



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



Vinícius de Castro Botelho Lanza

Avaliação de Ciclabilidade: Proposição de um Índice sob a Ótica de Ciclistas e Especialistas para Vias Arteriais

Ouro Preto

2022

Avaliação de Ciclabilidade: Proposição de um Índice sob a Ótica de Ciclistas e Especialistas
para Vias Arteriais

Vinícius de Castro Botelho Lanza

Trabalho Final de Curso apresentado como
parte dos requisitos para obtenção do Grau de
Engenheiro Civil na Universidade Federal de
Ouro Preto.

Data da aprovação: 01/11/2022

Área de concentração: Infraestrutura de Transportes

Orientador: Prof. D.Sc. Daniela Antunes Lessa – UFOP

Coorientador: Prof. D.Sc. Leandro Cardoso – UFMG

Ouro Preto

2022



FOLHA DE APROVAÇÃO

Vinicius de Castro Botelho Lanza

Avaliação de ciclabilidade: proposição de um índice sob a ótica de ciclistas e especialistas para Vias Arteriais

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

Aprovada em 01 de novembro de 2022.

Membros da banca

Profª. Drª. Daniela Antunes Lessa - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Prof. Dr. Leandro Cardoso - Coorientador (Universidade Federal de Minas Gerais)
Profª. Drª. Ana Leticia Pilz de Castro - (Universidade Federal de Ouro Preto)
Engª. Isabella Fernandes - (Universidade Federal de Minas Gerais)

Daniela Antunes Lessa, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 04/11/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Daniela Antunes Lessa, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/11/2022, às 18:14, 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 **0422398** e o código CRC **3B3340BA**.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi elaborado com a contribuição de profissionais e colegas de curso que prestaram um papel muito importante na trajetória da minha graduação.

Em especial, gostaria de agradecer a parceria e orientação que a professora Daniela Antunes Lessa se dispôs a me oferecer durante todo o curso. A experiência que obtive na área de planejamento e transportes foi muito importante para a construção dos meus objetivos profissionais e acadêmicos.

Agradeço também ao professor Leandro Cardoso, profissional que admiro à longa data que se dispôs a contribuir para a elaboração deste documento. Além disso, dedico à Isabella Cardoso, profissional que me apresentou muitos conceitos novos sobre a ciclabilidade e que serviu como suporte e inspiração para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao técnico do laboratório de ferrovias (LABFER), Hebert, gostaria de agradecer a expertise compartilhada sobre ensaios de laboratório relacionados à pavimentação. Vejo hoje a diversidade de aplicação dos conhecimentos adquiridos na minha carreira como Engenheiro.

Dedico também aos meus familiares que me apoiaram durante todo o desenvolvimento do trabalho. Especialmente, agradeço aos meus pais, Marly e Robson, pelas muitas oportunidades que me proporcionaram chegar aonde estou. Ao meu irmão, Felipe, agradeço o companheirismo para todos os momentos.

Além disso, gostaria de agradecer aos colegas que contribuíram de forma geral para a elaboração deste trabalho: Vítor Paiva, Júlia Amorim, Maryane Borges e Ana Flávia. Obrigado pela parceria de sempre.

RESUMO

A rápida urbanização das cidades do Brasil contribuiu para a constituição de um planejamento urbano voltado para os transportes motorizados. A cidade de Belo Horizonte conta com muitos veículos motorizados circulando cotidianamente, o que configura a insustentabilidade do sistema de transportes. Problemas em diversas esferas, tais quais a falta de acesso ao transporte público oneroso e congestionamentos excessivos, são notáveis no dia a dia do município. Nesse contexto, a mobilidade ativa surge como uma das soluções. A bicicleta, meio de transporte associado à energia humana, torna-se evidentemente um recurso para o desenvolvimento sustentável dos polos urbanos. Sendo assim, a ciclabilidade, ou também conhecida como *bikeability*, apresenta-se como potencial estudo para otimizar a mobilidade pela cidade. Portanto, propor um índice unificado sob a ótica de ciclistas e sob a ótica de especialistas demonstra possuir um potencial para a melhoria do planejamento urbano, de transportes e de circulação. Dito isso, o objetivo do presente trabalho é realizar uma adaptação do índice de ciclabilidade proposto por Bagno (2019) e Cardoso (2022), com base em uma análise comparativa entre as metodologias propostas pelos autores. O estudo se constitui na realização de uma análise bibliográfica dos indicadores utilizados pelos autores, seus resultados e conclusões. *A posteriori*, é proposto um novo índice que foi aplicado na mesma região estudada por Cardoso (2022). A localidade escolhida é denominada Hipercentro de Belo Horizonte, sendo localizada na Regional Administrativa Centro-Sul. Em consequência da unificação das metodologias existentes para avaliar a ciclabilidade em Belo Horizonte, foi almejada a otimização dos pontos fracos apontados pelos autores e, conseqüentemente, a adaptação de um índice para vias arteriais sob a ótica de ciclistas e especialistas que represente a realidade do contexto de mobilidade do município. A aplicação índice adaptado para vias arteriais demonstrou que existem melhorias associadas especialmente a infraestrutura viária, conectividade entre os trajetos e estacionamento para bicicletas na região do Hipercentro que, metodologicamente, foi atribuído a nota 0,36, valor que representa a classificação de “Regular”.
Palavras-chaves: Ciclabilidade, Mobilidade Ativa, Mobilidade Urbana, Ciclovias, Bicicleta, Índice de Ciclabilidade, Vias Arteriais.

ABSTRACT

The rapid urbanization of The Cities of Brazil contributed to the constitution of an urban planning aimed at motorized transport. The city of Belo Horizonte has many motor vehicles circulating daily, which configures the unsustainability of the transport system. Problems in several spheres, such as the lack of access to costly public transport and excessive congestion, are notable in the day-to-day life of the municipality. In this context, active mobility emerges as a solution. Cycling, a means of transport associated with human energy, obviously becomes a resource for the sustainable development of urban hubs. Thus, cycling, or also known as bikeability, is a potential study to optimize mobility through the city. Therefore, proposing a unified index from the perspective of cyclists and from the perspective of experts demonstrates to have a potential for the improvement of urban planning. That said, the aim of this study is to elaborate a comparative analysis between the strengths of the index proposed by Bagno (2019) and Cardoso (2022). The study consists in conducting a bibliographical analysis of the indicators used by the authors, their results, and conclusions. After that, a new index is proposed that was applied in the same region studied by Cardoso (2022). The chosen location is called Hipercentro de Belo Horizonte and is in the Administrative Region Center-South. As a result of the unification of existing methodologies to assess cycling in Belo Horizonte, we aimed to optimize the weak points pointed out by the authors and, consequently, to adapt an index for arterial streets from the perspective of cyclists and experts that represents the reality of the current mobility context of the city. The application of the index adapted for arterial roads showed that there are improvements associated especially with road infrastructure, connectivity between routes, and bicycle parking in the *Hipercentro* region that, methodologically, was assigned a score of 0.36, a value that represents the classification of “Regular”.

Keywords: Cyclability, Active Mobility, Urban Mobility, Bicycle Path, Bike, Cyclability Index, Arterial Roads.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 - Relatório de emissão de monóxido de carbono (CO) na atmosfera (19/06/2022).	7
Figura 2-2 – Participação dos Veículos na Composição dos Fluxos.....	8
Figura 2-3 – Critérios de Qualidade - Proteção.....	9
Figura 2-4 - Critérios de Qualidade – Prazer.....	10
Figura 2-5 - Critérios de Qualidade – Conforto.	10
Figura 2-6 – Planta da cidade de Belo Horizonte elaborada por Aarão Reis.	13
Figura 2-7 – Rotas cicloviárias e faixas exclusivas do transporte público no município de Belo Horizonte.	16
Figura 2-8 – Eixos de análise do PlanMob-BH 2030.....	17
Figura 2-9 – Percentual de viagens realizadas em bicicleta na cidade de Belo Horizonte.....	18
Figura 2-10 - Indicadores utilizados para avaliar o eixo da Mobilidade Ativa.	19
Figura 2-11 – Região do Hipercentro de Belo Horizonte dividida em subáreas.	21
Figura 2-12 – Pontos de ônibus localizados na região do Hipercentro de Belo Horizonte.	23
Figura 2-13 – Linha do Trem Urbano de Belo Horizonte e Identificação da Estação Central no Hipercentro.	24
Figura 2-14 – Quantificação dos usuários que utilizam as estações do trem urbano em Belo Horizonte.	25
Figura 3-1 – Metodologia empregada no trabalho.	28
Figura 3-2 – Trechos selecionados para a aplicação do índice adaptado.	34
Figura 4-1 – Propostas de rotas cicláveis.	37
Figura 4-2 – Mapa de IQVU para Belo Horizonte – Indicador Segurança Urbana.	45
Figura 4-3 – Gráfico de risco e inundação de Belo Horizonte.	47
Figura 4-4 – Elementos de permanência nas cidades.	49

