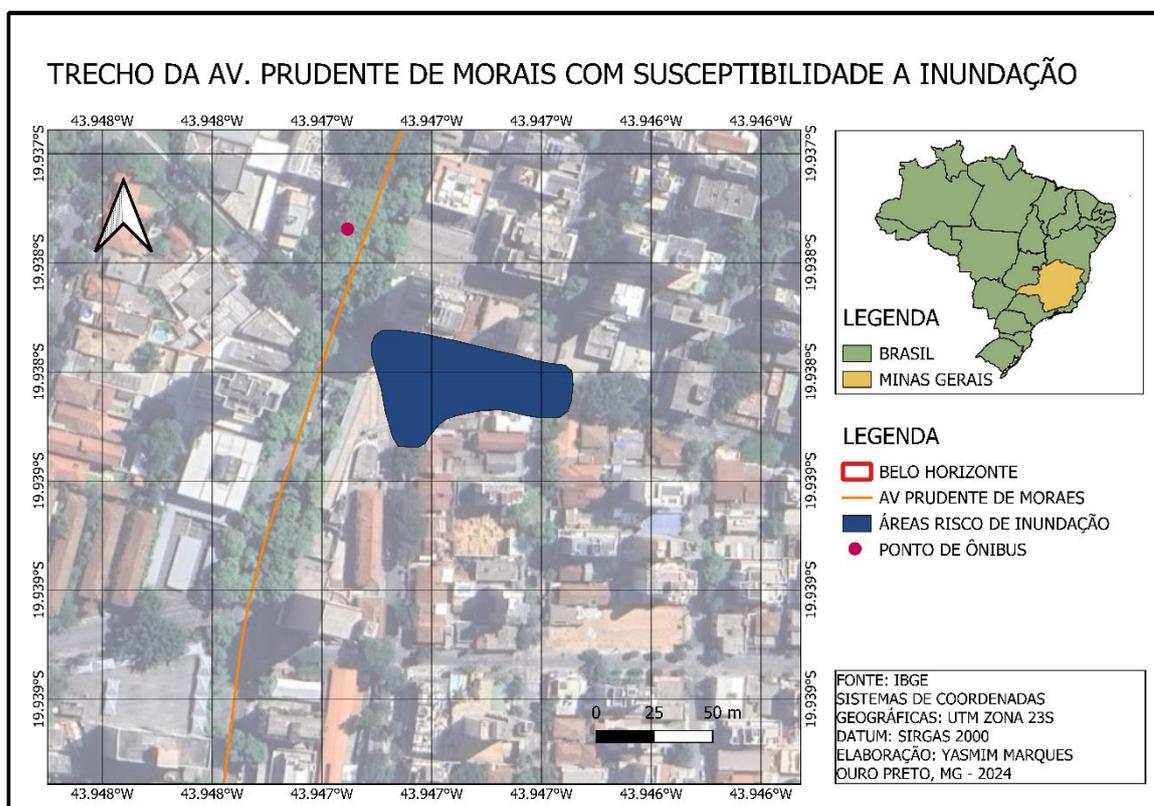
Assim, por meio das Figuras 6 e 7, é possível identificar os pontos críticos de cada avenida, considerando as manchas de inundação disponibilizadas no BHMap. Assim, foram identificadas as linhas de ônibus potencialmente afetadas em eventos de inundação, em função da proximidade dos pontos de ônibus que as recebem com as manchas de inundação.

Figura 6 - Mapa de susceptibilidade à inundação na Av. Cristiano Machado



Fonte: A autora (2024)

Figura 7 - Mapa de susceptibilidade à inundação na Av. Pudente de Moraes



Fonte: A autora (2024)

Para a Av. Cristiano Machado, foi selecionada como referência a parte da mancha de inunda o que está sobre a avenida, conforme destacado na Figura 6. Assim, foram identificados quais pontos de ônibus são potencialmente atingidos nessa mancha e, por consequência, as linhas que passam por esse ponto: 62, 66, 705, 706, 707 e 708. Para a Av. Pudente de Moraes, segundo as cartas de inunda o, não foi possível identificar uma mancha sobreposta   avenida, portanto foi analisada a mancha que fica mais próxima, e que causa interferências na avenida de estudo (Figura 7). De forma análoga   Av. Cristiano Machado, foi identificado o ponto de ônibus mais próximo da mancha de inunda o e, por consequência, as linhas que passam por ele: 1170, 4106, 8101, 8103 e 9101.

Considerando o evento pluviométrico selecionado, no dia 23 de janeiro de 2024 houve a interdi o da Avenida Cristiano Machado, o que afetou a opera o de diversas linhas e, dentre essas, as seis linhas municipais que foram selecionadas para o estudo (62, 66, 705, 706, 707 e

708). Na Tabela 2 são apresentados os principais dados operacionais dessas linhas na data supracitada, comparativamente ao dia 30 de janeiro de 2024.

Tabela 2 – Comparativo dos dados operacionais do transporte coletivo na Avenida Cristiano Machado (linhas 62, 66, 705, 706, 707 e 708)

Avenida Cristiano Machado		
Dados operacionais	Data	
	23.01.2024	30.01.2024
Tempo médio de viagem (diário)	01:19:23h	01:17:15h
Tempo médio de viagem (20:00 – 23:59)	01:08:25h	01:01:08h
Velocidade média das viagens (diário)	18,18 km/h	18,6 km/h
Velocidade média das viagens (20:00 – 23:59)	19,47 km/h	21,20 km/h
Distância média das viagens (diário)	23,94 km	23,86 km
Distância média das viagens (20:00 – 23:59)	22,06 km	21,56 km
Viagens previstas (diário)	421	421
Viagens previstas (20:00 – 23:59)	57	57
Viagens realizadas (diário)	395	407
Viagens realizadas (20:00 – 23:59)	50	57
Viagens não realizadas (diário)	26	14
Viagens não realizadas (20:00 – 23:59)	7	0
Viagens atrasadas (diário)	10	8
Viagens atrasadas (20:00 – 23:59)	2	0
Atraso médio (diário)	00:02:13h	00:01:58h
Atraso médio (20:00 – 23:59)	00:02:58h	00:01:46
Atraso máximo (diário)	00:21:57h	00:15:00h
Atraso máximo (20:00 – 23:59)	00:18:20h	00:07:25h

Fonte: A autora (2024)

Analisando a Tabela 2, observa-se que a operação das linhas selecionadas foi afetada no horário de ocorrência das chuvas, entre 20h e 23:59. Quando avaliado o período diário, eram previstas 421 viagens, onde 2,3% (10 viagens) sofreram atraso e 5,43% (26 viagens) não foram realizadas. Considerando o cenário do período de chuva (20h - 23:59), eram previstas 57 viagens, sendo que 3,5% (2 viagens) sofreram atraso e 12,28% (7 viagens) não foram realizadas. Verifica-se, assim, um cenário mais crítico no período chuvoso, se comparado à operação habitual na cidade.

