



Ministério da Educação
Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Produção



Rodrigo Hatano Monteiro

Análise da Expansão do Metrô de Belo Horizonte com Base em Métodos Multicritérios

Ouro Preto - MG

Setembro/2025

Rodrigo Hatano Monteiro

Análise da Expansão do Metrô de Belo Horizonte com Base em Métodos Multicritérios

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção de Grau de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Davi Neves Pavanelli

Ouro Preto - MG

Setembro/2025



FOLHA DE APROVAÇÃO

Rodrigo Hatano Monteiro

Análise da expansão do metrô de Belo Horizonte com base em métodos multicritérios

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

Aprovada em 03 de Setembro de 2025

Membros da banca

Me. Davi Neves Pavaneli - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Gilberto Henrique Tavares Álvares da Silva - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Jorge Luiz Brescia Murta - Universidade Federal de Ouro Preto

Davi Neves Pavaneli, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 03/09/2025



Documento assinado eletronicamente por **Davi Neves Pavaneli, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 02/09/2025, às 16:01, 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 **0971820** e o código CRC **DECE85C4**.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a expansão da malha metroviária de Belo Horizonte à luz das reais necessidades dos bairros da cidade, utilizando métodos de apoio à decisão multicritério, especificamente o Analytic Hierarchy Process (AHP). A partir da definição de critérios técnicos, territoriais e socioeconômicos, como população, número de domicílios, fluxo de tráfego, número de linhas de ônibus e altitude, foi possível estruturar um modelo de avaliação capaz de hierarquizar as regiões mais carentes de infraestrutura metroviária. Os dados utilizados foram obtidos em bases oficiais como IBGE, Fundação João Pinheiro, CBTU, Geoportal PBH e outros repositórios públicos. Os resultados demonstram que parte dos bairros com maior demanda potencial, como Buritis, Confisco e Belmonte, não será diretamente contemplada pela expansão prevista da Linha 2 do metrô, evidenciando um descompasso entre o planejamento atual e as áreas de maior urgência. A pesquisa destaca, ainda, que bairros com boa cobertura por ônibus ou já atendidos pela Linha 1 apresentaram menor prioridade, reforçando a validade dos critérios adotados. Conclui-se que o planejamento metroviário de Belo Horizonte pode ser aperfeiçoado por meio de ferramentas baseadas em dados e abordagens multicritério, contribuindo para decisões mais eficientes, justas e alinhadas às necessidades reais da população.

Palavras-chave: mobilidade urbana; metrô de Belo Horizonte; AHP; análise multicritério; planejamento urbano.

ABSTRACT

This study aims to analyze the expansion of the metro network in Belo Horizonte in light of the actual needs of the city's neighborhoods, using multi-criteria decision-making methods — specifically the Analytic Hierarchy Process (AHP). Based on the definition of technical, territorial, and socioeconomic criteria such as population, number of households, traffic flow, number of bus lines, and altitude, an evaluation model was developed to rank the areas most in need of metro infrastructure. The data used were obtained from official sources such as IBGE, Fundação João Pinheiro, CBTU, Geoportal PBH, and other public repositories. The results show that several high-demand neighborhoods — such as Buritis, Confisco, and Belmonte — will not be directly covered by the planned expansion of Metro Line 2, highlighting a mismatch between current planning and areas of greatest urgency. The research also emphasizes that neighborhoods already well served by bus networks or by Metro Line 1 were ranked with lower priority, reinforcing the relevance of the adopted criteria. It is concluded that the metro planning of Belo Horizonte can be improved through data-driven tools and multi-criteria approaches, contributing to more efficient, equitable, and evidence-based urban mobility decisions.

Keywords: urban mobility; Belo Horizonte metro; AHP; multi-criteria analysis; urban planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa com a rede de trens metropolitanos proposta para implantação na região metropolitana de Belo Horizonte, baseada no projeto original do GEIPOT (1980)	12
Figura 2 – Mapa do projeto original do Metrô de Belo Horizonte, prevendo uma expansão para Betim (nunca construída).....	13
Figura 3 – Mapa do Metrô de Belo Horizonte em 1995.....	14
Figura 4 – Configuração atual do Metrô de Belo Horizonte	16
Figura 5 – Linha 2 do Metrô de Belo Horizonte	17
Figura 6 – Estações previstas nas Linhas 1 e 2 do Metrô de Belo Horizonte	19
Figura 7 – Mapa Integrado das Linhas 1 (Operante) e 2 (Em Construção) do Metrô de BH	21
Figura 8 – Projeção da Rede Metroviária de Belo Horizonte e sua Abrangência Territorial	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ranking Final das Alternativas com maior necessidade de novos modais de transporte público (TOP 20)	32
Quadro 2 – Ranking Final das Alternativas com menor necessidade de novos modais de transporte público	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETO DE ESTUDO: Expansão do metrô de BH	10
2.1 História do metrô de BH	10
2.2 Evolução do metrô de BH - (1981–2014)	12
2.3 O projeto atual de expansão.....	16
3. METODOLOGIA	22
3.1 Método AHP	22
3.2 Obtenção de Dados.....	24
4. Resultados	26
4.1 Resultados computacionais.....	28
4.2 Resultados do problema.....	34
5. Discussões e Sugestões	37
6. REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é um dos grandes desafios enfrentados pelas metrópoles brasileiras nas últimas décadas, especialmente diante do crescimento desordenado das cidades, da concentração populacional em áreas periféricas e da sobrecarga dos sistemas de transporte coletivo. Em Belo Horizonte, a malha metroviária é limitada e restrita a um único eixo operacional, a Linha 1, que, embora desempenhe um papel importante na mobilidade da cidade, não consegue atender de forma ampla e eficiente as múltiplas demandas da população. A expansão do metrô, portanto, surge como uma das principais estratégias para promover melhorias na qualidade do transporte público, reduzir a dependência do modal rodoviário e contribuir para a sustentabilidade urbana.

Nesse contexto, a proposta de implantação da Linha 2 do metrô de Belo Horizonte, conectando a região do Barreiro ao bairro Calafate, representa um passo importante, porém ainda insuficiente diante da diversidade e complexidade dos territórios urbanos que carecem de infraestrutura de transporte de alta capacidade.

Assim, o presente trabalho parte da seguinte problemática: a expansão metroviária atualmente prevista atende, de fato, os bairros com maior urgência e necessidade de integração ao sistema? Para responder a essa questão, este estudo propõe uma análise multicritério da expansão da malha metroviária de Belo Horizonte, com base na aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP), utilizando como base critérios demográficos, territoriais, de infraestrutura e de acessibilidade.

O objetivo geral da pesquisa é hierarquizar os bairros de Belo Horizonte quanto à necessidade de atendimento pelo metrô, de modo a subsidiar o planejamento urbano com uma ferramenta técnica e transparente de apoio à decisão. Especificamente, busca-se identificar quais bairros apresentam maior urgência na expansão da rede, avaliar a compatibilidade entre o traçado planejado da Linha 2 e as áreas com maior déficit de transporte de alta capacidade, além de propor sugestões para aprimorar a distribuição espacial da infraestrutura metroviária no município.

A relevância desta pesquisa está diretamente relacionada ao seu potencial de contribuir para um planejamento urbano mais eficiente, equitativo e orientado por dados. Ao aliar técnicas de análise multicritério com informações sociodemográficas e espaciais sobre os bairros de Belo Horizonte, o trabalho oferece uma abordagem replicável e fundamentada para a formulação de políticas públicas voltadas à

mobilidade urbana. Além disso, promove uma reflexão crítica sobre os critérios que norteiam as decisões de investimento em transporte público, enfatizando a importância de se considerar não apenas aspectos técnicos ou financeiros, mas também a realidade social e territorial da população que depende cotidianamente desse sistema.

2. OBJETO DE ESTUDO: EXPANSÃO DO METRÔ DE BH

2.1 História do metrô de BH

O transporte ferroviário de passageiros na Região Metropolitana de Belo Horizonte teve início na década de 1950, quando a Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) implantou os primeiros trens suburbanos. Um marco importante foi a inauguração da linha Barreiro–Calafate, em 1957, que passou a integrar o cotidiano da mobilidade urbana da capital mineira (SANTOS; SOBRAL, 2014).

Durante as décadas de 1960 e 1970, o sistema se expandiu para atender à crescente urbanização e à industrialização de municípios vizinhos, como Contagem e Betim. Entretanto, as condições de operação eram precárias, com baixa velocidade e infraestrutura limitada (Santos; Sobral, 2014).

No final da década de 1970, a responsabilidade pelo desenvolvimento de um sistema de transporte ferroviário de passageiros para a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) foi atribuída à Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (Geipot), vinculada ao Ministério dos Transportes. O objetivo principal era oferecer uma alternativa viável ao crescente fluxo de veículos nas vias urbanas da capital mineira, propondo uma solução que aliasse eficiência à reorganização da mobilidade urbana (Santos; Sobral, 2014).