Figura 4-5 – Relação entre número de quilômetros percorridos, quilômetros de rotas cicláveis e acidentes de trânsito na cidade de Copenhague ao longo dos anos.....	50
Figura 5-1 - Indicadores avaliados de forma qualitativa.	52
Figura 5-2 – Resultado para o atributo Segurança Pública.	55
Figura 5-3 - Resultado para o atributo Drenagem + Precipitação.	56
Figura 5-4 – Bicicleta estacionada em um poste de luz – Trecho 4C.	58
Figura 5-5 – Ciclistas utilizando a calçada para se locomover – Trecho 6B.....	59
Figura 5-6 – Sinalização vertical obstruída por galhos de árvores – Trecho 1A.....	60
Figura 5-7 – Ciclista sentado em praça de convívio – Trecho 1.	61
Figura 5-8 – Elementos atrativos e calçada com largura superior a 5 m – Trecho 1B.....	62
Figura 5-9 – Condições da calçada – Trecho 2.	63
Figura 5-10 – Estacionamento de carros e ponto de ônibus obstruindo a calçada – Trecho 3A.	64
Figura 5-11 – Qualidade das calçadas e bicicleta estacionada em sinalização vertical de trânsito – Trecho 3B.	65
Figura 5-12 – Paraciclos e sinalização horizontal – Trecho 4A.	65
Figura 5-13 – Obra obstruindo e forçando o desvio de rota de pedestres e ciclistas – Trecho 4B.	66
Figura 5-14 – Má qualidade da sinalização Horizontal – Trecho 5B e Trecho 5C.	67
Figura 5-15 – Sinalização vertical obstruída por árvores – Trecho 5D.....	67
Figura 5-16 – Sinalização vertical, integração intermodal, existência de infraestrutura cicloviária em cruzamento e arborização adequada – Trecho 5E.	68
Figura 5-17 – Má qualidade do pavimento e da calçada – Trecho 5F.....	69
Figura 5-18 – Má qualidade da calçada – Trecho 6A.....	70

Figura 5-19 – Ciclista deslocando por meio de via – Trecho 6B.	70
Figura 5-20 – Indicadores e frequência de notas mínimas.	73
Figura 5-21 – Classificação metodológica das vias inspecionadas.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1 – Indicadores influenciadores para a ciclabilidade.....	11
Tabela 2-2- Características das subáreas que compõem o Hipercentro.	22
Tabela 3-1 – Fatores de utilizados na metodologia proposta por Bagno (2019).....	29
Tabela 3-2 - Fatores de utilizados na metodologia proposta por Cardoso (2022).....	30
Tabela 3-3 – Ponderação dos Resultados obtidos para as vias.....	33
Tabela 4-1 – Indicadores e pesos atribuídos aos indicadores nas metodologias de Bagno (2019) e Cardoso (2022).	35
Tabela 4-2 – Índice adaptado sob a ótica de ciclistas e especialistas.	36
Tabela 4-3 – Atributo Existência de Infraestrutura Ciclovitária e níveis de desempenho.	38
Tabela 4-4 – Atributo Qualidade do Pavimento e níveis de desempenho.....	40
Tabela 4-5 – Atributo Continuidade Física + Quantidade de Obstruções e níveis de desempenho.	41
Tabela 4-6 – Atributo Estacionamento para Bicicletas e níveis de desempenho.	42
Tabela 4-7 – Atributo Integração Intermodal e níveis de desempenho.	43
Tabela 4-8 – Atributo Sinalização de Trânsito e níveis de desempenho.....	43
Tabela 4-9 - Atributo Topografia e níveis de desempenho.	44
Tabela 4-10 - Atributo Iluminação e níveis de desempenho.	46
Tabela 4-11 – Atributo Drenagem + Precipitação e níveis de desempenho.....	47
Tabela 4-12 – Atributo Atratividade Local e níveis de desempenho.	48
Tabela 4-13 – Atributo Segurança nos Cruzamentos e níveis de desempenho.	50
Tabela 4-14 – Atributo Presença de Veículos Pesados e níveis de desempenho.	51
Tabela 5-1 – Extensão das vias localizadas na região Central de Belo Horizonte.....	53
Tabela 5-2 – Resultados para o atributo Topografia.	54

Tabela 5-3 – Resultado para o atributo Presença de Veículos Pesados.....	57
Tabela 5-4 – Indicadores avaliados durante a aplicação prática do índice adaptado.	57
Tabela 5-5 – Resultados da aplicação do índice nos trechos analisados.	72
Tabela 5-6 – Análise comparativa entre os resultados obtidos por Cardoso (2022) e o índice adaptado.....	74

LISTA DE SIGLAS

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos

BAMUBH – Balanço Anual da Mobilidade Urbana em Belo Horizonte

CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente

IQVU – Índice de Qualidade de Vida Urbana

PBH – Prefeitura de Belo Horizonte

PlanMob-BH – Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte

PRHBH – Plano de Reabilitação do Hipercentro de Belo Horizonte

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Objetivo	4
1.1.1	Objetivos Específicos	4
1.1.2	Estrutura do Trabalho	4
2	Revisão Bibliográfica	6
2.1	Mobilidade nos Grandes Centros Urbanos	6
2.2	Ciclabilidade e o Incentivo ao Uso de Bicicletas	9
2.3	O Planejamento da Mobilidade Urbana na Cidade Belo Horizonte.....	12
2.3.1	Plano de Mobilidade Urbana	17
2.3.2	Estudo de Requalificação: Região do Hipercentro	20
3	Metodologia	27
3.1	Índice sob a Ótica de Ciclistas	28
3.2	Índice sob a Ótica de Especialistas	29
3.3	Elaboração do Índice Adaptado	30
3.4	Local de Aplicação do Índice Adaptado	33
4	Resultados e Discussões	35
4.1	Análise Comparativa	35
4.2	Definição dos Atributos para o Índice Adaptado	36
4.3	Definição dos Níveis de Desempenho para o Índice Adaptado	37
4.3.1	Existência de Infraestrutura Cicloviária	37

4.3.2	Conectividade dos Trajetos	38
4.3.3	Qualidade do Pavimento.....	39
4.3.4	Continuidade Física + Quantidade de Obstruções	40
4.3.5	Estacionamento para Bicicletas	41
4.3.6	Integração Intermodal	42
4.3.7	Sinalização de Trânsito	43
4.3.8	Topografia	44
4.3.9	Segurança Pública.....	45
4.3.10	Iluminação	46
4.3.11	Drenagem + Precipitação.....	46
4.3.12	Atratividade Local	48
4.3.13	Segurança nos Cruzamentos.....	49
4.3.14	Presença de Veículos Pesados	51
5	Aplicação do índice Adaptado na Região do Hipercentro de Belo Horizonte	52
5.1	Indicadores Qualitativos.....	52
5.1.1	Conectividade dos Trajetos	52
5.1.2	Topografia	53
5.1.3	Segurança Pública.....	54
5.1.4	Drenagem + Precipitação.....	55
5.1.5	Presença de Veículos Pesados	56
5.2	Indicadores Práticos	57
5.2.1	Trecho 1: Avenida dos Andradas	60
5.2.2	Trecho 2: Rua dos Caetés	62

5.2.3	Trecho 3: Rua da Bahia	63
5.2.4	Trecho 4: Avenida Afonso Pena	65
5.2.5	Trecho 5: Rua Espírito Santo	66
5.2.6	Trecho 6: Avenida do Contorno	69
5.3	Resultado da Aplicação do Índice Adaptado.....	71
5.4	Comparação entre os Resultados	74
6	Conclusão.....	77
6.1	Sugestões para Trabalhos Futuros	78
	Referências	80

1 Introdução

O desenvolvimento rápido de grandes centros urbanos na atualidade agrega grandes dificuldades para o planejamento eficaz do sistema de transportes. Em geral, transportes motorizados ganham foco para o deslocamento nas cidades brasileiras. Essa característica da distribuição modal de transporte brasileiro é consequência do contexto histórico de desenvolvimento dos polos urbanos durante o século XX. A ocorrência do êxodo rural entre 1960 e 1980 iniciou um processo de periferização dos centros urbanos, o que contribuiu para o surgimento de novas demandas por mobilidade nas cidades (ALMEIDA, 2019). Concomitantemente, a elaboração de planos de mobilidade que incentivam a utilização de carros, ônibus e outros meios motorizados influenciaram na construção de cidades voltadas para o transporte motorizado (CÉSAR, 2014).

No entanto, a dedicação exclusiva para a construção de cidades voltadas para esse tipo de transporte gera conflitos para o planejamento urbano. Nesse contexto, é possível citar a precariedade do sistema de transporte dedicado a meios motorizados no aspecto de equidade. Ou seja, a população mais pobre não desfruta democraticamente dos recursos públicos existentes na cidade tendo em vista a falta de acesso devido à falta de mobilidade (ALMEIDA, 2019). Isso pois, de forma geral, o transporte público é pouco desenvolvido, caro e lento (GEHL, 2015). Na cidade de Belo Horizonte os custos de deslocamentos associados ao sistema de transportes já não suportam à demanda, tendo em vista a onerosidade associada ao uso pela população (CARDOSO, 2007).

Em uma outra ótica, o incentivo de meios de transporte motorizados contribui para o colapso da infraestrutura do sistema de transportes. O crescimento desenfreado do número de carros e outros veículos motorizados nas ruas aumentam o congestionamento e, analogamente, reduzem a qualidade de vida dos cidadãos (GEHL, 2015). Segundo o IBGE (2021), a cidade de Belo Horizonte assume a posição de uma das cidades com a maior taxa de motorização do Brasil, possuindo a relação de 61 para cada 100 habitantes.

Nessa circunstância, a mobilidade ativa tem sido notada como alternativa a conflitos gerados em diversas esferas do planejamento urbano de Belo Horizonte. A substituição de meios de transporte motorizados por aqueles que utilizam energia humana contribui, por

exemplo, para a redução da emissão de gases de efeito estufa, para a diminuição do tempo médio gasto em deslocamentos diários e para a redução de gastos associados à deslocamentos (ALMEIDA, 2019). Assim, entende-se que o incentivo à ciclabilidade representa uma das soluções para a otimização do planejamento de mobilidade urbana na cidade de Belo Horizonte (VIOLA, 2016).