Avaliando o dia 30 de janeiro de 2024, sem registro de chuva no horário em análise, observa-se uma mudança neste padrão. Analisando o período diário, eram previstas 421 viagens, onde 1,9% (8 viagens) sofreram atraso e 3,32% (14 viagens) não foram realizadas. Já no período de 20h a 23:59, eram previstas 57 viagens, sendo que 0% (0 viagens) não foram realizadas e 0% (0 viagens) sofreram atraso. Verifica-se, assim, que em um dia sem ocorrência de chuva, não há atrasos específicos neste horário.

No que se refere às médias do tempo de viagem e à velocidade na operação do transporte coletivo na Av. Cristiano Machado, observa-se que o tempo de viagem e a distância aumentam nos períodos de chuva, enquanto a velocidade média diminui. Além disso, também é possível verificar um aumento no atraso médio e no atraso máximo das viagens de ônibus nos períodos de chuva, se comparado à operação habitual na cidade.

Analisando o mesmo cenário em um ano diferente, para a Av. Cristiano Machado, segundo Matos et al. (2021), no ano de 2020, a interdição viária entre 19h e 23h59 afetou significativamente a operação das linhas de ônibus, com 6,9% das viagens atrasadas e 9,6% omitidas, destoando da média habitual de Belo Horizonte de 0,8% e 0,9%, respectivamente. Os intervalos entre viagens também ficaram irregulares, com mínimos de 1 minuto (previsto 6 minutos) e máximos de até 2h59 (previsto 30 minutos). O tempo médio das viagens aumentou 53% durante a interdição em decorrência das chuvas, considerando os mesmos horários de um dia útil típico da semana anterior.

É importante ressaltar que a Avenida Cristiano Machado é atendida por 2 perfis de linhas de ônibus. As linhas de alimentação conectam áreas periféricas a terminais ou estações principais, facilitando o acesso de passageiros a corredores de maior circulação. Já as linhas troncais operam em vias principais, transportando grandes volumes de pessoas por distâncias mais longas e com menos paradas, geralmente entre terminais e áreas centrais (Azambuja, 2002). Tais fatores possuem relevância no estudo do impacto da chuva no transporte coletivo por ônibus devido à integração entre essas linhas, o que aumenta a eficiência do sistema de transporte em dias comuns, mas causa maiores transtornos em dias de chuvas extremas.

Para a Avenida Prudente de Moraes, identifica-se o mesmo padrão da Avenida Cristiano Machado. Foram estudadas todas as linhas do transporte coletivo que transitam nos trechos interditados em decorrência das fortes chuvas (linhas 1170, 4106, 8101, 8103 e 9101). Na

Tabela 3 são apresentados os principais dados operacionais dessas linhas no dia 23 de janeiro de 2024, comparativamente ao dia 30 de janeiro de 2024.

Tabela 3 - Comparativo dos dados operacionais do transporte coletivo na Avenida Prudente de Moraes (linhas 1170, 4106, 8101, 8103 e 9101)

Avenida Prudente de Moraes		
Dados operacionais	Data	
	23.01.2024	30.01.2024
Tempo médio de viagem (diário)	01:10:09h	01:07:38h
Tempo médio de viagem (20:00 – 23:59)	00:54:06h	00:47:54h
Velocidade média das viagens (diário)	13,35 km/h	13,96 km/h
Velocidade média das viagens (20:00 – 23:59)	15,61 km/h	18,15 km/h
Distância média das viagens (diário)	15,58 km	15,59 km
Distância média das viagens (20:00 – 23:59)	14,05 km	14,22 km
Viagens previstas (diário)	487	488
Viagens previstas (20:00 – 23:59)	63	62
Viagens realizadas (diário)	474	488
Viagens realizadas (20:00 – 23:59)	58	55
Viagens não realizadas (diário)	13	7
Viagens não realizadas (20:00 – 23:59)	5	0
Viagens atrasadas (diário)	16	12
Viagens atrasadas (20:00 – 23:59)	7	1
Atraso médio (diário)	00:02:14h	00:02:08h
Atraso médio (20:00 – 23:59)	00:03:51h	00:02:21h
Atraso máximo (diário)	00:52:05h	00:29:30h
Atraso máximo (20:00 – 23:59)	00:30:56h	00:20:37h

Fonte: A autora (2024)

Analisando a Tabela 3, observa-se que a operação das linhas selecionadas para a Av. Prudente de Moraes foi afetada no horário de ocorrência das chuvas, entre 20h e 23:59. Quando avaliado o período diário, eram previstas 487 viagens, onde 3,28% (16 viagens) sofreram atraso e 2,6% (13 viagens) não foram realizadas. Considerando o cenário do período de chuva (20h - 23:59), eram previstas 63 viagens, sendo que 11,1% (7 viagens) sofreram atraso e 7,93% (5 viagens) não foram realizadas.

Avaliando o dia 30 de janeiro de 2024, sem registro de chuva no horário em análise, observa-se novamente uma mudança neste padrão. Quando considerado o período diário, eram previstas 488 viagens, onde 1,43% (7 viagens) não foram realizadas e 2,45% (12 viagens) sofreram atraso. Já no período de 20h a 23:59, eram previstas 62 viagens, sendo que 0% (0 viagens) não foram realizadas e 1,61% (1 viagem) sofreram atraso. Verifica-se, novamente, que em um dia sem ocorrência de chuva, não há atrasos específicos neste horário para a Av. Prudente de Moraes.

Assim como aconteceu na Avenida Cristiano Machado, ao serem analisadas as médias do tempo de viagem e da velocidade na operação do transporte coletivo na Av. Prudente de Moraes, constata-se que durante os períodos de chuva, tanto o tempo de deslocamento quanto a distância percorrida aumentam, ao passo que a velocidade média diminui. Adicionalmente, percebe-se um acréscimo tanto no atraso médio, quanto no atraso máximo das viagens de ônibus durante os períodos chuvosos, quando comparados a um dia típico.

Analisando o mesmo cenário em um ano diferente, no ano de 2020, segundo Matos et al. (2021), para a Av. Prudente de Moraes a interdição viária, entre 19h e 23h59, afetou significativamente a operação das linhas de ônibus. Das 618 viagens previstas, 7,1% foram omitidas e 3,2% ocorreram com atraso. Houveram irregularidade nos intervalos entre viagens, com um mínimo de 1 minuto (previsto 4 minutos) e um máximo de 2h19 (previsto 30 minutos). O tempo médio das viagens aumentou 60%, se comparado ao mesmo horário de um dia útil típico da semana anterior.