O projeto original previa a construção de uma linha com aproximadamente 60 quilômetros de extensão, conectando a cidade de Betim, a oeste, ao bairro São Gabriel, na zona norte de Belo Horizonte. Também estava prevista uma ramificação para o Barreiro, na região sudoeste. A proposta incluía a implantação de 22 estações em faixa de domínio totalmente vedada, com travessias segregadas para veículos e pedestres, além da aquisição de 25 composições elétricas e a construção de terminais de integração com outros modais (Santos; Sobral, 2014).

Após tentativas frustradas de obter recursos junto ao BID e instituições britânicas, o financiamento foi viabilizado em 1981 por meio de um acordo com um consórcio de bancos franceses, no valor de US\$ 220 milhões, com contrapartida brasileira de US\$ 180 milhões (Melo, 2010).

As obras do metrô começaram oficialmente em 1981, com a execução do trecho Eldorado–São Gabriel, de 26,5 km, e da ramificação Calafate–Barreiro, com 10,5 km. O financiamento foi estruturado a partir da parceria entre o governo federal, o Programa de Mobilização Energética (PME) e o governo francês. Enquanto o Brasil

se responsabilizaria pela infraestrutura, desapropriações e montagem, os franceses financiariam os sistemas de sinalização e telecomunicações, além de parte do material rodante (Santos; Sobral, 2014).

Apesar do aporte internacional ter sido repassado conforme o cronograma, o encerramento do PME e a ausência de novas fontes de financiamento por parte do governo federal resultaram na interrupção das obras por cerca de um ano. Com isso, parte da infraestrutura prevista ficou inacabada, comprometendo a integração com o sistema viário e a mobilidade de pedestres nas áreas afetadas (Santos; Sobral, 2014).

As obras da Linha 1 do metrô de Belo Horizonte tiveram início em 1981, e o sistema foi inaugurado em 1986 com um trecho de 10,8 km entre Eldorado e Lagoinha, operando com seis estações (Santos; Sobral, 2014).

Em 1991, com apoio do Congresso Nacional, foi possível acessar recursos do Orçamento da União para retomar as obras e iniciar a montagem dos 20 trens que estavam armazenados desde 1986. A operação do sistema teve início em 1º de agosto de 1986, ainda de forma parcial, com seis estações funcionando entre Eldorado e Lagoinha, em um percurso de 10,8 km, operado por apenas três composições. Em 1987, a Estação Central foi incorporada ao sistema, assim como mais dois trens. No entanto, a frota prevista de 25 composições só foi concluída em 2001 (Melo, 2010).

A implantação do metrô influenciou diretamente a estrutura urbana de Belo Horizonte, especialmente no entorno das estações. Estudos apontam que houve adensamento populacional, verticalização e transformação do uso do solo nas áreas servidas pela linha (Melo, 2010).

Além disso, o sistema impactou as condições de acessibilidade ao trabalho na RMBH. Segundo pesquisa de Cardoso (2007), a reorganização espacial da cidade interferiu positivamente na mobilidade, embora as políticas públicas de transporte não tenham acompanhado de forma integrada esse processo.

A expansão do metrô foi dificultada por falhas de coordenação entre as esferas municipal, estadual e federal. A ausência de uma governança metropolitana articulada impediu a integração entre o transporte metroviário e os demais modais (Santos; Sobral, 2014).

Conflitos de competência, falta de continuidade nas políticas públicas e escassez de recursos comprometeram a gestão do projeto. A literatura aponta que,

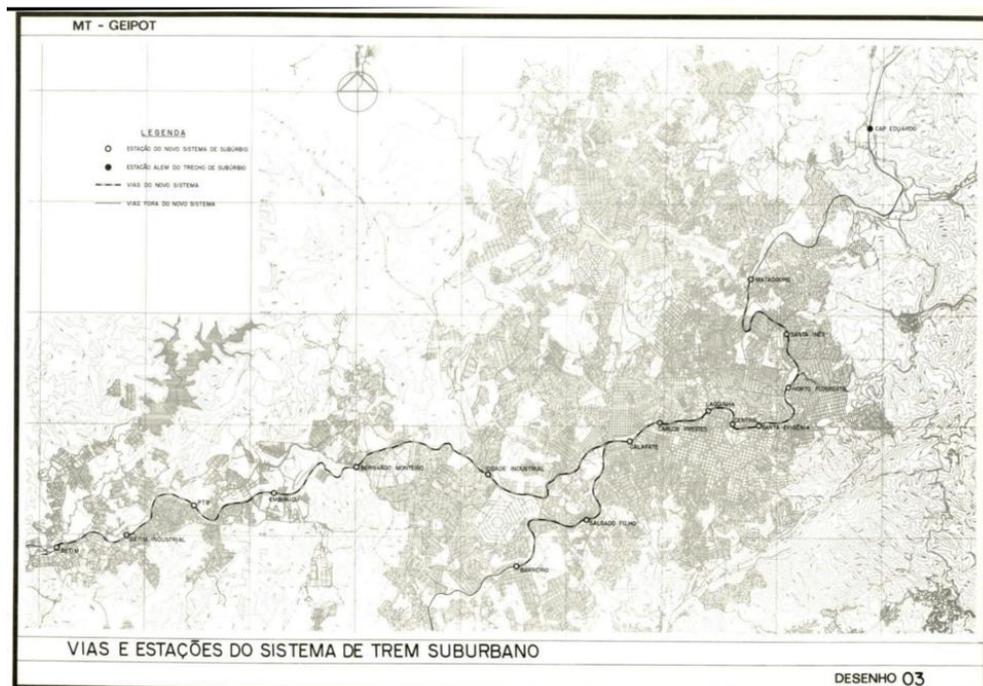
além da fragmentação institucional, houve também uma desarticulação com as políticas de planejamento urbano (Melo, 2010).

2.2 Evolução do metrô de BH - (1981–2014)

A implantação do metrô de Belo Horizonte iniciou-se em junho de 1981, com o objetivo de melhorar a mobilidade urbana na Região Metropolitana. O projeto original previa uma linha de 33,8 km, ligando Eldorado a Matadouro, com um ramal de 10,5 km entre Calafate e Barreiro. O financiamento contou com recursos do Programa de Mobilização Energética (PME) e do governo francês para aquisição de equipamentos. No entanto, o encerramento do PME e a falta de novos investimentos resultaram na paralisação das obras em 1987, permitindo apenas a operação parcial do trecho Eldorado–Central, com 12,5 km e sete estações, utilizando cinco trens (Santos; Sobral, 2014).

O "Mapa Concepção Original Trem Metropolitano RMBH 1980", elaborado pelo GEIPOT (Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes) em 1980 apresenta a rede de trens metropolitanos proposta para implantação na Região Metropolitana de Belo Horizonte, baseada no planejamento original do GEIPOT.

Figura 1 – Mapa com a rede de trens metropolitanos proposta para implantação na região metropolitana de Belo Horizonte, baseada no projeto original do GEIPOT (1980)