Segundo Almeida (2019), o termo ciclabilidade, ou *bikeability*, pode ser entendido como o quão amigável para o uso de bicicleta é uma localidade, região ou cidade. Para avaliar a ciclabilidade é importante estudar de forma objetiva os indicadores que sejam relevantes para a região de estudo (BAGNO, 2019). Dentre os fatores comumente avaliados pelas metodologias científicas, é possível citar a infraestrutura cicloviária, a segurança das vias e a existência de estacionamento para bicicletas na região.

No que tange às condições cicláveis para a cidade de Belo Horizonte, a BH em Ciclo (2017) constou que apenas 0,4% dos deslocamentos pelo município são feitos por meio de bicicletas. A pequena adesão a este modo de transporte pode estar associada às condições viárias existentes na cidade (CARDOSO, 2022). Segundo a BHTRANS (2021), a extensão acumulada de rotas cicloviárias implantadas pelo plano Pedala BH até maio de 2022 é de 105,18 km, contrastando a previsão de 241,59 km para dezembro de 2016. Em contrapartida, o município de Belo Horizonte possui cerca de 4.500 km de vias disponíveis para o transporte motorizado (BHTRANS, 2021).

Em 2007 foi proposto um projeto de requalificação de vias preferenciais para pedestres na região do Hipercentro de Belo Horizonte. Segundo o Plano de Reabilitação do Hipercentro de Belo Horizonte (2007), a região é definida como uma macrozona do município segundo a Lei Nº 7.166/96, e contempla o Parque Municipal, parte dos quarteirões ao longo do Ribeirão Arrudas, dois quarteirões da área hospitalar e alguns quarteirões próximos à Avenida Bias Fortes. Ainda segundo o PRHBH (2007), o tráfego de passagem na região corresponde a 58% do volume total, ocorrendo grande quantidade de fluxo de veículos, mercadorias e pedestres.

Ademais, dados disponibilizados pela Prefeitura de Belo Horizonte (2010) indicaram que a classificação viária da região Central de Belo Horizonte é composta por cerca de 95% de vias arteriais. Esse fato deve ser levado em conta na avaliação da ciclabilidade, visto que existem

diretrizes preconizadas por órgãos governamentais, como o CONTRAN, que dizem respeito às de infraestrutura cicloviária necessárias de acordo com a classificação da via.

Cardoso (2022) elaborou uma metodologia para avaliar as condições de ciclabilidade na região do Hipercentro. Para tal, foram considerados atributos como a existência de infraestrutura cicloviária e de políticas públicas associadas a ciclabilidade e, como resultado, obteve-se que a macrozona foi classificada como “Ruim”.

Tendo em vista a importância da região para o sistema de transporte do município de Belo Horizonte e devido a aplicação do índice de Cardoso (2022) nessa localidade, a macrozona do Hipercentro foi escolhida como alvo do estudo e aplicação do índice proposto. Dessa forma, foi possível compreender a aplicabilidade do índice adaptado e, adicionalmente, comparar os resultados considerando a avaliação das condições de ciclabilidade para vias arteriais.

1.1 Objetivo

O objetivo do presente trabalho consiste na elaboração de uma análise comparativa entre as metodologias para avaliação da ciclabilidade propostos por Bagno (2019) e Cardoso (2022) para a cidade de Belo Horizonte e, em sequência, a adaptação dos índices de ciclabilidade.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Apresentação de um índice adaptado para avaliação de vias arteriais sob a ótica de ciclistas e especialistas que seja aplicável para o município de Belo Horizonte;
- Classificação metodológica das vias que compõem a região do Hipercentro de Belo Horizonte;
- Identificação de possíveis diretrizes para melhorias viárias com ênfase na ciclabilidade da cidade de Belo Horizonte.

1.1.2 Estrutura do Trabalho

Este trabalho foi organizado em 6 seções. Essas foram elaboradas conforme a descrição a seguir:

A Seção 1 apresenta a introdução do trabalho, com a contextualização acerca do desenvolvimento urbano das cidades. Em seguida, foi realizada uma contextualização particular do município de Belo Horizonte, com ênfase nas condições de ciclabilidade avaliadas por dois autores, Bagno (2019) e Cardoso (2022). Por fim, foram descritos os objetivos e objetivos específicos do trabalho, tópico que serviu para esclarecimento do propósito da elaboração de um índice adaptado para vias arteriais.

A Seção 2 foi pautada na revisão bibliográfica do trabalho. Para isso, foi explorado um conceito linear, iniciando com a abordagem sobre a mobilidade nos grandes centros urbanos, seguindo para a temática da ciclabilidade nesse meio e, por fim, finalizando com a avaliação do planejamento da mobilidade urbana de uma maneira específica, para a cidade de Belo Horizonte.

A Seção 3 resume a metodologia considerada para a elaboração do índice adaptado para vias arteriais. Portanto, foram descritas as metodologias de Bagno (2019) e de Cardoso (2022)

e, em sequência, foram estabelecidos os critérios para definição dos indicadores que seriam considerados na adaptação do índice. Além disso, foi apresentado o local de aplicação do índice adaptado: a região do Hipercentro de Belo Horizonte.

A Seção 4 se refere aos resultados e discussões. A princípio é descrita a análise comparativa realizada entre as duas principais metodologias consideradas, de Bagno (2019) e Cardoso (2022), e, em seguida, é apresentado o índice adaptado para vias arteriais. Ademais, foram apresentadas descrições sobre cada atributo considerado na adaptação do índice, com a respectiva definição dos seus níveis de desempenho.

A Seção 5 apresenta os resultados obtidos com a aplicação do índice adaptado para vias arteriais na região do Hipercentro de Belo Horizonte. Para tal, foram apresentados os resultados dos indicadores qualitativos e práticos. Adicionalmente, foi elaborada uma tabela resumo com os resultados por trecho individualizado e uma figura com a classificação das vias analisadas. Ao final, apresenta-se uma comparação entre os resultados obtidos com a aplicação do índice adaptado em relação aos resultados obtidos por Cardoso (2022) para a mesma região.

A Seção 6, por fim, apresenta as conclusões do trabalho. Para isso, foram retomados o objetivo e os objetivos específicos, de forma a fazer uma verificação sobre o atendimento desses. Além disso, foram apresentados pontos de observação observados durante a execução do índice adaptado e, em seguida, foram feitas sugestões para trabalhos futuros.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Mobilidade nos Grandes Centros Urbanos

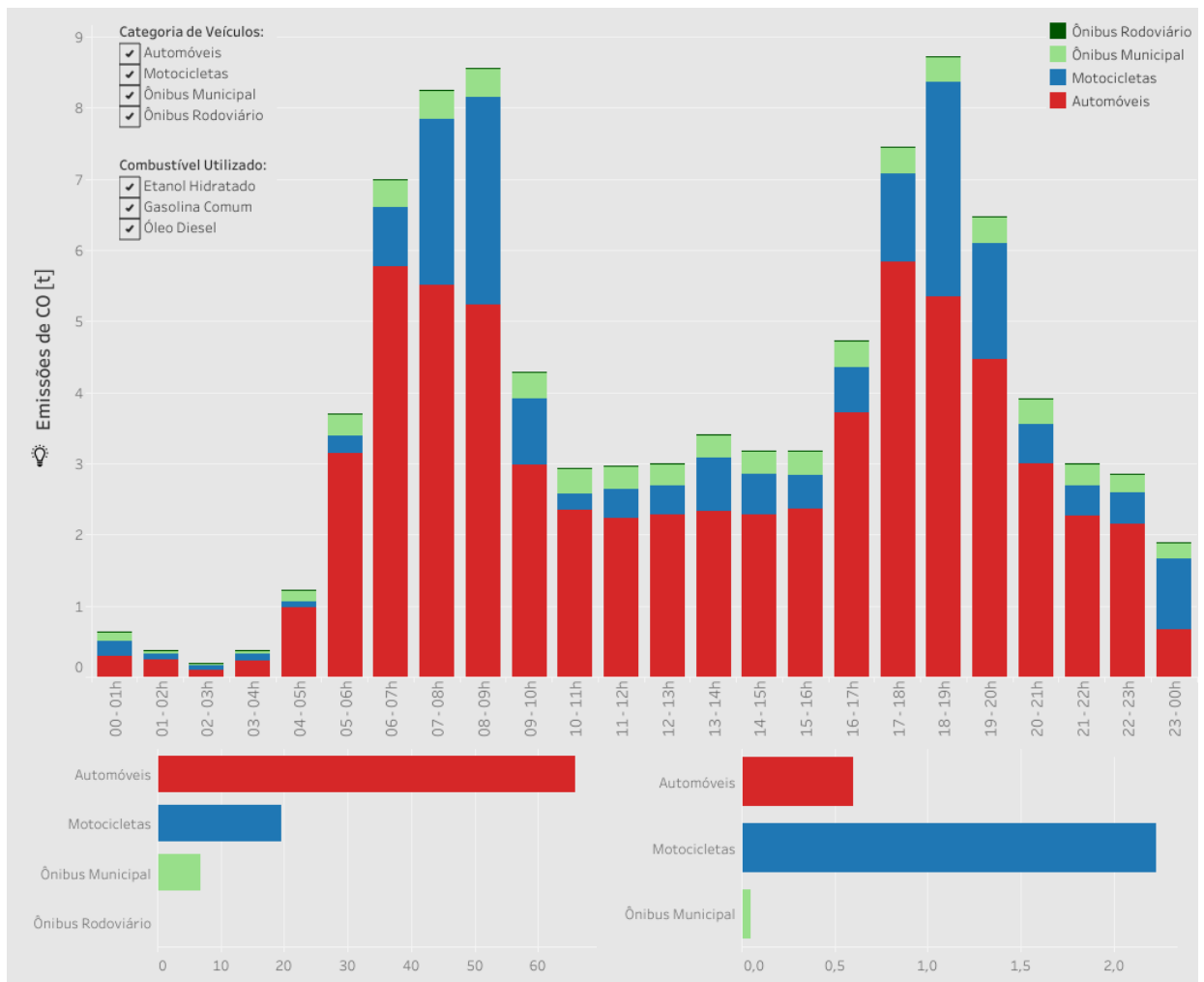
O processo de urbanização das cidades proporciona demandas para o planejamento do sistema de transporte urbano. A necessidade de manejar mercadorias e pessoas em viagens rápidas e eficientes dentro das cidades requer o planejamento do uso do espaço. Segundo Jacobs (2009), as possibilidades de planejar uma cidade podem ser associadas à um laboratório de tentativa e erro, local onde existem boas e más práticas implementadas.