Em suma, os parâmetros abordados nessa análise podem ser explicados por diversos fatores, como desvios no trajeto, paradas frequentes e trânsito mais intenso. Durante a chuva, os motoristas tendem a dirigir mais devagar para garantir a segurança, e o volume de tráfego geralmente aumenta devido ao maior número de veículos nas ruas. Além disso, a visibilidade reduzida e as condições escorregadias das vias contribuem para uma diminuição na velocidade média dos veículos de transporte coletivo. Complementarmente, em alguns casos há a necessidade de fazer desvios para evitar áreas alagadas ou com condições perigosas. Os motoristas de ônibus são forçados a buscar rotas alternativas, o que não só aumenta a distância percorrida, mas também o tempo de viagem. Esses fatores, combinados, resultam em um transporte coletivo menos eficiente durante os períodos de chuvas intensas.

Quando se trata de viagens realizadas, a situação é um pouco mais complexa. A viagem realizada está diretamente relacionada à frota de ônibus em operação. Segundo Guadalupe (2002), durante a chuva, o tempo de viagem aumenta, o que pode desorganizar a programação dos ônibus. Esses eventos climáticos adversos influenciam significativamente no cumprimento dos horários programados, pois as frotas em operação frequentemente não conseguem concluir seus ciclos pré-determinados dentro do tempo estimado.

Segundo Couto (2011), quando o tempo de viagem se prolonga devido a fatores como tráfego mais intenso, desvios para evitar áreas alagadas e paradas mais frequentes para embarque e desembarque de passageiros, os ônibus demoram mais para completar seus percursos. Como resultado, os ônibus podem sair atrasados dos terminais e pontos finais, acumulando atrasos ao longo do dia. Além disso, a necessidade de ajustes frequentes nos horários para tentar compensar os atrasos pode criar uma cascata de interrupções, afetando não apenas uma linha específica, mas todo o sistema de transporte coletivo.

Outro ponto que é importante destacar é a quantidade de viagens que são ofertadas ao longo do dia e a quantidade de viagens que são ofertadas durante o período de chuva. Os picos de demanda são períodos específicos do dia em que há um aumento significativo no número de passageiros se locomovendo dentro da cidade. Conforme Ramos (2013), conta-se com 3 picos, sendo o primeiro na parte da manhã, entre 5h e 9h - nesse horário o fluxo é voltado para as regiões centrais, onde as pessoas vão trabalhar - e o segundo pico é entre 11h e 13h, que é o horário de almoço e horário de escola, e o último pico é entre 16h e 18h, que é o horário em que as pessoas estão retornando para suas casas.

Ainda de acordo com Ramos (2013), em horários de pico a oferta de viagens de transporte público é significativamente maior do que nos demais períodos do dia, em resposta à alta demanda desses momentos. Isso significa que durante os horários de pico, os ônibus e outros meios de transporte público operam com intervalos mais curtos entre as viagens, para atender ao grande número de passageiros que precisam se deslocar. Por outro lado, fora dos horários de pico, a demanda por transporte público é menor, resultando em uma oferta reduzida de viagens. Assim, nesses períodos, os intervalos entre as viagens são mais longos, refletindo a menor necessidade de deslocamento da população.

Essa informação, conforme pode ser visto de forma mais detalhada na Tabela 4, serve como explicação para os valores obtidos nesta análise. É importante destacar que o horário de ocorrência do evento extremo de chuva (20h – 23:59) não está dentro do horário de pico, o que conseqüentemente gera impactos menores no transporte coletivo por ônibus.

Tabela 4 - Viagens realizadas por linha

Linha	Viagens realizadas por linha no dia 23/01/2024				
	Avenida Cristiano Machado				
	Horário da primeira viagem	Horário da última viagem	Viagens totais	Viagens entre 16:00 – 18:00	Viagens entre 20:00 - 23:59
62	05:00 h	23:50 h	127	13	11
66	05:00 h	23:40 h	78	11	11
705	04:15 h	23:05 h	48	7	8
706	00:45 h	23:40 h	46	6	9
707	00:40 h	23:50 h	74	9	9
708	05:00 h	23:35 h	47	6	8
Avenida Prudente de Moraes					
Linha	Horário da primeira viagem	Horário da última viagem	Viagens totais	Viagens entre 16:00 – 18:00	Viagens entre 20:00 - 23:59
1170	06:00 h	23:05 h	63	8	11
4106	05:10 h	23:00 h	47	6	7
8101	04:55 h	23:50 h	123	19	18
8103	00:30	23:40 h	128	19	15
9101	04:40 h	22:54 h	132	18	10

Fonte: A autora (2024)

A análise realizada por Matos et al. (2021) cobre o intervalo das 19h às 23h59, o que é relevante para entender o funcionamento do transporte coletivo dentro e fora dos horários de pico convencionais. Embora 19h não seja tipicamente considerada uma hora de pico, ainda há efeitos residuais do período de pico que se encerra às 18h. Isso significa que, às 19h, o tráfego pode ainda ser relativamente intenso, especialmente quando comparado com horários posteriores, como às 20h ou mais tarde, quando o fluxo de passageiros tende a diminuir.

Além disso, o intervalo das 19h às 23h59 inclui o período em que muitas linhas de ônibus ainda estão ativas, o que pode influenciar significativamente o desempenho geral do

sistema de transporte. O fato de que ainda há uma quantidade substancial de linhas operando pode afetar tanto a frequência dos ônibus quanto a capacidade de atendimento da demanda. Portanto, analisar esse período mais amplo permite capturar uma gama mais completa de variações no desempenho do transporte coletivo e como ele responde a diferentes níveis de demanda e operações ao longo da noite.

De forma geral, quando comparados os resultados deste estudo com os resultados obtidos por Matos et al. (2021), que avaliou as mesmas regiões no ano de 2020 com chuvas recordes, percebe-se bastante similaridade nos parâmetros analisados, sendo possível identificar um padrão de comportamento no transporte público coletivo por ônibus em situações de eventos climáticos extremos. A maior mudança identificada foi no número de viagens oferecidas, que no ano de 2020 eram 406 por dia na Av. Cristiano Machado e atualmente tem-se 421 viagens (acréscimo de 3,69%). Na Av. Prudente de Moraes, por sua vez, o número de viagens reduziu de 618, em 2020, para 487 em 2024 (queda de 21,2%).

A queda no número de viagens na Av. Prudente de Moraes pode ser justificada pelo período pós-pandemia, uma vez que novos estilos de vida foram adotados, havendo uma mudança significativa nos hábitos de mobilidade da população. Com a popularização do “home office” /teletrabalho, mais pessoas estão trabalhando em casa, reduzindo a necessidade de deslocamentos diários. Isso levou a uma diminuição na demanda por transporte coletivo, especialmente em horários que são considerados de pico.

Além disso, a popularização dos aplicativos de transporte individual, como carros e motos, tem impactado diretamente na demanda pelo transporte público. Esses aplicativos oferecem uma série de vantagens em relação ao transporte público, o que tem contribuído para a sua crescente utilização e, conseqüentemente, para a diminuição do uso do transporte público, sendo o principal deles a comodidade, praticidade e o preço.

Outro ponto importante é o preço das passagens de ônibus. Em 2020, o preço das passagens era de 4 reais e 50 centavos e no ano de 2024 teve um reajuste de 16,67%, passando a ser de 5 reais e 25 centavos, não sendo um valor tão atrativo. Percebe-se, assim, um ponto de conflito com os aplicativos de mobilidade, tornando-os mais atrativos, se comparados ao transporte coletivo.