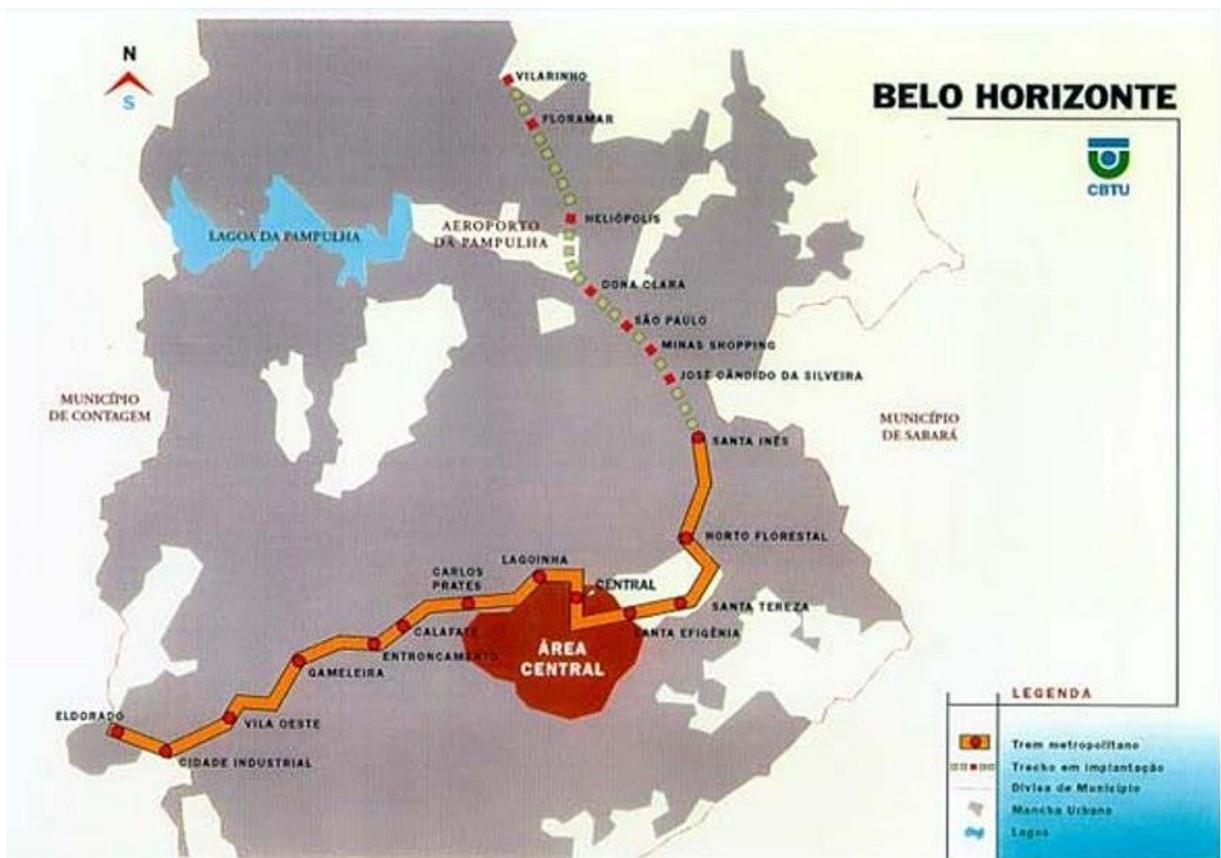


Fonte: Biblioteca Digital do Estado de Minas Gerais.

Em 1991, com apoio do Congresso Nacional, foram alocados recursos para retomar as obras e montar os trens restantes. As prioridades foram redefinidas, focando na conclusão do trecho Central e na extensão para a zona norte, em direção à região de Venda Nova.

Até 1995, o sistema operava com uma linha principal parcialmente concluída, conectando Eldorado ao Centro de Belo Horizonte, com a Estação Central já em funcionamento. O mapa de 1995, elaborado pela CBTU, ilustra o traçado consolidado até aquele momento e destaca os trechos ainda em planejamento ou construção, servindo como um retrato da configuração do sistema metroviário no contexto de transição entre a fase inicial de implantação e os esforços de expansão posteriores.

Figura 3 – Mapa do Metrô de Belo Horizonte em 1995.



Fonte: CBTU.

Em 1997, foram entregues as estações José Cândido da Silveira e Minas Shopping. A extensão até Vilarinho, com 6,6 km e cinco novas estações, foi concluída em 2002, iniciando operações experimentais e sendo entregue comercialmente em 2005.

Após 2002, o metrô de Belo Horizonte enfrentou estagnação. As obras da Linha 2, iniciadas em 2001, foram interrompidas em 2004 devido a contingenciamento

orçamentário. Apesar de anúncios de investimentos, como a liberação de R\$ 3,16 bilhões em 2011 para ampliação e modernização do sistema, as obras não avançaram (Santos; Sobral, 2014).

Em 2014, a Prefeitura de Belo Horizonte optou por investir no sistema BRT Move, inaugurado em março daquele ano, como alternativa para a Copa do Mundo, deixando de lado a expansão do metrô. Até 2014, o metrô de Belo Horizonte operava com uma única linha de 28,1 km e 19 estações, atendendo aproximadamente 150 mil passageiros por dia. A falta de investimentos e a priorização de outros modais comprometeram a expansão do sistema, limitando seu alcance e eficiência na mobilidade urbana da região metropolitana.

Ainda no ano de 2014, a Câmara Municipal de Belo Horizonte propôs a ampliação do horário de funcionamento do metrô até a meia-noite. Embora o projeto de lei tenha sido aprovado, mesmo diante do veto do então prefeito sob o argumento de inconstitucionalidade, já que se tratava de um serviço de caráter intermunicipal, a medida encontrou resistência da Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU). A concessionária justificava que a alteração acarretaria aumento de custos operacionais e poderia comprometer a manutenção da infraestrutura ferroviária. Ainda assim, como forma de teste, a CBTU implementou a ampliação do horário por 30 dias, com o objetivo de avaliar aspectos como segurança operacional, demanda de passageiros e viabilidade técnica. Contudo, devido à baixa adesão durante o período experimental, a iniciativa foi encerrada em outubro daquele mesmo ano (CBTU, 2014; Câmara Municipal de BH, 2014).

Atualmente, o sistema metroviário da Região Metropolitana de Belo Horizonte é composto exclusivamente pela Linha 1, que conecta a Estação Eldorado, localizada no município de Contagem, à Estação Vilarinho, situada na regional Venda Nova da capital mineira. O trajeto totaliza 28,1 quilômetros de extensão e conta com 19 estações em operação. Os trens circulam em média a uma velocidade comercial de 40 km/h, podendo atingir até 80 km/h. A operação regular acontece diariamente, das 5h15 às 23h, com intervalos médios de 7 minutos durante os períodos de maior demanda nos dias úteis, e de 15 minutos nos demais horários, incluindo fins de semana e feriados. O mapa a seguir ilustra a configuração atual da rede metroviária, conforme estruturada pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU, 2025).

Figura 4 – Configuração atual do Metrô de Belo Horizonte



Fonte: METROBH (2013).

2.3 O projeto atual de expansão

Após décadas de limitações operacionais e de uma expansão aquém do planejado inicialmente nos anos 1980, o sistema metroviário de Belo Horizonte voltou a ser objeto de propostas concretas de modernização e ampliação. O projeto atual de expansão, viabilizado por meio da desestatização da operação do metrô em 2023, é liderado pela concessionária Metrô BH, administrada pela Comporte Participações,

empresa vencedora do leilão realizado no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos (PPI) do governo federal (METRÔ BH, 2024).

A Linha 1, atualmente com 19 estações ao longo de 28,1 km, está passando por um processo de modernização que inclui a revitalização de todas as estações até 2026. As intervenções abrangem melhorias na acessibilidade, como instalação de placas em braile, banheiros acessíveis e gratuitos, totens com mapas das estações em braile e revitalização de piso podotátil. Além disso, estão sendo implementados novos sistemas hidráulicos, de drenagem, de iluminação, novos telhados, pinturas e pisos, dentre outros itens (METRÔ BH, 2024).

A Linha 2 do Metrô BH se tornará realidade. Em setembro de 2024, foram iniciadas as obras que irão transformar a mobilidade na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Com 10,5 km de extensão e sete novas estações, a Linha 2 ligará a Estação Nova Suíça ao Barreiro, passando por locais estratégicos como Nova Gameleira, Nova Cintra, Vista Alegre e Ferrugem. A previsão é que as operações se iniciem em 2028 (METRÔ BH, 2024).

Figura 5 – Linha 2 do Metrô de Belo Horizonte



Fonte: Metrô BH (2024).

Com o apoio do Governo de Minas, já foram adquiridos 24 novos trens que devem chegar a Belo Horizonte no próximo ano, uma antecipação à previsão inicial de 2028. As composições estão na linha de fabricação da empresa chinesa *Changchun Railway Vehicles*, subsidiária da *CRRC Corporation Limited*, a maior fabricante de trens do mundo. Os novos trens serão equipados com o sistema de Operação Automática do Trem (ATO), que garante uma operação mais suave, econômica e segura (METRÔ BH, 2024).

A construção da Linha 2 implicará na desocupação de cerca de 300 imóveis nas regiões Oeste e Barreiro. A concessionária está em negociação com as famílias que construíram nos locais onde será instalada a extensão da linha férrea. O processo de desocupação já começou, por meio de reuniões com as comunidades e entrevistas com as famílias a serem removidas. As próximas etapas incluem cadastramento socioeconômico e avaliação e negociação dos imóveis, que serão base para a definição das indenizações (O TEMPO, 2024).

Com a conclusão das obras previstas, o sistema metroviário de Belo Horizonte terá um grande impacto na mobilidade urbana da região. A expectativa é que, após os investimentos, o sistema tenha potencial para beneficiar aproximadamente 270 mil passageiros diariamente (METRÔ BH, 2024).

A Figura 6 exibe o traçado da Linha 1 do metrô da Região Metropolitana de Belo Horizonte, atualmente em operação, e o projeto da Linha 2, que ainda está em fase de construção, conforme divulgado pela Metrô BH (2024). A futura Linha 2 ligará a Estação Nova Suíça, ponto de integração com a Linha 1, ao Barreiro, um importante centro comercial e populoso da capital mineira. Com aproximadamente 10,5 km de extensão, o novo ramal contará com 17 estações distribuídas ao longo de avenidas estratégicas, como Amazonas, Tereza Cristina e Olinto Meireles. A implantação da Linha 2 tem como objetivo atender uma região de alta densidade populacional e intenso fluxo diário de passageiros, promovendo melhorias significativas na mobilidade urbana e na integração metropolitana. O traçado também destaca a intenção de conectar bairros atualmente desassistidos por transporte de alta capacidade, contribuindo para a inclusão social e a acessibilidade na cidade.