Tratando-se do contexto brasileiro, as cidades apresentam altos índices de motorização. De acordo com o Mapa de Motorização Individual no Brasil (2019), a frota de automóveis no Brasil aumentou de 19,6 automóveis para cada 100 habitantes em 2008 para 29,7 automóveis para 100 habitantes em 2018. Esse número demonstra uma priorização do planejamento urbano pelas cidades construída para abrigar os veículos motorizados.

Em justificativa a esse fato, a elaboração de planos de mobilidade em países emergentes teve, a partir da Segunda Revolução Industrial, o foco na infraestrutura rodoviária e ferroviária. Gehl (2015) destaca problemáticas para o esse tipo de desenvolvimento: veículos motorizados influenciam em grandes congestionamentos, aumentam o tempo de trajeto, intensificam a poluição sonora e do ar e incrementam os números de acidentes de trânsito no cotidiano.

Analisando o caso de São Paulo, o maior polo urbano existente no Brasil em 2022, são avaliados altos índices de emissão de poluição na atmosfera por meio dos veículos motorizados. De acordo com o Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), os automóveis contribuíram em 71,3% para a emissão total de monóxido de carbono no dia 19 de junho de 2022 (BRASIL, 2022). Em contrapartida, as motocicletas e os ônibus coletivos representaram, respectivamente, 21,2% e 7,4% do valor total de gases emitidos. A Figura 2-1 apresenta o relatório completo sobre a emissão de gases na atmosfera.

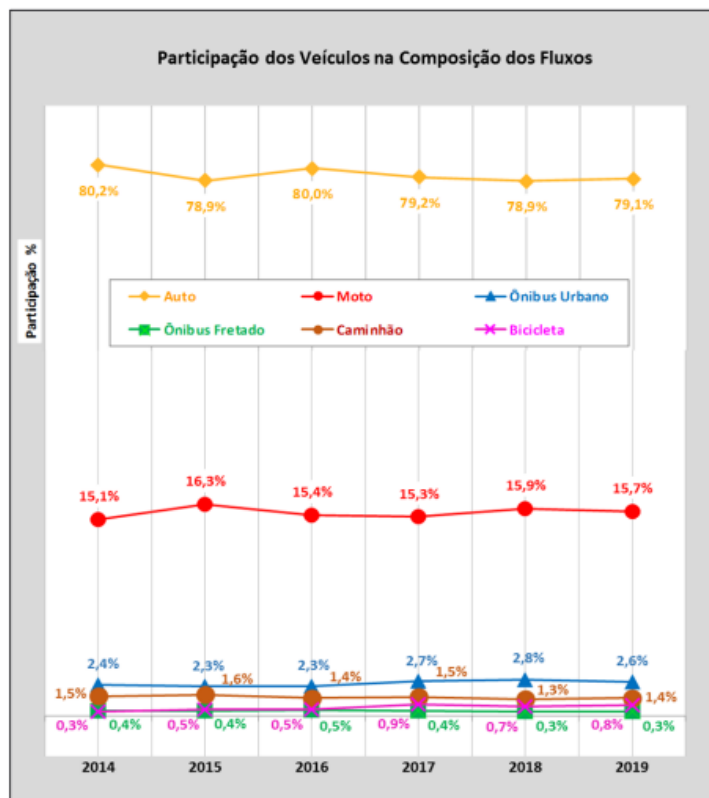
Figura 2-1 - Relatório de emissão de monóxido de carbono (CO) na atmosfera (19/06/2022).



Fonte: Instituto de Energia e Meio Ambiente (2022).

Segundo a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) da cidade de São Paulo, a participação dos automóveis na composição dos fluxos chegou a 79,1% em 2019, conforme indicado na Figura 2-2. As bicicletas, por sua vez, indicaram valores da magnitude de 0,8% no mesmo ano (CET, 2020).

Figura 2-2 – Participação dos Veículos na Composição dos Fluxos.



Fonte: CET, 2019.

Esses dados ilustram o contexto de mobilidade urbana existente em grandes cidades brasileiras, em que é perceptível os males ocasionados pelo entupimento das vias por veículos automotivos. O arquiteto e fundador da Gehl Architects, Jan Gehl, confirma essa existência de grandes problemas relacionados ao tráfego congestionado:

“Na verdade, pode-se afirmar que o espantoso incremento do tráfego significou uma clara diminuição das oportunidades de autoexpressão e da qualidade de vida para grandes grupos de população, especialmente os mais pobres” (GEHL, 2015, p. 219).

Como alternativa para problemas associados ao uso do espaço urbano por automóveis, Gehl (2015) descreve que estabelecer elos entre oportunidades de caminhar e pedalar nas cidades com as políticas globais representa uma possibilidade de incrementar o potencial econômico, a qualidade urbana e a qualidade de vida dos cidadãos. Neste contexto, o Instituto Jaime Lerner destaca:

“As bicicletas também vêm ganhando protagonismo, enriquecendo as opções de deslocamento saudável dentro do tecido urbano” (INSTITUTO JAIME LERNER et al., 2021, p. 95).

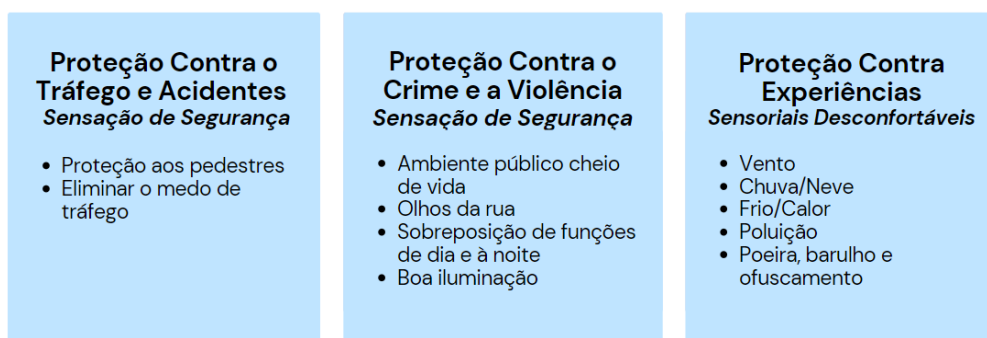
Sendo assim, propor melhorias para as condições de ciclabilidade na cidade demonstra possuir um potencial para o desenvolvimento sustentável da rede de transportes de Belo Horizonte. Isso pois, tendo em vista todo o panorama geral do planejamento do sistema de transporte urbano e, especificamente, das grandes cidades, existe uma demanda insustentável de viagens que são realizadas por meio do transporte motorizado, em grande parte (GEHL, 2015).

A ênfase no planejamento urbano dedicado à ocupação do solo por automóveis se apresenta como inviável para a o cenário do século XXI e, da mesma forma, o foco em um plano dedicado ao ato de pedalar tem ganhado destaque. A mitigação de problemas relacionados à mobilidade dentro dos centros urbanos, tais quais o congestionamento, a equidade e a emissão de gases tóxicos na atmosfera, requer soluções inteligentes.

2.2 Ciclabilidade e o Incentivo ao Uso de Bicicletas

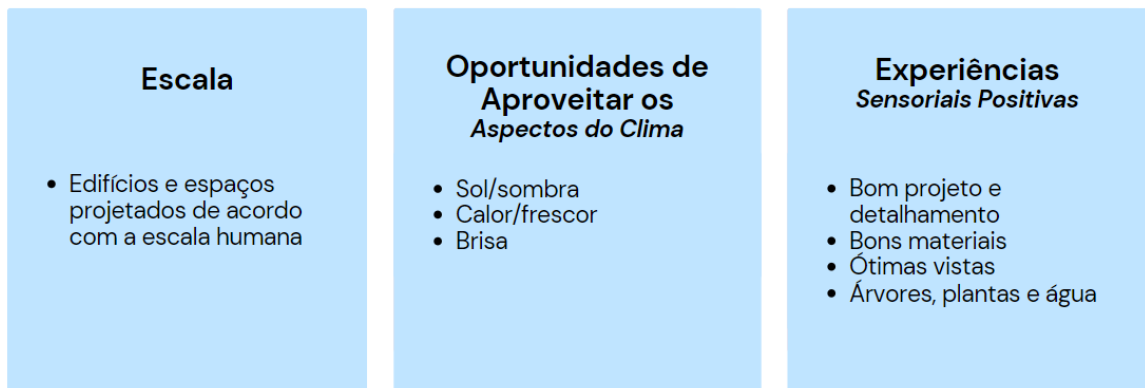
A adesão das bicicletas ao meio urbano está atrelada aos requisitos de incentivo ao seu uso. Por assim dizer, a utilização das bicicletas nas cidades funciona em função das condições de conforto, segurança e atratividade das vias (BAGNO, 2019). Gehl (2015) apresenta, conforme indicado na Figura 2-3 a Figura 2-5, critérios de qualidade para o respeito à caminhabilidade do pedestre.