O transporte coletivo desempenha um papel essencial na mobilidade urbana, especialmente em grandes cidades como Belo Horizonte, onde a demanda por transporte público é alta. No entanto, condições climáticas adversas, particularmente durante o período chuvoso, têm um impacto significativo na operação do transporte coletivo. A análise realizada neste estudo evidencia que as chuvas intensas afetam não apenas o tempo de viagem e a velocidade média dos ônibus, mas também a frequência e regularidade das viagens, resultando em atrasos e cancelamentos que prejudicam os usuários.

4.3. Proposição de soluções integradas e sustentáveis para melhorar a interação entre os sistemas hídrico e viário de Belo Horizonte

Diante do cenário exposto, torna-se fundamental a implementação de medidas mitigadoras que possam reduzir os impactos das chuvas sobre o transporte coletivo. Em termos hidrológicos, essas medidas podem ser divididas em extensivas e intensivas. Segundo Albuquerque (2021), as medidas extensivas visam atuar diretamente nas bacias hidrográficas para diminuir as vazões, enquanto as medidas intensivas são aplicadas diretamente nos rios e têm sido mais utilizadas devido à recorrência de inundações.

Uma alternativa que se destaca nesse contexto é a implantação de parques lineares, como sugere Albuquerque (2021). Esses parques oferecem várias vantagens, pois podem ser compostos por praças, canteiros, áreas de lazer e espaços de convivência. Além de serem visualmente atraentes e contribuírem para a melhoria do clima local, os parques lineares ajudam a prevenir ocupações irregulares, tornando-se uma solução mais aceitável pela população.

Assim, a adoção de parques lineares como medida mitigadora não só oferece benefícios ambientais, como a redução das ilhas de calor e a melhoria da qualidade do ar, mas também desempenha um papel crucial na minimização dos impactos das chuvas sobre o transporte coletivo. Esses espaços verdes, integrados ao ambiente urbano, promovem uma solução sustentável e eficiente, ao mesmo tempo em que atendem às necessidades da população, fortalecendo o transporte coletivo mesmo em períodos de chuvas intensas.

Outra proposta integrada é a trama verde e azul, que pode contribuir significativamente para reduzir alagamentos, melhorar a drenagem natural e minimizar os efeitos das inundações

nas vias públicas, especialmente nas avenidas mais afetadas em Belo Horizonte. Essa abordagem ecológica atua como uma infraestrutura natural que absorve o excesso de água da chuva, ao mesmo tempo em que promove a biodiversidade, regula o microclima urbano e oferece áreas verdes que melhoram a qualidade de vida da população (Oliveira, 2018).

Investir em pesquisas adicionais e no desenvolvimento de estratégias adaptativas não apenas ajudará a melhorar a eficiência do transporte coletivo durante períodos de chuvas, mas também contribuirá para uma maior segurança e satisfação dos usuários.

Complementarmente, Belo Horizonte é uma cidade que possui um centro de operações integradas (COP), que é um núcleo de gerenciamento e monitoramento responsável por coordenar ações emergenciais e operações urbanas na cidade. Este centro desempenha um papel crucial na gestão de crises e na manutenção da ordem e segurança pública, especialmente durante eventos adversos como chuvas intensas, enchentes e outras situações de emergência. Em visita ao COP (Figura 8), foi possível entender de forma mais aprofundada como eles lidam com as chuvas intensas e seus impactos no transporte coletivo por ônibus.

A gestão das inundações em Belo Horizonte enfrenta diversos desafios, incluindo a confiabilidade das informações sobre as áreas afetadas. A mancha de inundação atual foi elaborada com base na fala da população, o que pode não refletir totalmente a realidade. Além disso, sempre que chove intensamente, ocorre o bloqueio imediato de algumas vias principais, causando significativos transtornos à mobilidade urbana. Embora as áreas de alagamento sejam pontos monitorados e suas informações sejam atualizadas a cada dois anos, a periodicidade dessa atualização pode ser insuficiente para uma resposta eficiente a eventos climáticos adversos.

A Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) utiliza o sistema Geoclima para monitorar e prever as condições de chuva na cidade, com atualizações a cada 5 minutos. Este sistema representa a primeira etapa do projeto de minimização dos impactos das chuvas, oferecendo um monitoramento visual crucial para a gestão de crises. Quando o Geoclima indica que a situação climática está se agravando, a primeira ação tomada é esvaziar todas as estações de ônibus para evitar que os passageiros fiquem ilhados durante as inundações, trazendo ônibus de reforço.

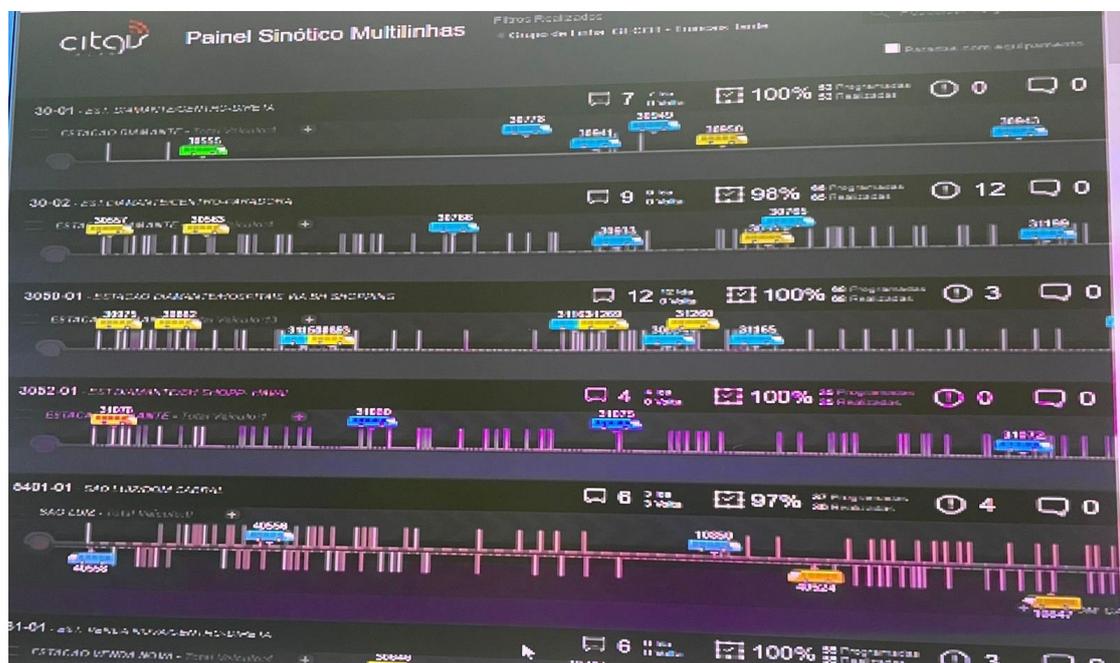
Figura 8 – Painel de controle do Centro de Operações da prefeitura de Belo Horizonte - MG