Figura 6 – Estações previstas nas Linhas 1 e 2 do Metrô de Belo Horizonte



Fonte: Metrô BH (2024).

O projeto de expansão do metrô da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) segue avançando com marcos importantes sendo alcançados. No dia 7 de fevereiro de 2025, o Governo de Minas promoveu uma visita técnica às obras da Linha 2, reforçando o comprometimento conjunto pela modernização e ampliação do transporte público. A agenda contou com a presença de representantes da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), da Metrô BH e das concessionárias ferroviárias VLI e MRS (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2024).

A comitiva percorreu o trecho entre a Estação Nova Gameleira e o Pátio Ferroviário do Barreiro, onde estão sendo feitas adequações na faixa de domínio ferroviária, que trata-se de uma importante etapa para a integração entre o novo traçado do metrô e as linhas de carga já existentes. Reuniões estratégicas foram realizadas para alinhar soluções operacionais, com o objetivo de assegurar o cumprimento do cronograma estabelecido (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2024).

A Linha 2 terá 10,5 quilômetros de extensão, com sete novas estações: Nova Suíça, Amazonas, Nova Gameleira, Nova Cintra, Vista Alegre, Ferrugem e Barreiro. O investimento total previsto é de R\$ 3,7 bilhões, viabilizado por meio de parceria entre o Governo de Minas, o Governo Federal e a iniciativa privada. Destaca-se que grande parte dos recursos, cerca de R\$ 440 milhões, tem origem no Termo de

Reparação firmado com a Vale, em decorrência da tragédia de Brumadinho (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2024).

A entrega das estações será feita por etapas. A previsão é de que as primeiras, Nova Suíça e Amazonas, sejam finalizadas até 2026. Já a operação plena da Linha 2 está programada para 2028, encerrando uma espera de mais de duas décadas por essa expansão. Com a nova linha, estima-se que o sistema metroviário passe a transportar diariamente 213 mil passageiros, sendo 157 mil pela Linha 1 e 56 mil pela Linha 2 (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2024).

Além da ampliação da malha metroviária, diversas melhorias estão em curso na Linha 1, como a modernização das 19 estações existentes e a extensão até Novo Eldorado, em Contagem, também com entrega prevista para 2026. A infraestrutura de apoio está sendo aprimorada com a reforma do Pátio São Gabriel, que terá a oficina de manutenção ampliada para atender ambas as linhas, e com a recuperação da via permanente, rede aérea, além dos sistemas de energia, sinalização e comunicação (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2024).

Desde 2023, os usuários do metrô passaram a contar com acesso gratuito à internet Wi-Fi nos trens e estações, e com 96 painéis de LED que exibem a previsão de chegada dos trens em tempo real. Outro marco importante foi a substituição definitiva dos bilhetes de papel pelo sistema de bilhetagem digital, que permite a validação das passagens diretamente nas catracas por meio de cartões bancários ou dispositivos móveis, como celulares, relógios inteligentes ou tablets. Isso agiliza o embarque e reduz filas, melhorando a experiência dos usuários (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2024).

Essas inovações, somadas à redução de cerca de 10% no tempo de viagem entre as estações Vilarinho e Eldorado, demonstram o impacto positivo da modernização do modal (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2024).

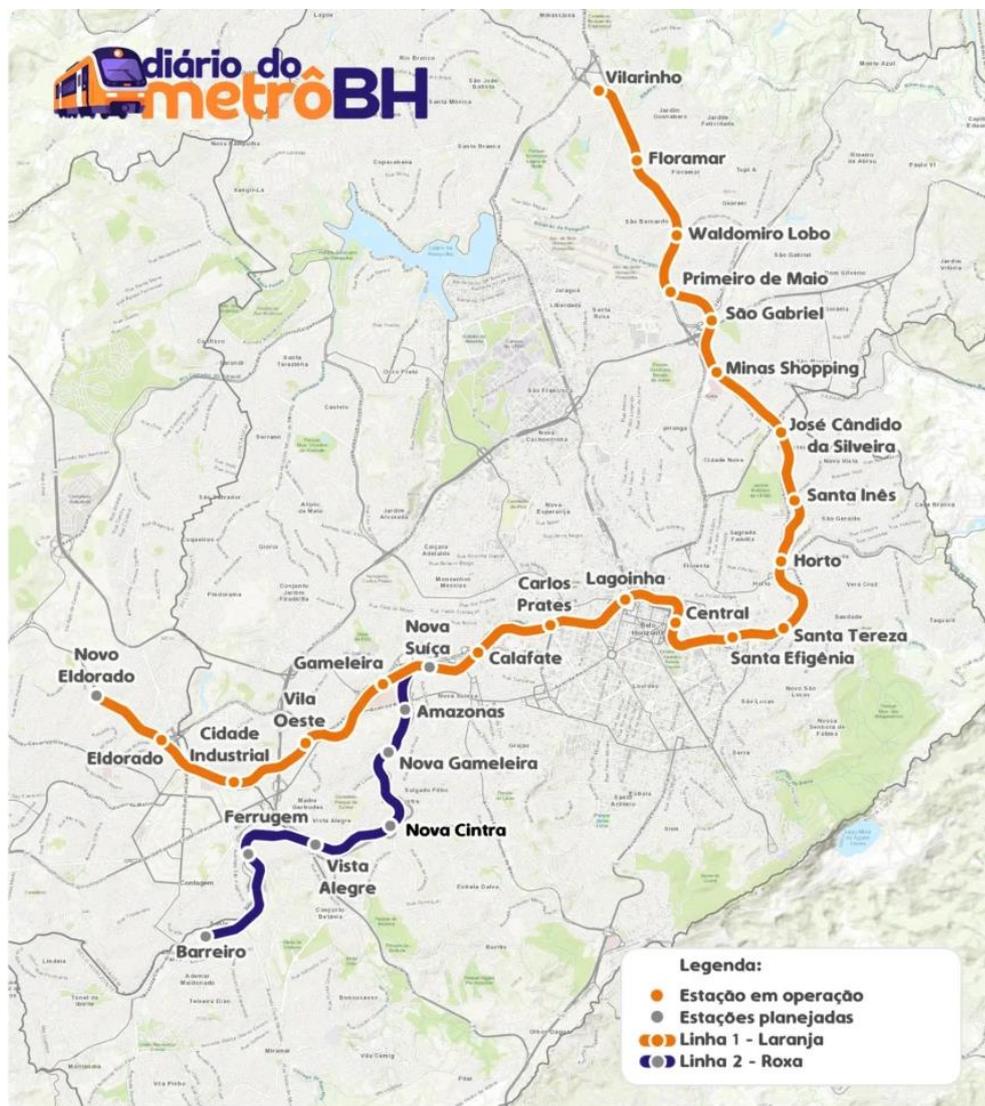
Em maio de 2025, o Governo de Minas anunciou a aquisição de 24 novos trens pela concessionária Metrô BH. Cada composição terá quatro carros e será equipada com o sistema de Operação Automática de Trem (OTA), que proporciona maior regularidade, suavidade nas viagens, conforto e economia energética. A previsão é de que o primeiro desses trens entre em operação no primeiro semestre de 2026 (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2024).

A expansão da Linha 2 do metrô de Belo Horizonte é uma das maiores intervenções em infraestrutura de transporte da história recente do estado. A

expectativa é de que essa obra promova grandes mudanças na mobilidade urbana, conectando regiões, reduzindo o tempo de deslocamento e melhorando a qualidade de vida da população. O compromisso entre o poder público, as agências reguladoras e o setor privado tem sido fundamental para garantir que o projeto avance com segurança, transparência e eficiência (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2024).

A Figura 7 apresenta o mapa com o traçado completo das Linhas 1 e 2 do metrô da Região Metropolitana de Belo Horizonte, facilitando a visualização da integração entre elas.

Figura 7 – Mapa Integrado das Linhas 1 (Operante) e 2 (Em Construção) do Metrô de BH



Fonte: Metrô BH (2024).

3. METODOLOGIA

A fim de estruturar a avaliação das alternativas de expansão da malha metroviária de Belo Horizonte com base em múltiplos critérios técnicos, sociais, econômicos e ambientais, este trabalho adota métodos de apoio à decisão multicritério. Essa abordagem é especialmente adequada ao contexto de planejamento urbano e mobilidade, pois permite sistematizar comparações entre diferentes possibilidades de intervenção considerando variáveis com diferentes escalas e naturezas. Assim, os métodos multicritério adotados viabilizam uma análise mais robusta e fundamentada das opções de traçado, extensão e priorização de trechos da Linha 2 do metrô de Belo Horizonte, promovendo decisões mais alinhadas com os objetivos de eficiência e equidade na mobilidade urbana.