Figura 2-3 – Critérios de Qualidade - Proteção.



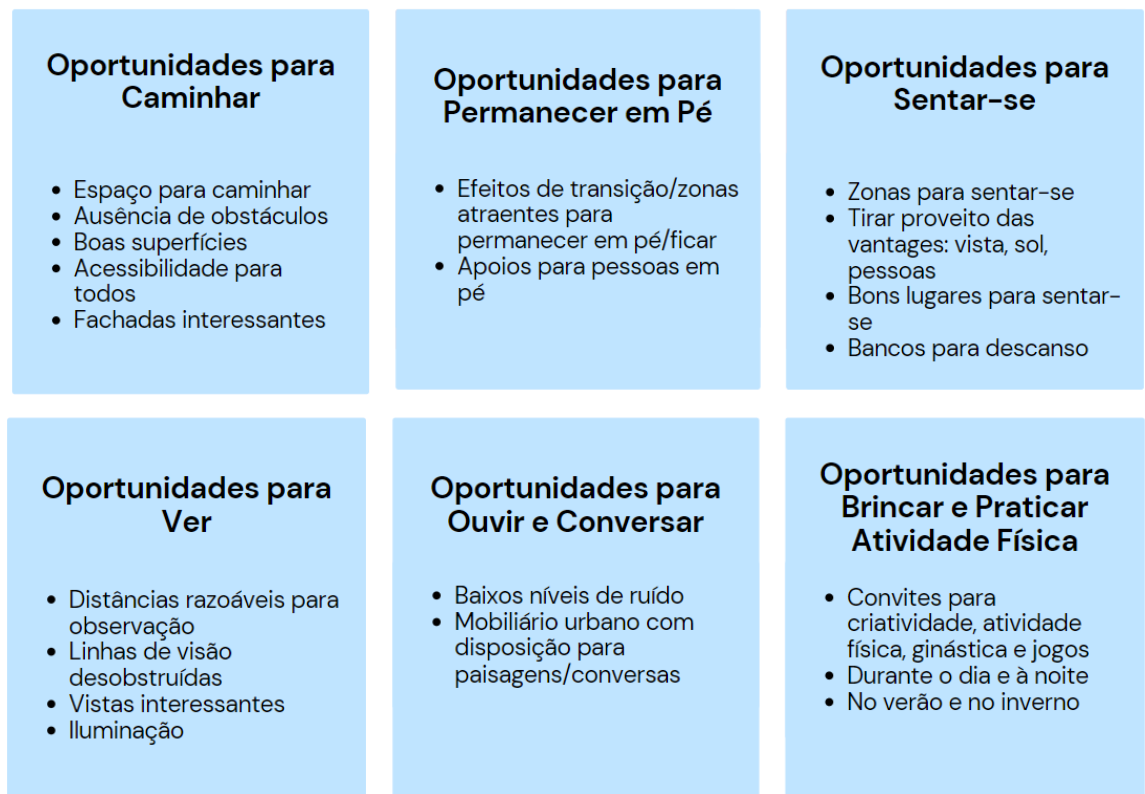
Fonte: Adaptado de Gehl (2015).

Figura 2-4 - Critérios de Qualidade – Prazer.



Fonte: Adaptado de Gehl (2015).

Figura 2-5 - Critérios de Qualidade – Conforto.



Fonte: Adaptado de Gehl (2015).

De forma análoga, a ciclabilidade pode ser avaliada de acordo com os critérios de caminhabilidade propostas pelo autor. Isso pois as premissas que regem o planejamento urbano

realizado ao nível dos olhos representam um convite à população para o ato de caminhar e pedalar.

Entretanto, é importante ressaltar que a influência dos fatores de avaliação da ciclabilidade são interpretados de forma individual, estando ligados ao local de análise e à cultura da população (PEZZUTO e SANCHES, 2004). Ainda, segundo Pezzuto e Sanches (2004), alguns dos fatores que mais contribuem para o aumento do número de ciclistas são as políticas públicas e os programas de incentivo.

Wahlgren (2011) apresenta, conforme ilustrado na Tabela 2-1, um conjunto de outros fatores que influenciam na ciclabilidade de uma cidade. A metodologia foi aplicada na cidade de Estocolmo, na Suécia.

Tabela 2-1 – Indicadores influenciadores para a ciclabilidade.

Esfera	Indicadores
Ambiente Físico	Ciclovias, rodovias e pistas
	Arborização
	Rota
	Inclinação
	Sinalização
	Distância de deslocamento
Ambiente de Tráfego	Poluição emitida por automóveis
	Poluição sonora
	Fluxo de veículos motorizados
	Velocidade de veículos motorizados
	Velocidade de bicicletas
	Congestionamento de veículos automotivos
	Congestionamento de bicicletas
Ambiente Social	Conflitos

Fonte: Adaptado de Wahlgren (2011).

Silveira e Maia (2014) apresentam variáveis que influenciam na utilização de bicicletas de acordo com pesquisas levantadas em oito cidades brasileiras. Em destaque nos resultados encontrados, a relação do ato de ciclar com a saúde foi a mais citada, seguindo do baixo custo associado e da redução do tempo de deslocamento.

Bagno (2019) propôs um índice de ciclabilidade para a cidade de Belo Horizonte categorizado em quatro esferas: fatores de infraestrutura viária, fatores naturais, fatores de urbanização e fatores individuais. Respectivamente, o primeiro grupo está relacionado com o segmento da via; o segundo grupo relaciona-se com o ambiente; o terceiro grupo diz respeito aos fatores que variam de acordo com a região de estudo; o quarto grupo representa os critérios dependentes de ações do ciclista (BAGNO, 2019).

Cardoso (2022) avaliou a possibilidade de aprimorar o estudo de Bagno (2019). A partir da análise sobre índices de aplicação para a cidade de Belo Horizonte, sob a ótica de especialistas, Cardoso (2022) apresentou 19 critérios divididos nos grupos: infraestrutura viária, urbanização e sociais. Dentre os fatores avaliados, os três mais votados pelos respondentes foram a existência de ciclovia/ciclofaixa, segurança nos cruzamentos e segurança física.

Portanto, as seções subsequentes contemplam uma adaptação do índice de ciclabilidade proposto por Bagno (2019) e por Cardoso (2022). Para tal, foi realizada uma análise comparativa entre o índice considerando a ótica de ciclistas e a ótica de especialistas. Em seguida, foi avaliada de forma qualitativa o índice adaptado por meio da aplicação na região do Hipercentro de Belo Horizonte. Essas etapas serão detalhadas na metodologia do trabalho.

2.3 O Planejamento da Mobilidade Urbana na Cidade Belo Horizonte

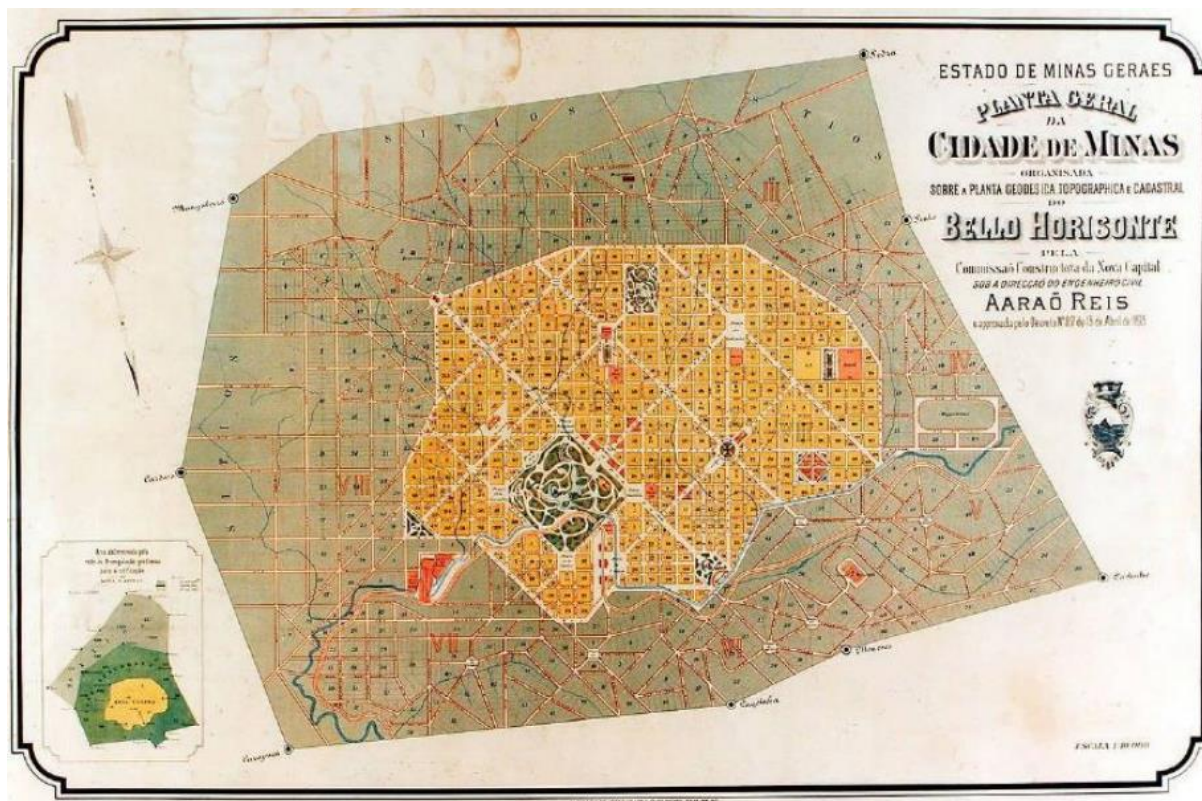
O desenvolvimento da cidade de Belo Horizonte ocorreu em torno de atividades econômicas históricas. De acordo com Cardoso (2022), o município foi fundado em 1897 com o objetivo de substituir a até então capital de Minas Gerais, Ouro Preto, que vivenciava um período de declínio devido ao fim da época colonial-imperial.