Fonte: A autora (2024)

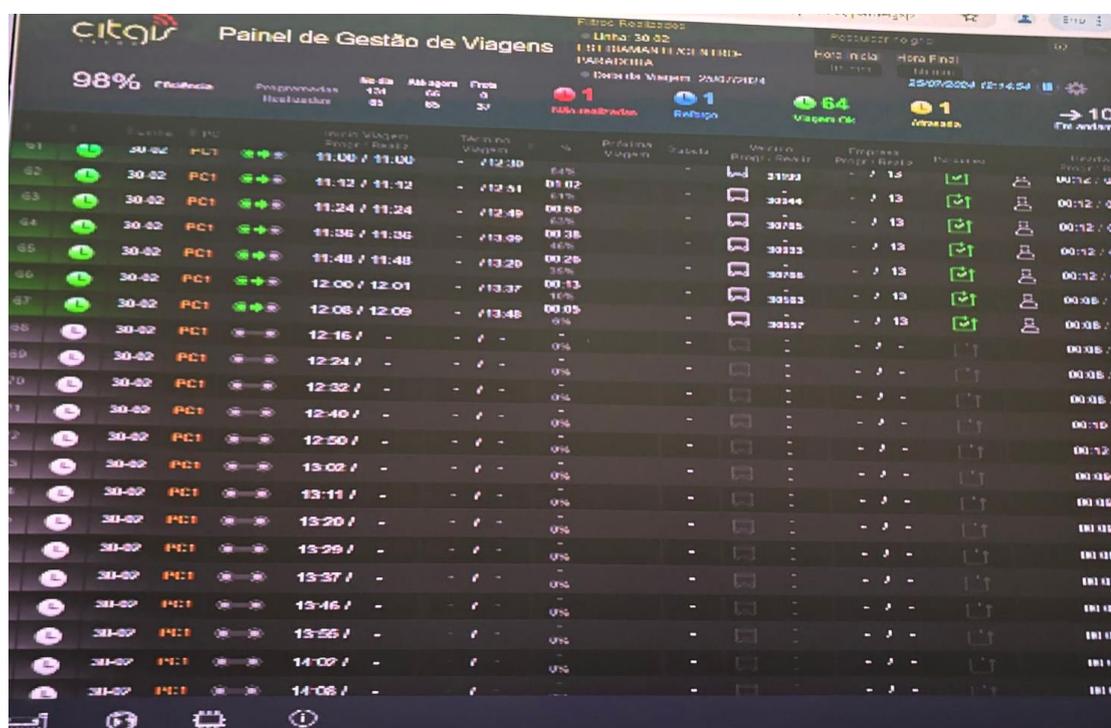
Além disso, é possível monitorar todas as operações de transporte público coletivo por ônibus através do painel sinótico multilinhas (Figura 9). Nesse painel é possível acompanhar todo o trajeto dos ônibus e eles são separados em 3 cores: os ônibus em azul estão com as viagens ocorrendo normalmente; os ônibus amarelos podem estar com pequenos atrasos ou com pequenas alterações nas rotas; e os ônibus vermelhos estão em situações mais críticas. Outro importante painel é o de gestão de viagens, que mostra a linha, o horário de saída da estação, o horário de chegada, calcula os atrasos e todas as outras informações necessárias sobre os tempos de viagens dos ônibus em trânsito, como é possível ver na Figura 10.

Figura 9 – Painel sinótico multilinhas, onde apresenta a situação de cada ônibus em trânsito.



Fonte: A autora (2024)

Figura 10 – Painel de gestão de viagens, onde é possível verificar informações relativas aos tempos de viagens.



Fonte: A autora (2024)

Para as áreas identificadas como de maior risco, os ônibus em operação possuem rotas de desvio pré-estabelecidas, que são acionadas automaticamente para evitar zonas alagadas, porém essas rotas pré-estabelecidas ainda são feitas de forma precária, devido à falta de treinamento adequado de alguns motoristas. Durante todo o percurso, os ônibus são monitorados em tempo real, garantindo que quaisquer alterações ou problemas possam ser rapidamente identificados e tratados. A comunicação entre as empresas de transporte e os motoristas é contínua, permitindo uma coordenação eficiente.

Caso a situação se agrave e os recursos disponíveis não sejam suficientes para manter a operação segura, a última medida a ser tomada é a paralisação total das atividades de transporte até que o evento climático passe e a situação seja completamente normalizada. Essa abordagem gradual e integrada visa minimizar os impactos das chuvas e assegurar a segurança dos passageiros e da operação do transporte coletivo.

Além disso, a capital mineira possui um plano de contingência detalhado para lidar com áreas inundadas, que é dividido em dois tipos de operação: pontos com protocolos de chuva e pontos sem protocolos de chuva. Segundo o plano de contingência, os pontos com protocolos de chuva são aqueles previamente identificados e monitorados devido ao histórico de alagamentos e riscos associados a condições meteorológicas adversas. Para esses locais, foram estabelecidos protocolos específicos que incluem medidas preventivas e reativas. Isso pode envolver a instalação de barreiras temporárias, o redirecionamento do tráfego, a evacuação de áreas críticas e a comunicação antecipada com os residentes sobre os riscos iminentes. Os pontos com protocolos de chuva são constantemente monitorados, e a resposta é acionada de forma rápida e coordenada para minimizar os impactos das inundações.

Por outro lado, os pontos sem protocolos de chuva são áreas que, embora possam ser afetadas por alagamentos, não possuem medidas preventivas e protocolos específicos estabelecidos devido à falta de histórico significativo de eventos críticos. Nestes locais, a resposta a situações de emergência é geralmente menos estruturada, dependendo de um sistema de alerta e de intervenção rápida para lidar com possíveis imprevistos. O plano de contingência para esses pontos pode incluir a ativação de medidas gerais de emergência e a mobilização de recursos conforme necessário, com base na gravidade da situação.

Belo Horizonte conta com um complexo sistema de transporte coletivo, composto por 34 empresas de ônibus que operam sob a coordenação de quatro consórcios. Esse arranjo busca otimizar a oferta de serviços e garantir a cobertura de toda a cidade, embora ainda enfrente desafios significativos. Um exemplo destes desafios é a fragmentação da operação de transporte que pode levar a uma falta de uniformidade nos padrões de serviço e qualidade, resultando em variações na experiência do usuário, especialmente durante eventos climáticos adversos, como as frequentes inundações que resultam em bloqueios de vias e impactam a mobilidade urbana.