3.1 MÉTODO AHP

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970, é uma ferramenta amplamente utilizada para a tomada de decisões multicritério, especialmente em situações onde há necessidade de hierarquização de alternativas com base em múltiplos critérios, que podem envolver tanto dados quantitativos quanto julgamentos subjetivos. No contexto da expansão da malha metroviária de Belo Horizonte, o AHP se mostra particularmente útil ao permitir a avaliação de diferentes traçados, estações ou prioridades de investimento, considerando aspectos como custo, impacto social, viabilidade técnica e demanda potencial.

A estrutura do AHP envolve três principais etapas: decomposição do problema em uma hierarquia, comparação par a par dos elementos em cada nível da hierarquia e cálculo dos vetores de prioridade. A hierarquia é composta pelo objetivo principal no topo (por exemplo, "Escolher o melhor traçado para expansão do metrô"), os critérios de avaliação no nível intermediário (como "Demanda de passageiros", "Custo da obra", "Integração com o sistema atual", "Impacto ambiental" e "Tempo de execução") e, por fim, as alternativas de decisão (como possíveis linhas ou trajetos).

Para fins didáticos, o método foi inicialmente implementado por meio de um exemplo simples, com base em um código em linguagem Python, elaborado por Davi Neves Pavanelli (Pavanelli, 2025), no qual se avalia a melhor alternativa de notebook com base em três critérios: memória RAM, velocidade do processador (CPU) e preço. Ainda que o exemplo utilize um cenário trivial, a lógica empregada pode ser

diretamente transposta ao caso da expansão metroviária, bastando adequar os critérios e alternativas.

A primeira etapa envolve a construção da matriz de comparações, na qual cada elemento a_{ij} representa a importância do critério i em relação ao critério j . A matriz assume a forma:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

A partir dessa matriz, obtém-se o vetor de pesos normalizado, que representa a prioridade relativa de cada critério. Para isso, calcula-se o autovetor correspondente ao maior autovalor (λ_{max}) da matriz. Assim, os pesos (w_i) são obtidos por:

$$w_i = \frac{e_i}{\sum_{i=1}^n e_i}$$

onde e_i e i corresponde ao valor de cada componente do autovetor. Com os pesos definidos, verifica-se a consistência das comparações realizadas. O índice de consistência (IC) é calculado como:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

em que n corresponde à ordem da matriz. Em seguida, calcula-se a razão de consistência (RC), que avalia a confiabilidade dos julgamentos:

$$RC = \frac{IC}{RI}$$

sendo RI o índice aleatório de consistência, definido a partir de valores tabelados por Saaty. O modelo é considerado consistente quando $RC < 0,1$.

O modelo implementa a verificação da consistência dos julgamentos através do cálculo da razão de consistência (CR), assegurando que os pares comparados

mantenham uma coerência lógica. Quando a CR é inferior a 0,1, considera-se que os julgamentos são consistentes.

O algoritmo desenvolvido realiza as comparações entre as alternativas utilizando uma escala de importância relativa (de Saaty), construindo matrizes de julgamento para cada critério. Essas matrizes são normalizadas, permitindo a obtenção dos vetores de prioridade das alternativas em relação a cada critério. Em seguida, uma matriz subjetiva de pesos dos critérios é construída com base nos julgamentos dos decisores, possibilitando o cálculo dos pesos globais de cada alternativa. O resultado final é um ranking das opções mais adequadas conforme os critérios definidos.

Ao aplicar essa lógica à expansão da malha metroviária de Belo Horizonte, os decisores podem utilizar o AHP para comparar diferentes rotas de expansão e decidir, de maneira estruturada e justificada, quais opções melhor atendem aos objetivos estratégicos da mobilidade urbana da Região Metropolitana. Por exemplo, seria possível comparar a extensão da Linha 2 com a criação de ramais alternativos, utilizando critérios como densidade populacional atendida, integração com modais existentes, custo estimado da obra e impactos socioambientais.

3.2 OBTENÇÃO DE DADOS

A etapa de obtenção de dados foi fundamental para viabilizar a aplicação prática dos métodos multicritério na análise da expansão da malha metroviária de Belo Horizonte. Para execução da proposta metodológica deste estudo foi necessário reunir informações consistentes e atualizadas que permitissem a construção de uma matriz de decisão realista e representativa das condições urbanas e operacionais da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Inicialmente, os dados foram coletados a partir de fontes oficiais, como a Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU), responsável pela operação do metrô de Belo Horizonte, e a Agência Minas, órgão do Governo de Minas Gerais que divulga atualizações sobre as obras e projetos de expansão da Linha 2. Essas fontes forneceram informações técnicas sobre os traçados previstos, custos estimados, fases de execução e cronogramas de obras, fundamentais para a definição das alternativas e critérios analisados.

Paralelamente, foram consultados estudos acadêmicos e relatórios técnicos produzidos por instituições como a Fundação João Pinheiro (FJP) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que permitiram complementar a análise

com dados demográficos, socioeconômicos e territoriais dos bairros potencialmente beneficiados pela expansão. Essas informações subsidiaram critérios como demanda projetada, densidade populacional, índice de vulnerabilidade social e número de habitantes atendidos por cada alternativa.

Para estimar a integração das novas estações com os demais modos de transporte, foram considerados dados disponíveis em fontes como o Plano de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (PlanMob-BH), elaborado pela BHTRANS e pela Prefeitura de Belo Horizonte. Esses dados forneceram subsídios para avaliar o potencial de conectividade intermodal das novas linhas com terminais de ônibus, estações de BRT e corredores viários estratégicos.

Além das fontes secundárias mencionadas, também foi realizada a sistematização de informações com base em mapas geoespaciais, arquivos de shapefile e bases vetoriais obtidas em repositórios públicos, como o Geoportal PBH e o portal de dados abertos da Prefeitura de Belo Horizonte. Tais bases foram utilizadas para identificar os bairros abrangidos pelas diferentes alternativas de expansão e para mensurar distâncias, áreas de cobertura e distribuição espacial da população.

Todos os dados foram organizados em planilhas e tabelas de apoio, formatadas conforme os critérios definidos no modelo AHP, e posteriormente integradas à biblioteca Scikit-Criteria em ambiente Python. A padronização e normalização das variáveis seguiram procedimentos previamente descritos, garantindo a comparabilidade entre as alternativas.

Por fim, cabe destacar que, sempre que necessário, foram feitas estimativas com base em metodologias adotadas por estudos anteriores ou indicadas pela literatura da área de mobilidade urbana, especialmente nos casos em que não se dispunha de dados totalmente atualizados. Essa triangulação de fontes visou aumentar a confiabilidade e a robustez da análise, respeitando os princípios de transparência e reprodutibilidade científica que norteiam este trabalho.

4. RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação dos métodos multicritério AHP, com base na estruturação das alternativas de expansão da malha metroviária de Belo Horizonte. A análise foi conduzida considerando critérios técnicos, socioeconômicos, territoriais e ambientais, previamente definidos na metodologia.

Para a análise da expansão da malha metroviária de Belo Horizonte, foram selecionados critérios que refletem tanto a demanda potencial quanto os desafios operacionais envolvidos em cada região. Os critérios adotados foram: população, número de domicílios, fluxo de tráfego, número de linhas de ônibus e altitude. Cada um desses fatores foi analisado quanto à sua influência na necessidade de implantação do metrô, sendo classificados como critérios de benefício ou prejuízo, conforme sua lógica de impacto na decisão.

O critério população foi considerado de benefício, uma vez que bairros com maior número de habitantes tendem a demandar mais intensamente o transporte de alta capacidade, tornando-se, assim, prioritários para a expansão do metrô. De forma semelhante, o número de domicílios também foi classificado como benefício, pois indica uma maior concentração urbana e potencial de atendimento. O fluxo de tráfego nas vias principais de cada região compõe o terceiro critério de benefício, uma vez que altos volumes de veículos reforçam a urgência de alternativas ao transporte individual, como o metrô, contribuindo para a redução de congestionamentos e da poluição.

Em contrapartida, o número de linhas de ônibus foi classificado como critério de prejuízo. Isso porque bairros já amplamente atendidos por linhas de ônibus apresentam menor urgência relativa na implantação de infraestrutura metroviária, o que pode influenciar negativamente sua priorização. Por fim, a altitude foi também considerada um critério de prejuízo, pois regiões com elevações mais altas podem impor dificuldades técnicas adicionais à construção de estações e vias férreas, acarretando maiores custos ou restrições de engenharia.