A ideia inicial de planejamento da cidade de Belo Horizonte contava com a construção entorno da Avenida do Contorno (CARDOSO, 2007). No entanto, a urbanização do município foi marcada pela ocorrência da segregação e rápido crescimento, características associadas à especulação imobiliária e a ocupação de classes mais abastadas (VILLAÇA, 2007).

A construção da cidade está relacionada, por sua vez, com a construção do transporte ferroviário no século XX. Segundo Cardoso (2007), a ligação entre cidades proporcionada pelo

modal ferroviário, construído no mesmo período que Belo Horizonte, foi fundamental para o cumprimento do prazo de inauguração da cidade.

Figura 2-6 – Planta da cidade de Belo Horizonte elaborada por Aarão Reis.



Fonte: Arquivo Público de Belo Horizonte *apud* Cardoso (2022).

As ruas foram planejadas de forma a constituírem uma malha perpendicular que cruzam as avenidas, formando quarteirões poligonais em torno da Avenida do Contorno (FIALHO e SANTOS, 2015). O engenheiro Aarão Reis relatou:

“Às ruas fiz dar a largura de 20 metros, necessaria para a conveniente arborização, a livre circulação de vehiculos, o tráfego dos carris e os trabalhos das collocações e reparações das canalizações subterraneas. Às avenidas fixei a largura de 34,5 metros, suficiente para dar-lhes a belleza e o conforto que deverão, de futuro, proporcionar à população. Apenas a uma das avenidas – a que corta a zona urbana de norte a sul, e que é destinada à ligação dos bairros opostos – dei a largura de 50 metros, para constitui-la em centro obrigado da cidade e, assim, forçar a população, quando possível, a ir-se desenvolvendo do centro para a periphéria, como convém à economia municipal, à manutenção da hygiene sanitária e ao prosseguimento regular dos trabalhos technicos. Essa zona urbana é delimitada e separada da suburbana por uma

avenida de contorno, que (...), de futuro, será uma das mais apreciadas bellezas da nova cidade.” (BAGNO, 2019, *apud*, CARDOSO, 2022, p. 7-8).

Entretanto, o grande crescimento dos polos urbanos observados com a Segunda Revolução Industrial ocorrida no século XIX e XX trouxe fortes impactos para a organização da cidade de Belo Horizonte. O êxodo rural, atrelado à ocupação das residências localizadas próxima à Avenida do Contorno, resultaram na periferização da classe trabalhadora. Segundo Mont’Alvao (2011), a cidade foi planejada sob as condições de separação e segregação, sendo as periferias e áreas mais precárias dedicadas aos operários e migrantes.

Com a forte tendência de segregação e periferização da cidade, o número de viagens aumentou gradativamente ao longo dos anos. Inicialmente foram aderidos os bondes elétricos, transporte considerado o mais utilizado até a década de 1940. No entanto, as linhas dos bondes não atendiam às periferias (CARDOSO, 2022). Este fato configurou um dos primeiros casos de carência de acessibilidade e equidade na cidade de Belo Horizonte.

Com a evolução das tecnologias em 1950, a organização da rede de transportes da cidade de Belo Horizonte passou a contar com uma frota de ônibus (CARDOSO, 2022). Ainda segundo a autora, os bondes elétricos tornaram-se obsoletos com a chegada dos ônibus. Este fato poderia estar associado à acessibilidade do meio que poderia atender às áreas periféricas formadas ao longo dos anos.

Em 1960 foi observado um período de intenso fluxo migratório para os polos urbanos. Este fato se deve às políticas governamentais do governo Juscelino Kubitschek que enfatizaram a industrialização e substituição das importações. Com isso, foi observado o crescimento das áreas periféricas de Belo Horizonte e, conseqüentemente, o aumento da sobrecarga do sistema de transporte na cidade (CARDOSO, 2007).

Como alternativa para melhorar a rede de transportes na cidade, foi inaugurado, em 1980, o Trem Metropolitano de Belo Horizonte. A linha serviria para integrar a região do Hipercentro ao município de Contagem. Entretanto, o modo de transporte não foi suficiente para suprir o crescente número de viagens necessárias para a cidade de Belo Horizonte (CARDOSO, 2022).

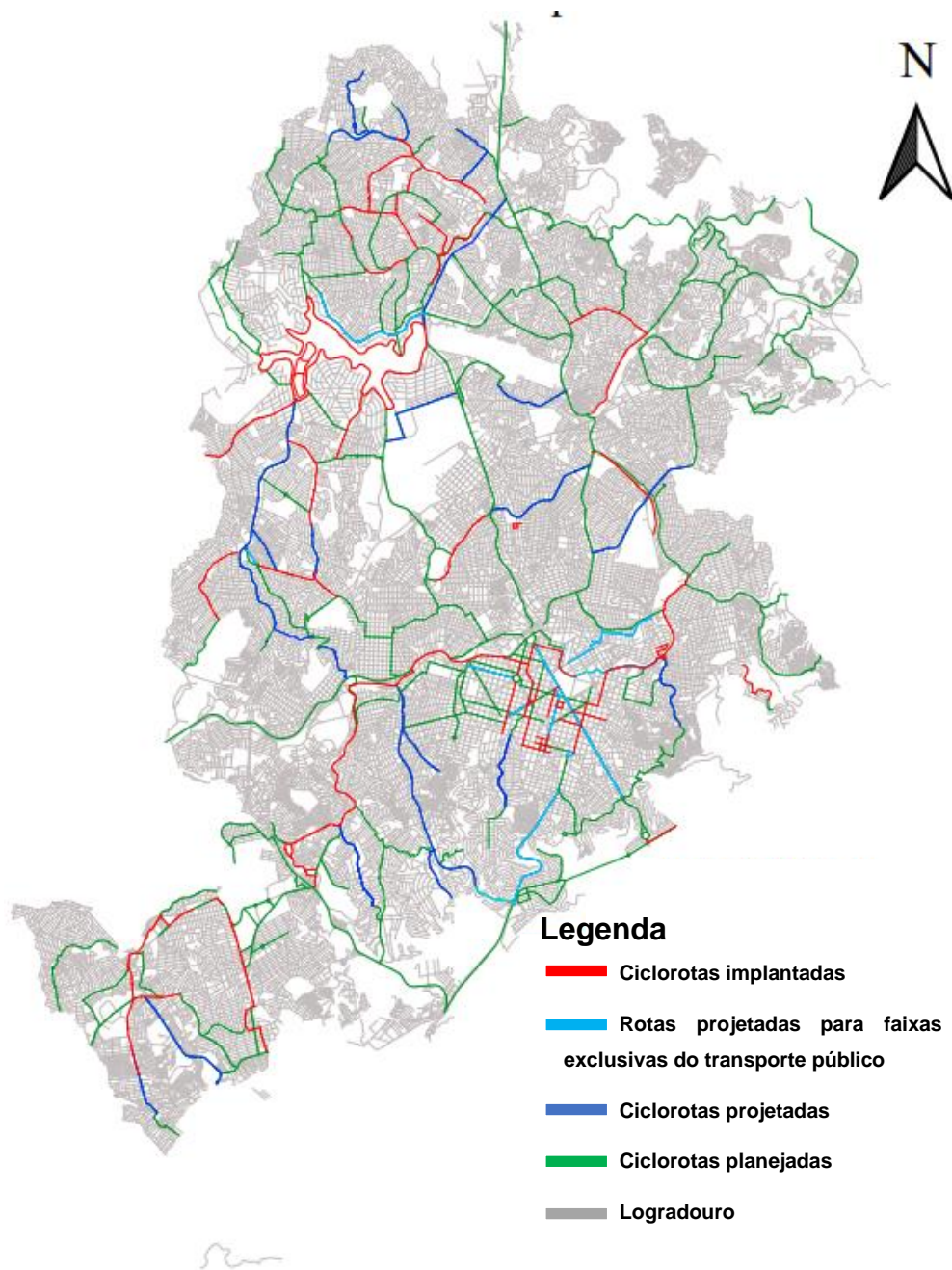
Nessas circunstâncias, o veículo motorizado individual passou a tomar os holofotes. Os planos de mobilidade e planejamento passaram a abordar a melhoria da infraestrutura dedicada para automóveis, alargando faixas, configurando o trânsito e tornando o transporte público cada vez mais obsoleto (CARDOSO, 2007). Netto e Ramos (2017) destacam, ainda, que até 1990 o modelo de desenvolvimento das cidades foi totalmente dedicado às políticas rodoviaristas. Esse modelo de desenvolvimento, conforme já mencionado, provoca diversos problemas para a sociedade. Como, por exemplo, o custo associado aos grandes congestionamentos vistos chega a R\$113.000,00 (NETTO e RAMOS, 2017).