O consórcio TRANSFÁCIL, responsável por gerenciar parte do transporte coletivo em Belo Horizonte, disponibiliza nos terminais de ônibus telas que devem informar sobre desvios de rotas. No entanto, esses equipamentos frequentemente não funcionam, comprometendo a disseminação de informações cruciais para os passageiros. Além disso, a SUMOB emite áudios nas estações para comunicar os desvios, mas esses avisos muitas vezes não são ouvidos devido ao alto nível de ruído no ambiente. Essa situação evidencia a necessidade urgente de melhorias na comunicação com os usuários do transporte coletivo e a necessidade de estabelecer um padrão entre todas as empresas de transporte operantes na capital.

Além disso, alguns aplicativos fornecem informações em tempo real sobre o transporte coletivo em Belo Horizonte, incluindo dados sobre atrasos. O MOVIT é um dos principais aplicativos utilizados, oferecendo aos usuários uma visão detalhada dos horários de chegada e partida dos ônibus, bem como atualizações sobre possíveis atrasos. No entanto, a sua adoção não é universal, pois muitos usuários podem não estar familiarizados com esse tipo de tecnologia, e o aplicativo ainda necessita de melhorias. Por exemplo, a inclusão de informações sobre rotas alternativas seria uma atualização valiosa para aprimorar a experiência do usuário e fornecer soluções mais eficazes durante interrupções no serviço.

No ano de 2024, após diversos problemas com acidentes e chuvas foi instalado na interseção das ruas Joaquim Morteiro e Contorno, na Prudente de Moraes, um semáforo específico que sinaliza situações de alagamento na região. Quando começa uma chuva intensa, o semáforo é automaticamente acionado, permanecendo na cor amarela como um aviso de alerta aos motoristas e fica vermelho quando está alagado e interditado, indicando que os motoristas não devem seguir em frente, realizando os desvios e quando a situação se estabiliza ele fica desligado indicando que já é possível transitar pela região, como é possível ver na Figura 11.

Figura 11 – Sinalização vertical de alerta de inundação na Av. Prudente de Moraes



Fonte: Portal G1 (2024)

Por outro lado, a Avenida Cristiano Machado ainda não dispõe de um sistema eficaz para sinalizar interferências no trânsito durante eventos extremos de chuva, resultando em diversos transtornos para os motoristas que trafegam pela região. Em diálogo com funcionários do Centro de Operações de Belo Horizonte (COP-BH), foi revelado que a prefeitura possui projetos em desenvolvimento para minimizar esses problemas, que são recorrentes na capital durante o período chuvoso.

Para a Avenida Cristiano Machado, já está em funcionamento uma bacia de contenção nas proximidades e já foram feitos alguns testes, demonstrando a eficiência do projeto. Essa estrutura é projetada para controlar o escoamento superficial da água da chuva, especialmente em áreas urbanas, com o objetivo principal de reduzir os riscos de inundações e enchentes. A implantação de uma bacia de contenção pode resolver significativamente os problemas enfrentados nessa avenida.

Entretanto, a implementação de uma bacia de contenção não é viável na Avenida Prudente de Moraes, por exemplo, devido à falta de espaço para sua construção. Nesse contexto,

outras soluções estão sendo consideradas para mitigar os problemas de alagamento, como investimentos em monitoramento hidrológico. Um exemplo é a medição dos índices pluviométricos, onde uma lâmina de até 20 mm é considerada segura, enquanto valores acima de 20 mm já são classificados como risco 1. Atualmente, essa região é atendida pelo sistema de monitoramento via satélite de Matheus Leme, que auxilia na gestão das demandas relacionadas às inundações.

Além dessas propostas que já estão sendo estudadas, é possível trazer várias outras propostas de intervenção, seguindo o planejamento estratégico, tático e operacional. Para o planejamento estratégico, podem ser citadas: 1) Desenvolvimento de protocolos integrados, visando uma resposta coordenada e eficiente durante emergências climáticas; 2) Melhoria na atualização das informações de alagamento, sendo crucial implementar um sistema de monitoramento contínuo, integrado ao Geoclima, que utilize feedback em tempo real da população para fornecer informações precisas e atualizadas sobre áreas alagadas, permitindo uma resposta mais ágil; 3) Uniformização e integração do sistema de transporte, sendo recomendada a criação de padrões operacionais e de comunicação unificados entre as empresas e consórcios de transporte, melhorando a coordenação e a qualidade do serviço, especialmente em situações de emergência; e 4) Melhoria na comunicação com os passageiros, sendo uma medida essencial para minimizar o caos durante interrupções no serviço. Será necessário atualizar e manter as telas nos terminais e melhorar os sistemas de áudio. Além disso, a integração de soluções digitais, como notificações via aplicativos, pode complementar a comunicação e garantir que os passageiros recebam informações claras e oportunas sobre desvios e interrupções.

No que se refere às medidas táticas, tem-se: 1) Treinamento e capacitação de motoristas, de forma a garantir que todos os motoristas de ônibus estejam bem preparados para enfrentar situações de emergência. Para isso, deve-se estabelecer programas de treinamento regular que enfoquem procedimentos de emergência e navegação em condições adversas. A capacitação adequada ajudará a aumentar a eficiência e a segurança na operação dos ônibus durante eventos climáticos extremos; 2) Revisão e ajuste dos protocolos de desvio, visando garantir que os desvios de rotas sejam eficazes. Os desvios pré-estabelecidos devem ser ajustados com base em simulações e no feedback das operações, ajudando a minimizar o impacto das inundações na mobilidade urbana; e 3) Feedback e ajuste contínuos: será necessário implementar um sistema

de feedback contínuo para coletar informações de motoristas, passageiros e operadores. Com base nesse feedback, as estratégias de resposta devem ser ajustadas para aprimorar continuamente as operações e a gestão das crises, aumentando a resiliência do sistema de transporte coletivo.

Finalmente, para o planejamento operacional, são propostas as seguintes medidas: 1) Ação imediata em caso de bloqueios: para reduzir rapidamente os transtornos causados pelos bloqueios de vias durante inundações, é necessário estabelecer uma equipe de resposta rápida. Esta equipe deve ajustar as rotas de ônibus e comunicar desvios de forma eficiente e em tempo real. A implementação dessa medida ajudará a minimizar o impacto dos bloqueios na mobilidade e garantirá que os passageiros sejam informados e redirecionados adequadamente.

Em suma, as propostas de intervenção visam criar um sistema de transporte coletivo mais resiliente e seguro para os dias chuvosos em Belo Horizonte, assegurando que os impactos das chuvas sejam mitigados de forma eficaz. Com a implementação dessas medidas, espera-se melhorar significativamente a qualidade do serviço, a segurança dos usuários e a eficiência operacional das empresas de ônibus.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo principal analisar os impactos das chuvas intensas na mobilidade urbana de Belo Horizonte, com foco na operação do sistema de transporte coletivo por ônibus. Através da investigação dos registros de chuvas recordes e das características do sistema de transporte nas Avenidas Cristiano Machado e Prudente de Moraes, foi possível identificar os efeitos adversos das inundações na eficiência do transporte público. Os resultados revelaram que eventos de chuvas intensas têm um impacto significativo na operação dos ônibus, especialmente nas áreas sobre córregos canalizados, como as avenidas estudadas.