Dessa forma, os critérios foram organizados e normalizados para possibilitar sua análise por meio de métodos multicritério, ajustando os dados de modo que os valores associados a prejuízos fossem devidamente invertidos, garantindo coerência na hierarquização das alternativas.

Após a coleta e pré-processamento dos dados referentes aos bairros contemplados nas alternativas de expansão do metrô de Belo Horizonte, foi realizada a organização dos dados em objetos estruturados no ambiente de programação Python. Para cada bairro analisado, foi instanciado um objeto representando a alternativa correspondente, contendo tanto o nome do bairro quanto os valores numéricos associados aos critérios estabelecidos previamente na pesquisa.

Os critérios considerados incluíram: população total do bairro, número de domicílios, número de linhas de ônibus em operação, fluxo de tráfego veicular e altitude média da região. Cada um desses atributos foi inserido como uma variável numérica no objeto criado para cada bairro. Além dos valores, os rótulos de cada critério também foram atribuídos de forma ordenada, garantindo a correta associação entre os dados e seus significados durante as etapas posteriores da análise.

Foi necessário ainda realizar a inversão dos valores dos critérios classificados como "prejuízos", ou seja, aqueles cujo aumento representa menor necessidade de intervenção metroviária. No caso específico desta pesquisa, os critérios "número de linhas de ônibus" e "altitude" foram tratados como tais. A inversão foi realizada para compatibilizar os dados com os métodos multicritério utilizados, que pressupõem que maiores valores correspondam a melhores desempenhos (critérios de benefício). A seguir, foram geradas listas ordenadas para cada critério, organizadas em ordem decrescente, com o objetivo de facilitar a análise e o ranqueamento das alternativas nas etapas subsequentes da metodologia.

Dando continuidade à estruturação dos dados para a aplicação do método AHP (Analytic Hierarchy Process), foi necessário estabelecer uma ordenação relativa das alternativas (bairros) para cada um dos critérios definidos. Essa etapa teve como objetivo identificar quais bairros apresentavam os maiores valores dentro de cada critério, o que é essencial para a construção da matriz de avaliação multicritério.

Para isso, os bairros foram classificados em ordem decrescente com base no valor de cada critério. Por exemplo, considerando o critério "população total", o bairro com maior número de habitantes foi atribuído ao índice 0, o segundo maior ao índice 1, o terceiro ao índice 2, e assim sucessivamente. Esse procedimento foi repetido para todos os demais critérios avaliados, como número de domicílios, fluxo de tráfego, número de linhas de ônibus e altitude. A lógica de indexação a partir de zero seguiu o padrão da linguagem Python e permitiu a construção de uma estrutura ordenada padronizada para todas as variáveis.

Essa organização é crucial, pois os métodos multicritério dependem da comparação relativa entre as alternativas. Assim, para cada critério, foi gerada uma lista ordenada que indica, em termos de posição, o desempenho relativo de cada bairro. Esses dados ordenados permitiram a criação da matriz de avaliação, base sobre a qual o método AHP é aplicado. Essa matriz associa cada alternativa a sua posição relativa em cada critério, o que viabiliza o ranqueamento das opções de expansão da malha metroviária conforme a lógica da hierarquização.

Uma vez concluída essa etapa, os dados organizados foram armazenados em um arquivo .csv, que foi posteriormente importado para o ambiente Python com o intuito de automatizar o processo de análise. A construção das alternativas foi finalizada por meio da leitura desse arquivo e da atribuição estruturada dos dados a cada objeto (bairro). As etapas subsequentes envolveram a aplicação dos métodos AHP, conforme descrito nos tópicos seguintes deste capítulo, com base nas matrizes de decisão geradas.

4.1 RESULTADOS COMPUTACIONAIS

Com a aplicação dos métodos multicritério AHP, foi possível realizar uma análise sistemática e estruturada das regiões de Belo Horizonte com maior prioridade para receber investimentos relacionados à expansão da malha metroviária. A base da análise foi composta por cinco critérios: População, Número de Domicílios, Número de Linhas de Ônibus (NLinhas), Fluxo de Tráfego (FTrafego) e Altitude.

A matriz de comparação normalizada apresenta os valores ajustados para cada critério em cada uma das 83 alternativas (bairros). Cada valor nessa matriz representa o grau de desempenho relativo de um bairro para o respectivo critério.

Com base nas comparações par-a-par realizadas no método AHP, foram definidos os seguintes pesos relativos para os critérios:

- População: 27,23%
- Domicílios: 13,89%
- Número de Linhas de Ônibus: 16,56%
- Fluxo de Tráfego: 19,45%
- Altitude: 22,86%

O critério População foi o mais relevante, dado seu impacto direto na projeção de demanda e no potencial de impacto social da expansão do metrô. Por outro lado, critérios como Número de Linhas de Ônibus e Altitude foram tratados como fatores de

penalização, pois indicam áreas já relativamente supridas por transporte ou com dificuldades topográficas de implantação.

A aplicação do método AHP, permitiu calcular um índice de prioridade para cada bairro. O resultado é um ranking das alternativas de expansão, conforme ilustrado abaixo:

Quadro 1 – Ranking Final das Alternativas com maior necessidade de novos modais de transporte público (TOP 20)

Posição	Bairro	Placar
1º	Buritis	10.0
2º	Confisco	9.4
3º	Belmonte	8.1
4º	Sagrada Família	7.7
5º	Jardim Felicidade	7.3
6º	Castelo	6,7
7º	Granja Werneck	6,6
8º	Jardim Montanhes	6,5
9º	Piratinga	6,1
10º	Taquaril	6,0
11º	Jaqueline	5,9
12º	Céu Azul	5,9
13º	Santo Antônio	5,9
14º	São João Batista	5,9
15º	Providência	5,8
16º	Venda Nova	5,8
17º	Tupi	5,8
18º	Braúnas	5,8
19º	Ouro Preto	5,8
20º	Vila Maria	5,8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por outro lado, bairros como Mangabeiras, Gameleira e Centro aparecem nas últimas posições, indicando menor urgência na expansão metroviária para essas regiões, seja por já possuírem bom atendimento por outros modais, seja por fatores geográficos ou demográficos que reduzem sua prioridade.

Quadro 2 – Ranking Final das Alternativas com menor necessidade de novos modais de transporte público

Posição	Bairro	Placar
64°	Salgado Filho	5,7
65°	Glória	5,7
66°	Padre Eustáquio	5,7
67°	Camargos	5,7
68°	Jatobá	5,7
69°	Barreiro	5,7
70°	Olhos d'Água	5,4
71°	Primeiro Maio	5,0
72°	Miramar	5,0
73°	Lindéia	4,9
74°	Sion	4,9
75°	Barro Preto	4,6
76°	Savassi	4,6
77°	Milionários	4,5
78°	Lagoinha	4,4
79°	Garças	4,3
80°	Solimões	4,0
81°	Centro	3,8
82°	Gameleira	3,4
83°	Mangabeiras	3,2

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para complementar a análise quantitativa realizada por meio do método AHP, elaborou-se um mapa sintético de Belo Horizonte que permite visualizar de forma clara a relação entre os bairros estudados e a cobertura atual e futura da rede metroviária. O procedimento consistiu em imprimir o mapa da cidade e marcar com caneta azul todos os 83 bairros considerados na pesquisa. Em seguida, foram destacados com círculos vermelhos os bairros já atendidos pela Linha 1 do metrô e, com quadrados vermelhos, aqueles que serão contemplados pela futura Linha 2. Para identificar a urgência de atendimento, foram assinalados com círculos pretos os 20 bairros mais bem ranqueados pelo método AHP, independentemente de já estarem ou não

incluídos na expansão prevista. Essa representação visual possibilitou comparar diretamente os resultados da priorização com o traçado das linhas existentes e planejadas, permitindo identificar quais bairros de maior demanda permanecerão desassistidos e quais, embora não incluídos no projeto, encontram-se em proximidade com regiões já atendidas.

Figura 8 – Projeção da Rede Metroviária de Belo Horizonte e sua Abrangência Territorial



Fonte: Elabora pelo autor.

A análise espacial do mapa destacou algumas lacunas na cobertura do transporte metroviário em Belo Horizonte. A região de Venda Nova, que concentra cinco dos bairros identificados entre os vinte com maior urgência e necessidade de melhoria no atendimento do transporte público, não dispõe atualmente de nenhuma estação de metrô em funcionamento. Além disso, não há previsão de atendimento futuro por meio da Linha 2, o que demonstra um descompasso entre a expansão planejada do sistema e as demandas reais da população residente nessa área.

Situação semelhante é observada na região da Pampulha, onde se encontram quatro bairros também ranqueados entre os vinte com maior necessidade de intervenção no transporte público. Apesar dessa alta demanda, não existem estações em operação ou previstas nas fases atuais de expansão, o que reforça a desigualdade territorial no acesso ao metrô.