Portanto, o cenário das redes de transporte de grandes cidades e, em especial, de Belo Horizonte, tornaram-se insustentáveis. Com a entrada do século XXI foram observadas novas tendências para o planejamento urbano. O arquiteto dinamarquês Jan Gehl destaca:

“Pela primeira vez na história, logo depois da virada do milênio, a maior parte da população é urbana e não rural. As cidades cresceram rapidamente e o crescimento urbano vai continuar acelerado nos próximos anos. Tanto as cidades existentes como as novas terão que fazer mudanças cruciais em relação aos pressupostos para o planejamento e suas prioridades. Deve-se destacar, como objetivo-chave para o futuro, um maior foco sobre as necessidades das pessoas que utilizam as cidades.” (GEHL, 2015, p.6).

Sendo assim, a dedicação ao transporte por bicicletas tornou-se alvo dos planejamentos. O Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte abordou, por sua vez, a constituição de uma rede de ciclovias pelo município (PBH, 2007). A Figura 2-7 apresenta o sistema elaborado, em que também é possível observar uma maior preocupação com a organização do transporte coletivo na cidade.

Figura 2-7 – Rotas cicloviárias e faixas exclusivas do transporte público no município de Belo Horizonte.



Fonte: Adaptado de Prefeitura de Belo Horizonte (2022).

Entretanto, as premissas pensadas e colocadas em prática pelo PlanMob-BH não representaram, na prática, melhorias significativas no sistema de transporte da cidade. Isto pois, conforme será

apresentado na próxima seção, as metas estabelecidas para o transporte via bicicletas não foram devidamente atendidas.

2.3.1 Plano de Mobilidade Urbana

A Prefeitura de Belo Horizonte elaborou, em 2017, um plano de mobilidade para otimizar a rede de fluxo e transporte na cidade. O plano foi nomeado Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (PlanMob-BH), e consistiu na proposição de metas de curto, médio e longo prazo que, respectivamente, correspondem aos anos de 2020, 2025 e 2030. Para tal, foram estudados oito eixos para calcular o Indicador Geral ou o Índice de Cumprimento das Metas (PBH, 2017). Estes são apresentados na Figura 2-8.

Figura 2-8 – Eixos de análise do PlanMob-BH 2030.

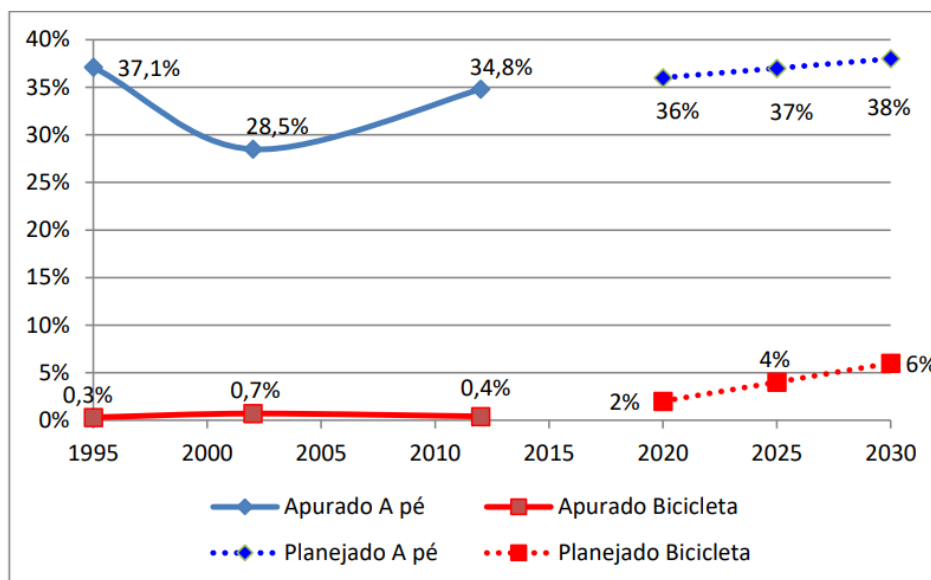


Fonte: PBH, 2021.

A mobilidade ativa, por sua vez, foi considerada como eixo para analisar a eficiência do sistema de transportes de Belo Horizonte. Sendo assim, o Balanço Anual da Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (PBH, 2021) apresentou dados estatísticos sobre viagens de bicicleta no município e algumas metas para otimizar o meio de transporte na cidade. Em relação à evolução do percentual de viagens em bicicleta ao longo dos anos, o índice apresentou uma queda de 43% entre 2002 e 2012 (PBH, 2021). Os resultados desse estudo são obtidos com base na

pesquisa de Origem/Destino, realizada a cada 10 anos, e podem ser contemplados na Figura 2-9.

Figura 2-9 – Percentual de viagens realizadas em bicicleta na cidade de Belo Horizonte.



Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte (2021).

Conforme observado, o valor obtido para o percentual de viagens por meio da bicicleta foi de 0,4% em 2012 (PBH, 2021). As metas propostas pelo PlanMob-BH (PBH, 2020) para 2020, 2025 e 2030 foram, respectivamente, 2%, 4% e 6%.

Como forma de estudar a melhoria das condições de ciclabilidade em Belo Horizonte, em 2006 foi elaborado o Pedala BH – Programa de incentivo ao Transporte por Bicicletas (PBH, 2006). *A posteriori*, o programa foi incorporado ao PlanMob-BH, contemplando medidas relacionadas à, por exemplo, infraestrutura cicloviária na cidade. Assim, foram elaboradas as metas relacionadas ao deslocamento por bicicletas (PBH, 2020).

Para avaliar os resultados da implantação do Programa Pedala BH, foram criados oito indicadores metodológicos, conforme a Prefeitura de Belo Horizonte (2020):

- Número de vagas públicas para bicicletas em paraciclos;
- Número de viagens por bicicleta, por dia, no sistema de bicicletas compartilhadas;

- Percentual da extensão da rede cicloviária implantada em relação à rede viária total;
- Percentual da extensão da rede cicloviária implantada em relação ao planejado;
- Percentual da população que vive no entorno da malha cicloviária;
- Percentual de participação da bicicleta (conforme declarado na pesquisa de opinião);
- Proporção de vagas de bicicletas disponibilizadas de impacto;
- Percentual de avaliação positiva das condições da infraestrutura cicloviária.

Entretanto, a Prefeitura de Belo Horizonte (2021) apresentou que apenas cinco dos indicadores demonstraram melhorias de 2019 para 2020. Estes foram: número de vagas públicas para bicicletas em paraciclos, com um aumento de 2,1%; número de viagens por bicicleta, por dia, no sistema de bicicletas compartilhadas, com aumento de 28,8%; percentual de extensão da rede cicloviária implantada, incluindo-se ciclovias, ciclofaixas, rotas cicláveis e ruas de zona 30, em relação à rede viária total, com aumento de 22,5%; percentual de extensão da rede cicloviária implantada, incluindo-se ciclovias, ciclofaixas, rotas cicláveis e ruas de zona 30, em relação ao plano planejado, com aumento de 22,5%; e percentual da população que vive no entorno da malha cicloviária, com aumento de 2,3% (PBH, 2021).

Apesar de terem sido apresentadas melhorias significativas em alguns indicadores, algumas metas estimadas para o ano de 2020 não foram alcançadas (PBH, 2021). A Figura 2-10 apresenta alguns indicadores com a definição dos valores apurados em 2020 e a respectiva meta, segundo a Prefeitura de Belo Horizonte (2021).

Figura 2-10 - Indicadores utilizados para avaliar o eixo da Mobilidade Ativa.

Eixo	Indicador	2020 Meta	2020 Apurado	Valor	Valor ponderado	Status
Mobilidade Ativa	Número de viagens por bicicleta, por dia, no sistema de bicicletas compartilhadas	3	1,19	0,3	0,100	Apurado
	Percentual da população que vive no entorno da malha cicloviária (300m)	50,0%	27,0%	0,5	0,167	Apurado
	Percentual de avaliação positiva das condições da infraestrutura cicloviária	15,0%	16,0%	1	0,333	Pesquisa de Opinião - Valor de 2019

Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte (2021).

Os valores apurados foram comparados em relação a situação de cumprimento com as metas para o ano de 2020. A seguir, foi feita a pontuação dos indicadores em função do percentual de cumprimento e, por fim, foram definidos pesos através de uma análise multicritério elaborada em 2017 pela BHTRANS (PBH, 2021). Dessa forma foi possível observar que dois indicadores apresentaram nota inferior a 60%, enquanto apenas um obteve nota máxima (1,0).

Esse cenário de atraso no atendimento às metas para o planejamento do sistema de transportes em Belo Horizonte corrobora para a insustentabilidade do trânsito. De acordo com o BAMUBH (PBH, 2021), a razão do tempo de viagem em transportes coletivos em relação ao transporte individual aumentou de 1,9 para 2,3 entre 2002 e 2012. Esse aumento na relação entre os modos de transporte pode estar associado ao aumento da frota de veículos motorizados individuais em razão da priorização histórica desse meio de transporte.