As chuvas fortes resultam em bloqueios de vias e alagamentos, prejudicando a fluidez do tráfego e a pontualidade dos serviços de transporte coletivo. A análise comparativa entre dias chuvosos e dias sem chuvas demonstrou que a capacidade de resposta e a resiliência do sistema de transporte são insuficientes para enfrentar as situações extremas, levando a transtornos significativos para os passageiros e à necessidade de ajustes operacionais frequentes.

Além disso, a proposta de soluções integradas e sustentáveis revelou-se essencial para aprimorar a interação entre os sistemas hídrico e viário. A implementação de protocolos de gestão de inundações, melhorias na comunicação com os passageiros e a capacitação dos motoristas são intervenções cruciais para minimizar os impactos negativos das chuvas intensas. A adoção de medidas como o aprimoramento dos sistemas de monitoramento e a uniformização das operações do transporte coletivo contribuirão para uma mobilidade urbana mais eficiente e segura em Belo Horizonte.

Adicionalmente, é necessário considerar a ampliação das infraestruturas urbanas para lidar com o aumento do volume de águas pluviais. Além dos parques lineares, que têm se mostrado uma alternativa eficaz na gestão das inundações, outras soluções como a construção de reservatórios de amortecimento e a implementação de sistemas de drenagem mais eficientes também se destacam como medidas essenciais. Essas infraestruturas não apenas controlam o fluxo de água, mas também reduzem o risco de inundações que afetam diretamente o transporte coletivo.

A integração dessas soluções em um planejamento urbano mais amplo, que considere as especificidades de cada região da cidade, é fundamental para garantir a resiliência do sistema de transporte em face das mudanças climáticas. O envolvimento da população nas etapas de planejamento e implementação dessas medidas é igualmente importante, garantindo que as soluções adotadas atendam às necessidades locais e sejam bem aceitas pela comunidade. Com uma abordagem multidisciplinar e a colaboração entre poder público, especialistas e a sociedade civil, Belo Horizonte pode avançar na mitigação dos impactos das chuvas intensas sobre a mobilidade urbana, assegurando um transporte coletivo mais robusto e confiável para todos os seus habitantes.

7. REFERÊNCIAS

AGUIAR, I.; MOURA, P. SIQUEIRA, R. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos MONITORAMENTO HIDROLOGICO DE BELO HORIZONTE: ESTUDO DE CASO A HYDROLOGICAL MONITORING BELO HORIZONTE: APPLICATION.** [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013__PAP012931.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2024.

<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013__PAP012931.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2024.

ALBUQUERQUE, Cláudia Campos de. Delimitação de áreas de inundação com o uso de modelagem hidráulico-hidrológica como ferramenta de subsídio para implementação de parque linear. 2021. 228 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021. **ANTUNES LESSA, D. et al.** A mobilidade urbana em Belo Horizonte/Minas Gerais/Brasil: indicadores e projeções para as viagens por automóveis. **Revista Transporte y Territorio**, v. 0, n. 20, p. 288, 1 abr. 2019.

AZAMBUJA, Ana Maria Volkmer de et al. Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros. 2002.

BASSO, L. C.; RIBEIRO, L. A.; CARDOSO, G. T. O processo de ocupação urbana e o sistema de espaços livres na constituição da forma urbana contemporânea de uma cidade de médio porte gaúcha. **Paisagem e Ambiente**, v. 31, n. 45, p. e159039, 21 dez. 2020.

BELO HORIZONTE. Superintendência de Mobilidade do Município de Belo Horizonte - SUMOB. Relatórios internos. Belo Horizonte: Superintendência de Mobilidade do Município de Belo Horizonte, 2024

BORSAGLI, Alessandro. O Vale do Córrego do Leitão em Belo Horizonte: contribuições da cartografia para compreensão de sua ocupação. **SEMINÁRIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA HISTÓRICA**, v. 1, 2011. Disponível em:

<https://www.ufmg.br/rededemuseus/crch/simposio/BORSAGLI_ALESSANDRO.pdf> Acesso em: 22 abr. 2020.

BRASIL. Política Nacional de Mobilidade Urbana - Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012.. 1 jan. 2012.

BRASIL. *Qualificação do Sistema de Transporte Público Coletivo por Ônibus no Brasil*. Brasília: Editora IABS, 2021. 121 p. ISBN 000-00-00000-00-0

CAUDURO, Flávia; DE MATOS, Henrique. Drenagem e a Urbanização—Estudo de caso dos impactos da urbanização no sistema de drenagem em uma cidade de pequeno porte. **Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil Unesc-CIVILTEC**, v. 5, n. 2, p. 58-76, 2021.

CHIAVENATO, Idalberto. **Princípios da administração: o essencial em teoria geral da administração**. Editora Manole, 2006.

COUTO, Daniel Marx. Regulação e controle operacional no transporte coletivo urbano: estudo de caso no município de Belo Horizonte/MG. 2011.

CRISTINY, N.; BATISTA, A.; HORIZONTE, B. Análise da influência da implantação de um sistema BRT no tempo de viagem do transporte público: estudo de caso em uma rota de Belo Horizonte/MG. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM LOGÍSTICA ESTRATÉGICA E SISTEMAS DE TRANSPORTES [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9ZQG9U/1/nair.pdf>>.

DA SILVA, A. B. ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE - MG. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 1994. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/24502>> Acesso em: 24 jan. 2024.

DE OLIVEIRA BERTUCCI, Jonas. OS BENEFÍCIOS DO TRANSPORTE COLETIVO. **REGIONAL, URBANO E AMBIENTAL**, p. 77, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5652/1/BRU_n5_beneficios.pdf>.

DE RESENDE, Maria Efigênia Lage. Uma interpretação sobre a fundação de Belo Horizonte. **Revista Brasileira Estudos Políticos**, v. 39, p. 129, 1974. Disponível em: <https://anpuh.org.br/uploads/anais-simposios/pdf/2018-12/1545756191_63b42d0c6be3bc89d018bae056e50cec.pdf>. Acesso em: 18 out. 2023.

DE SOUZA, Vladimir Caramori Borges. Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade. **Revista eletrônica de gestão e tecnologias ambientais**, v. 1, n. 1, p. 58-72, 2013.

DOS PASSOS, Daniela Oliveira Ramos. A formação urbana e social da cidade de Belo Horizonte: hierarquização e estratificação do espaço na nova Capital mineira. **Temporalidades**, v. 1, n. 2, p. 37-52, 2009.

DUARTE, André Ricardo Barbosa. Histórico da urbanização de Belo Horizonte a partir da década de 70: uma análise das políticas públicas ambientais e de urbanização do município. **Revista Alpha**, n. 10, p. 21-31, 2009.

ELIAS, Denise. Milton Santos: a construção da geografia cidadã. **Geosul**, v. 18, n. 35, p. 131-148, 2003.