A região Norte apresenta 7 dos 83 bairros analisados, dos quais 5 foram classificados com alta prioridade. No entanto, nenhum desses bairros é atualmente atendido pela Linha 1 e tampouco será contemplado pela futura Linha 2, o que representa mais uma no atendimento. Situação semelhante ocorre na região Nordeste, que conta com 8 bairros avaliados, mas apenas 1 deles classificado com prioridade. As regiões Norte e Nordeste, entretanto, já possuem estações da Linha 1 que atende diretamente a bairros, que apesar de não estarem listados entre os com maior prioridade, fazem divisa com bairros que tem alta demanda por transporte metroviário, sendo assim beneficiado pela mesma linha. É importante ressaltar que, entre os três bairros, dessas regiões, já atendidos pela Linha 1, dois fazem divisa com bairros de alta necessidade, o que permite que essas estações desempenhem um papel estratégico ao simbolizar, ainda que de forma indireta, o atendimento a esses bairros vizinhos com alta demanda.

Na análise da distribuição espacial, observa-se que a região Norte apresenta uma condição distinta em relação às regiões de Venda Nova e Pampulha, uma vez que conta com o atendimento da Linha 1 do metrô, o que garante certo nível de integração ao sistema metroviário. Essa disponibilidade contrasta com a realidade de Venda Nova e da Pampulha, onde se concentram diversos bairros com alta urgência de melhorias no transporte público, mas que não possuem nenhuma estação próxima nem previsão de atendimento pela Linha 2. Assim, enquanto a região Norte já dispõe de infraestrutura ferroviária que contribui para a mobilidade, Venda Nova e Pampulha

permanecem desassistidas, evidenciando desigualdades no acesso a alternativas de transporte coletivo de maior capacidade.

Na Região Leste, foram identificados 10 dos 83 bairros estudados, sendo dois deles classificados como prioritários entre os 20 mais bem ranqueados. Atualmente, três bairros da região já contam com atendimento pela Linha 1 do metrô. Contudo, observa-se que os dois bairros destacados como prioridade encontram-se geograficamente distantes daqueles que já possuem atendimento metroviário, evidenciando uma lacuna na cobertura dessa região.

Já na Região Centro-Sul, não há nenhuma estação em operação nem previsão de atendimento futuro pela Linha 2. Essa região contempla 9 dos bairros analisados, dos quais apenas 1 foi classificado como prioritário. Entretanto, nenhum dos bairros estudados na região é atendido, seja pela Linha 1 ou pela Linha 2, o que reforça a carência de cobertura metroviária nessa área da cidade.

As regiões Noroeste e Oeste configuram-se hoje como aquelas com maior número de estações já contempladas pela Linha 1 do metrô de Belo Horizonte, apresentando, somente entre os bairros analisados neste estudo, três estações em funcionamento e mais uma que será incluída na futura expansão da Linha 2. Essa característica coloca essas regiões como as mais diretamente impactadas pela expansão da malha metroviária, sobretudo a região Oeste, que receberá o maior número de estações adicionais. No entanto, apesar dessa ampla cobertura projetada, observa-se que apenas dois bairros dessas regiões aparecem entre os de maior prioridade identificados pela pesquisa, um situado na região Oeste e outro na Noroeste. Ambos, contudo, estão localizados em áreas mais distantes do traçado atual e futuro das linhas, o que compromete o atendimento direto às suas demandas.

Destaca-se, nesse contexto, o caso do bairro Buritis, situado na região Oeste e identificado como o bairro de maior urgência na hierarquização dos resultados, tendo obtido a pontuação máxima no placar desta pesquisa. Apesar de estar em uma região que será amplamente beneficiada pela implantação da Linha 2, o Buritis encontra-se geograficamente afastado do trajeto do metrô, o que significa que sua alta prioridade não será devidamente contemplada pela expansão em curso. Essa situação ilustra a existência de lacunas no planejamento, evidenciando que a ampliação da rede, embora importante, não necessariamente alcança os territórios onde a necessidade é mais urgente.

A região do Barreiro configura-se como uma das mais beneficiadas com a futura implantação da Linha 2 do metrô, já que esta terá como destino justamente esse território. Dos bairros analisados neste estudo, oito estão localizados nessa região, e nenhum deles apresenta situação de urgência em relação à integração com o sistema metroviário. Pelo contrário, a maior parte ocupa posições finais no ranking de prioridade, indicando uma menor demanda imediata de implantação. Ainda assim, a chegada da Linha 2 trará impactos, reforçando o papel estratégico do Barreiro no contexto urbano de Belo Horizonte e ampliando as possibilidades de mobilidade para uma população expressiva, que atualmente enfrenta limitações quanto à oferta de transporte coletivo de alta capacidade.

Esses resultados indicam que, embora a expansão do metrô em Belo Horizonte possa contribuir para melhorar a mobilidade em algumas regiões, áreas estratégicas e densamente povoadas permanecem à margem dos investimentos, perpetuando a dependência do transporte rodoviário e a sobrecarga nos sistemas de ônibus.

4.2 RESULTADOS DO PROBLEMA

Dentre os bairros melhor ranqueados, ou seja, com maior necessidade de atendimento, apenas Venda Nova e Tupi são atendidos pela atual Linha 1 do metrô, por meio das estações Vilarinho e Waldomiro Lobo, respectivamente. Isso indica que, apesar de já contarem com infraestrutura metroviária, esses bairros permanecem entre os mais demandantes, o que pode estar associado a sua alta densidade populacional, congestionamento no transporte público e saturação da linha atual, sobretudo nos horários de pico.

No caso do Buritis, bairro com maior pontuação no modelo proposto, observa-se que não há atendimento direto por nenhuma das linhas existentes ou previstas. Contudo, o traçado da Linha 2, em implantação, prevê a construção das estações Nova Suíça e Nova Cintra, que embora não esteja localizada dentro dos limites do Buritis, se encontra relativamente próxima geograficamente, podendo representar uma alternativa de acesso mais eficiente ao sistema metroviário para os moradores da região Oeste. Ainda assim, a ausência de atendimento direto cria uma dependência de conexões por ônibus reforçam a urgência de uma abordagem mais ampla para esta região.

A grande maioria dos demais bairros com alta prioridade, como Confisco, Belmonte, Sagrada Família, Jardim Felicidade, Castelo, Granja Werneck, Jardim

Montanhês, Piratininga, Taquaril, Jaqueline, Céu Azul, Santo Antônio, São João Batista, Providência, Braúnas, Ouro Preto e Vila Maria, não possuem cobertura metroviária direta nem são contemplados pela expansão da Linha 2. Em muitos desses casos, observa-se também a ausência de integração facilitada com a Linha 1, o que acentua o quadro de desassistência em termos de transporte de alta capacidade.

Com base na aplicação dos métodos multicritério (AHP), a presente pesquisa identificou também, dentre os principais de Belo Horizonte, os bairros com menor necessidade relativa de ampliação da malha metroviária no contexto atual da mobilidade urbana de Belo Horizonte. Dentre os vinte bairros com menor escore de urgência, observa-se que muitos já são atendidos por estações existentes da Linha 1 do metrô, serão futuramente beneficiados pela Linha 2, ou se localizam em regiões com boa integração ao transporte público, especialmente via ônibus.

Bairros como Lagoinha e Gameleira, Barro Preto já contam com estações em operação na Linha 1, o que justifica, em parte, a menor demanda por novas infraestruturas metroviárias nessas regiões. Outros bairros, como Padre Eustáquio e Glória, embora não possuam estações próprias, são limítrofes a bairros atendidos e possuem acesso facilitado ao sistema metroferroviário, além de boa conectividade viária e cobertura de linhas de ônibus. O Barreiro, por sua vez, ainda que não possua uma estação de metrô, é amplamente atendido por terminais de ônibus e integra planos de expansão da linha 2, com expectativa de futuras conexões com a malha metroviária.

Adicionalmente, bairros como Sion, Savassi e Salgado Filho, localizados na região Centro-Sul, apresentam características urbanas que favorecem o deslocamento por múltiplos modais, além de, em alguns casos (como o do Salgado Filho) estarem próximos às áreas contempladas pelo traçado previsto da Linha 2. Essa proximidade contribui para uma menor classificação de urgência, visto que tais regiões já apresentam índices satisfatórios de mobilidade urbana, mesmo sem a presença direta do metrô.

Outros bairros, como Lindéia, Miramar, Milionários e Primeiro de Maio, embora não estejam diretamente conectados às linhas em operação, se beneficiam da infraestrutura existente em seus arredores, com boa oferta de transporte coletivo e acesso a corredores viários estruturados. Olhos d'Água e Mangabeiras, por sua vez, são bairros com menor densidade demográfica e elevada renda média, características

que os afastam do perfil típico de áreas prioritárias para investimento metroviário, ao menos no curto prazo.

Esses dados revelam uma lacuna entre a expansão planejada da rede e os bairros que, de fato, apresentam maior demanda potencial por esse tipo de modal. Embora a Linha 2 represente um avanço relevante, com a expectativa de atender à região Oeste e integrar o Barreiro ao sistema, ela não abrange áreas periféricas densamente povoadas e com infraestrutura viária sobrecarregada, especialmente nas regiões Norte e Nordeste do município.

Portanto, a análise permite concluir que, embora a expansão do metrô represente uma melhoria importante para o sistema de transporte da cidade, ela ainda está aquém de atender as demandas mais urgentes da população. A priorização de trechos baseada apenas em critérios técnicos e orçamentários, sem considerar integralmente aspectos territoriais e sociais, pode comprometer a efetividade da política de mobilidade urbana. Assim, recomenda-se a ampliação do planejamento metroviário de Belo Horizonte com base em diagnósticos multicritério que contemplem efetivamente os bairros mais carentes de infraestrutura de transporte de alta capacidade, como os aqui identificados.

5. DISCUSSÕES E SUGESTÕES

Os resultados obtidos por meio da aplicação dos métodos AHP evidenciam a complexidade envolvida na definição de prioridades para a expansão da malha metroviária de Belo Horizonte. A análise multicritério permitiu hierarquizar os bairros com base em fatores técnicos e socioeconômicos que impactam diretamente a necessidade de implantação do transporte de alta capacidade. Contudo, a comparação entre o ranking obtido e o traçado efetivo da expansão planejada revela discrepâncias importantes, que demandam atenção por parte dos gestores públicos.

Entre os bairros com maior urgência de atendimento identificados nesta pesquisa, como Buritis, Confisco, Belmonte, Sagrada Família, Jardim Felicidade e Granja Werneck, a grande maioria não é contemplada pela atual Linha 1 nem pela expansão prevista da Linha 2. Muitos desses bairros encontram-se em regiões periféricas da cidade, com densidade populacional elevada, fluxo de tráfego intenso e baixa ou inexistente cobertura metroviária. O caso do Buritis é particularmente relevante, visto que, mesmo sendo o bairro com maior pontuação no modelo proposto, ele permanece sem atendimento direto pelo metrô, dependendo exclusivamente da integração com ônibus e das futuras estações Nova Suíça e Nova Cintra, que ainda assim se encontram fora de seus limites diretos.

Essa lacuna evidencia uma necessidade urgente de reavaliar os critérios de priorização adotados nas decisões de infraestrutura urbana, ampliando o escopo para incluir diagnósticos multicritério mais abrangentes, como o desenvolvido neste trabalho. A consideração apenas de aspectos técnicos e viabilidade orçamentária, embora imprescindível, pode resultar em políticas públicas que não dialogam plenamente com as reais necessidades da população.

Por outro lado, bairros que figuraram entre os últimos colocados no ranking, como Mangabeiras, Centro, Lagoinha, Gameleira e Savassi, são áreas que já possuem boa cobertura por transporte público, seja por estações existentes da Linha 1, seja por ampla rede de ônibus. Nessas regiões, a expansão do metrô, embora possa trazer benefícios marginais, não representa um salto estrutural no acesso à mobilidade urbana como seria o caso nas regiões Norte, Nordeste e parte da Oeste.

A partir dessa constatação, algumas sugestões podem ser apontadas, como a revisão periódica do planejamento metroviário com base em análises multicritério, que integrem dados demográficos, sociais e geoespaciais atualizados, de modo a garantir

que os trechos de expansão atendam efetivamente os segmentos populacionais mais carentes de transporte de alta capacidade; a criação de traçados complementares ou ramais alternativos voltados para bairros com alta demanda não atendida, como Jardim Felicidade, Taquaril, Confisco, Céu Azul e São João Batista, visando ampliar o alcance territorial do sistema e promover a inclusão urbana; a integração plena com o sistema de ônibus nas regiões onde a implantação do metrô for inviável no curto prazo, por meio da reestruturação de corredores de BRT, terminais integradores e política tarifária unificada; além de estudos de viabilidade técnica e financeira voltados para novas tecnologias de transporte de média capacidade (como VLTs ou monotrilhos), que possam complementar a rede metroviária com menor custo de implantação, especialmente em áreas com limitações topográficas; destaca-se ainda a necessidade de ampliação da transparência e participação social no planejamento, com envolvimento direto da população nas decisões de expansão e priorização, garantindo legitimidade e aderência social às obras implementadas.

Em síntese, os resultados da presente pesquisa reforçam a importância do uso de abordagens quantitativas e criteriosas na tomada de decisão para investimentos públicos em infraestrutura urbana. A análise revelou que, apesar dos avanços representados pela Linha 2, a rede metroviária de Belo Horizonte ainda carece de abrangência territorial e social. A adoção de ferramentas como o AHP, aliadas a bancos de dados abertos e geoespaciais, pode fornecer uma base sólida para a construção de políticas de mobilidade mais justas, eficientes e voltadas à redução das desigualdades urbanas.

6. REFERÊNCIAS

CARDOSO, Leandro. *Transporte público, acessibilidade urbana e desigualdades socioespaciais na Região Metropolitana de Belo Horizonte*. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-7A2N6A>. Acesso em: 27 maio 2025.

Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU). **Histórico do Metrô de Belo Horizonte**. Disponível em: <https://www.cbtu.gov.br>. Acesso em: 27 maio 2025.

COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENDS URBANOS (CBTU). **Informações operacionais – Belo Horizonte**. Disponível em: <https://www.cbtu.gov.br>. Acesso em: 27 maio 2025.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. **Concessão do Metrô de BH completa dois anos com reformas, aquisições e obras da Linha 2**. 24 abr. 2024. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/concessao-do-metro-de-bh-completa-dois-anos-com-reformas-aquisicoes-e-obras-da-linha-2>. Acesso em: 27 maio 2025.

GOVERNO DE MINAS GERAIS. **Governo de Minas acompanha avanço das obras da Linha 2 do Metrô de BH**. Agência Minas, 7 fev. 2024. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-de-minas-acompanha-avanco-das-obras-da-linha-2-do-metro-de-bh>. Acesso em: 27 maio 2025.

GOVERNO DE MINAS GERAIS. **Governo de Minas divulga detalhes das obras da Linha 2 do metrô da RMBH**. Agência Minas, 15 mai. 2024. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-de-minas-divulga-detalhes-das-obras-da-linha-2-do-metro-da-rmbh>. Acesso em: 27 maio 2025.

HWANG, Ching-Lai et al. Métodos para tomada de decisão com múltiplos atributos. **Tomada de decisão com múltiplos atributos: métodos e aplicações: uma pesquisa de última geração**, p. 58-191, 1981.

MELO, Renato Teixeira Campos de. A implantação do Trem Metropolitano de Belo Horizonte—Um estudo das dificuldades institucionais e políticas da coordenação intergovernamental. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283463336> Acesso em: 27 maio 2025.

METROBH. *Histórias antecedentes METROBH*, 2013. Disponível em: <www.metrobh.gov.br/cbtu/final/empresa/a_cbtu/acbtu.htm>. Acesso em: 27 maio 2025.

METRÔ BH. **Metrô BH inaugura as obras da Linha 2**. 22 set. 2024. Disponível em: <https://www.metrobh.com.br/metro-bh-inaugura-as-obras-da-linha-2>. Acesso em: 27 maio 2025.

METRÔ BH. **Saiba mais sobre o futuro metrô da Região Metropolitana de Belo Horizonte**. 2024. Disponível em: <https://www.metrobh.com.br/saiba-sobre-o-futuro-metro-da-regiao-metropolitana-de-belo-horizonte>. Acesso em: 27 maio 2025.

METRÔ BH. **Metrô BH inaugura as obras da Linha 2**. 22 set. 2024. Disponível em: <https://www.metrobh.com.br/metro-bh-inaugura-as-obras-da-linha-2>. Acesso em: 27 maio 2025.

METRÔ BH. **Metrô BH completa dois anos com 10 estações modernizadas**. 24 abr. 2024. Disponível em: <https://www.metrobh.com.br/metro-bh-completa-dois-anos-com-10-estacoes-modernizadas>. Acesso em: 27 maio 2025.

METRÔ BH. **Saiba mais sobre o futuro metrô da Região Metropolitana de Belo Horizonte**. 2024. Disponível em: <https://www.metrobh.com.br/saiba-sobre-o-futuro-metro-da-regiao-metropolitana-de-belo-horizonte>. Acesso em: 27 maio 2025.

SANTOS, J. C. DOS .; SOBRAL, M. F. F.. Diagnóstico, perspectivas de uso e expansão dos serviços de trens metropolitanos no Brasil. **Revista de Administração Pública**, v. 48, n. 2, p. 481–506, mar. 2014.