FERNANDES, Patricia Capanema Alvares. A fundação de Belo Horizonte: ordem, progresso e higiene, mas não para todos. **Cadernos Metrôpole**, v. 23, n. 52, p. 1061-1084, 2021.

FERRONATTO, Luciana Guadalupe. Potencial de medidas de gerenciamento da demanda no transporte público urbano por ônibus. 2002.

HENRIQUE, C.; DE CARVALHO, R. 2198 **Desafios da mobilidade urbana no Brasil**.

Texto para discussão, 2016. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6664/1/td_2198.pdf>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Nota técnica: 004/17 – Estação chuvosa em Minas Gerais**. Belo Horizonte: INMET, 2017. Disponível em:<

<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 04 set. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Balanco de janeiro de 2024 em Belo Horizonte (MG)**. Belo Horizonte: INMET, 2024. Disponível em:

<<http://www.portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 04 set. 2024

LOBO, Carlos; CARDOSO, Leandro. EFICIÊNCIA DO TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS EM BELO HORIZONTE/MG: ANÁLISE COM BASE NA PESQUISA ORIGEM E DESTINO DE 2012/Efficiency of public transport by bus in Belo Horizonte/MG: analysis

based on 2012 Household Origin Destination (...). **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 52, p. 25-41, 2018. Disponível em:

<<https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2018v28n52p25/13057>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

KNEIB, Erika Cristine. Transporte público coletivo: dos desafios globais ao panorama brasileiro. **Revista de Direito da Cidade**, v. 14, n. 2, p. 794-819, 2022.

LIMA-QUEIROZ, J. C.; BALABRAM, P. R.; BAPTISTA, M. B. A urbanização e alguns de seus impactos na cidade de Belo Horizonte. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba**, 2003. Disponível em:

<<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/154/251.pdf>>.

LOPES, Frederico Alves. Cidades utópicas: política, imaginação e urbanismo em Belo Horizonte e La Plata. 2013.

LOPES, Juarez Rubens Brandão. Desenvolvimento e mudança social: formação da sociedade urbano-industrial no Brasil. 2008.

LONDE, Luciana de Resende; SANTOS, Leonardo Bacelar Lima; MARCHEZINI, Victor. Rotas de prevenção: a redução de vulnerabilidade a desastres no âmbito das infraestruturas de transporte e da mobilidade urbana no Brasil. **Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action. São Carlos: Rima Editora**, 2017.

RAMOS, Maria Helena D.; VIANA, Cláudia S.; BAPTISTA, Márcio B. Classificação dos solos de Belo Horizonte segundo grupos hidrológicos do US Soil Conservation Service. **Publicado nos anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte**, 1999. Disponível em:

<<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/149/ABRH308.pdf>>.

MATOS, B. et al. **Cidades de concreto: os impactos das chuvas na operação do transporte por ônibus em Belo Horizonte -MG**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://pluris2020.faac.unesp.br/Paper920.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

MIRANDA, G. Mobilidade urbana por ônibus em Belo Horizonte: uma proposta de modelo preditivo de viagens e fluxos. 2018. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de

Sistemas Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018 Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/IGCM-B2DR3A/1/disserta__o_giovanni.pdf>.

MOBILIDADE urbana e mudanças climáticas: entenda como. Blog Colab FCA PUC Minas, 2024. Disponível em: <https://blogfca.pucminas.br/colab/mobilidade-urbana-e-mudancas-climaticas-entenda-como/>. Disponível em: <<https://blogfca.pucminas.br/colab/mobilidade-urbana-e-mudancas-climaticas-entenda-com>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

NUNES, A. **Tendências em eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Belo Horizonte: detecção, impactos e adaptabilidade**. 2018. 191 f., Belo Horizonte, 2018.

OLIVEIRA, Ana Mourão; COSTA, Heloisa Soares de Moura. A trama verde e azul no planejamento territorial: aproximações e distanciamentos. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 20, n. 03, p. 538-555, 2018.

PAULINO, Guilherme Santiago Barbosa; DE ARAÚJO BARBOSA, Rafael. BELO HORIZONTE E O VALE DO LEITÃO: uma análise do processo urbanizatório da região nas primeiras cinco décadas da Nova Capital.

PEREIRA, D. B.; CAMPOS, L. A. A Linha Verde na Região Metropolitana de Belo Horizonte: projeto de modernidade e empreendimentos. **Revista Geografias**, v. 5, n. 2, p. 50–64, 1 dez. 2009.

PEREIRA, Rafael HM et al. **Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: o uso do transporte coletivo e individual**. Texto para Discussão, 2021. em: <<https://www.econstor.eu/handle/10419/243027>>. Acesso em: 14 nov. 2023

RAMOS, Max Wilson. Qualidades medida e percebida no sistema de transporte coletivo por ônibus: estudo de caso de Belo Horizonte. 2013.

REZENDE, G. Chuva em BH: em 3 horas, regional registra 26% do esperado para 31 dias. Disponível em: <[https://www.otempo.com.br/cidades/chuva-em-bh-em-3-horas-regional-registra-26-do-esperado-para-31-dias-1.3317401#:~:text=Acumulado%20de%20chuva%20\(mm\)%2C](https://www.otempo.com.br/cidades/chuva-em-bh-em-3-horas-regional-registra-26-do-esperado-para-31-dias-1.3317401#:~:text=Acumulado%20de%20chuva%20(mm)%2C)>. Acesso em: 4 set. 2024.

RODRIGUES, Lorrany Antunes Alves et al. Impacto do processo de urbanização na formação de enchentes e alagamentos em Belo Horizonte, MG. 2020.. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/36383/5/TFE-Lorrany%20Alves-%20vers%c3%a3o%20final%20repertorio%20ufmg.pdf>>.

SOUSA, Raimundo Expedito; GONÇALVES, Guilherme Felipe Ganime. Um estudo sobre os impactos decorrentes de inundações no município de Belo Horizonte. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 591-605, 2018.

VENDRAME, Íria Fernandes; MOTA, Monara Silva; REIS, Diogo. Inundações no Córrego Senhorinha e suas Consequências na Mobilidade Urbana. **Proceedings of II Encontro sobre Impactos Potenciais de Desastres Naturais em Infraestrutura de Transporte e Mobilidade Urbana (IPTMU). São José dos Campos, Brazil: UNESP**, 2016. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2016/09/IPTMU-Iria_corrigido_Mobilidade.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2024.

VILLAÇA, Flávio; DEAK, Csaba; SCHIFFER, Sueli Ramos. O processo de urbanização do Brasil. 2004. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6187260/mod_resource/content/1/VILLA%C3%87A_Flavio_Uma%20contribui%C3%A7%C3%A3o%20para%20a%20hist%C3%B3ria%20do%20planejamento.pdf>. Acesso em: 18 out. 2023.

Temporal alaga ruas, arrasta carros, deixa pessoas ilhadas e derruba árvores em BH; VÍDEOS. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2024/01/23/temporal-provoca-alagamentos-em-belo-horizonte-e-regiao-metropolitana.ghtml>>.