2.3.2 Estudo de Requalificação: Região do Hipercentro

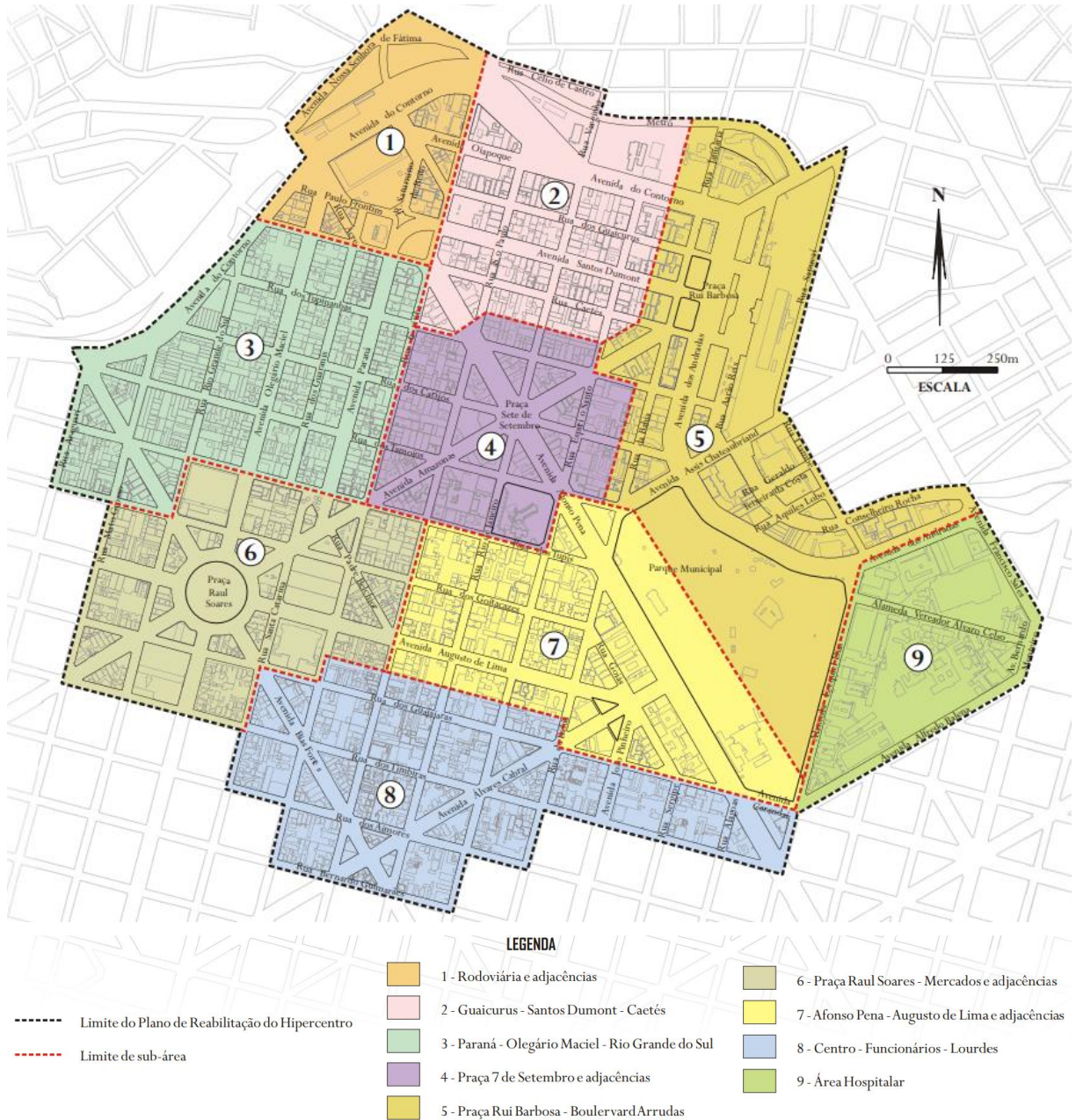
A funcionalidade do índice adaptado foi avaliada através de uma aplicação prática na região do Hipercentro de Belo Horizonte. A região foi considerada uma macrozona pela Lei Nº 7.166/96, sendo majoritariamente utilizada, segundo o Plano de Reabilitação do Hipercentro de Belo Horizonte (PBH, 2007), para tráfego de passagem.

Em relação à configuração viária, a região central de Belo Horizonte é constituída, segundo dados disponibilizados pela Prefeitura de Belo Horizonte (2010), por cerca de 95% de vias classificadas arteriais. Em valores absolutos, as vias arteriais da região Central de Belo Horizonte totalizam uma extensão de 140,88 km. Em contrapartida, as vias locais e coletoras representam, respectivamente, apenas 6,59 e 0,12 km de extensão (SisMob-BH, 2010).

Durante o planejamento do PBH (2007), o Hipercentro de Belo Horizonte foi dividido em nove subáreas sob os critérios de ocupação do solo, presença de equipamentos polarizadores e formas de apropriação particulares, conforme apresentado na Tabela 2-2. Assim, a macrozona, apresentada na Figura 2-11, contempla as regiões: Rodoviária e região adjacente; Guaicurus, Santos Dumont e Caetés; Paraná, Olegário Maciel, Rio Grande do Sul e região adjacente; Praça

Sete de Setembro e região adjacente; Praça Rui Barbosa, Boulevards, Arrudas e região adjacente; Praça Raul Soares, Mercados e região adjacente; Avenida Afonso Pena, Augusto de Lima e região adjacente; Funcionários/Lourdes; e Área Hospitalar.

Figura 2-11 – Região do Hipercentro de Belo Horizonte dividida em subáreas.



Fonte: PBH, 2007.

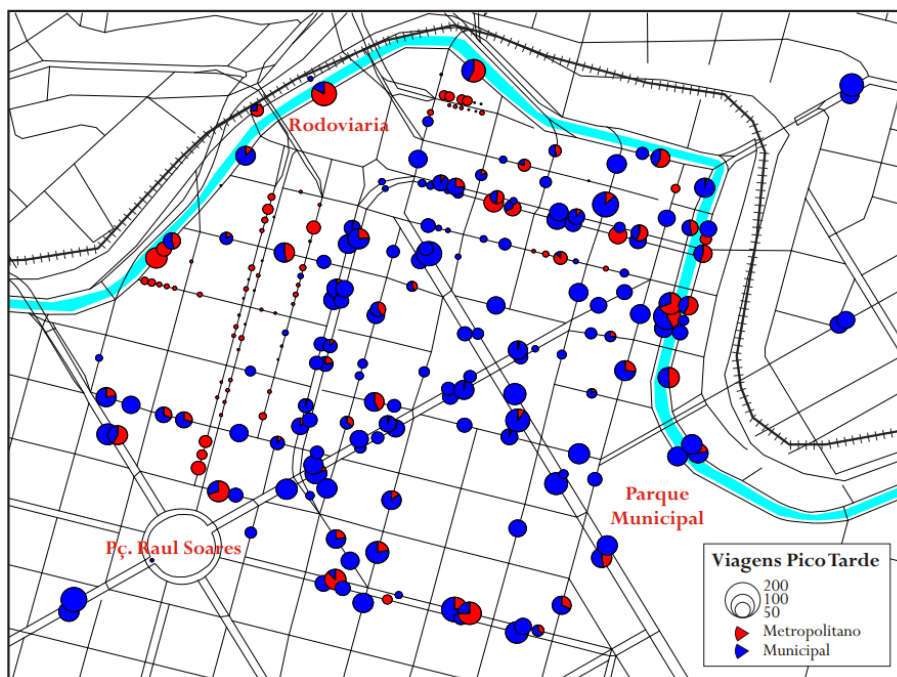
Tabela 2-2- Características das subáreas que compõem o Hipercentro.

Sub-área	Características
Rodoviária e quarteirões adjacentes	Zona que sofre influência direta do terminal rodoviário. Apresenta, em geral, edificações e estruturas em péssimo estado de conservação. É possível encontrar hotéis, serviços e comércio popular na região.
Guaicurus, Santos Dumont e Caetés	Subárea conhecida por abrigar o shopping popular Oiapoque. É possível notar uma quantidade significativa de imóveis vazios e subutilizados nesta zona.
Paraná, Olegário Maciel, Rio grande do Sul e adjacências	Região intermediária entre a Praça Raul Soares e a Rodoviária. A existência de comércio popular é bastante visível nesta zona. Além disso, existe um anseio por preservar o conjunto arquitetônico de estilo proto-moderno localizado nas Avenidas Paraná e Olegário Maciel.
Praça Sete de Setembro e adjacências	Caracterizada pela ausência de edifícios residenciais e pela concentração das atividades de comércio do Hipercentro. Além disso, a região atua como centro de convergência de fluxos de pedestres de transbordo do sistema de transporte coletivo. A região é considerada o centro principal da Região Metropolitana.
Praça Rui Barbosa, Boulevard Arrudas e quarteirões adjacentes	Área caracterizada por atividades culturais e de lazer. Apesar de investimentos na requalificação da zona, a região permanece com muitos edifícios subutilizados e imóveis vazios, sendo alguns destes tombados.
Praça Raul Soares, Mercados e Adjacências	Região caracterizada pela existência de edifícios residenciais e pelo forte apelo turístico ocasionado pelo Minas Centro e pelo Mercado central. Possui uma diversidade de usuários que utilizam o espaço, com ocupação de imóveis degradados e subutilizados dos quarteirões adjacentes.
Avenidas Afonso Pena, Augusto de Lima e adjacência	Observa-se grande concentração de atividades de comércio e serviços, bem como a ocupação do espaço com edificações residenciais. É possível notar maior utilização de veículos motorizados pelos consumidores locais. A região é alvo de importantes eventos, como a Feira de Artesanato, popularmente conhecida como Feira Hippie.
Funcionários/Lourdes	Área intermediária entre o Hipercentro e os bairros Funcionários/Lourdes. Em relação à ocupação do solo, a área conta com comércios, serviços e edificações residenciais de alto padrão socioeconômico. Nota-se a existência significativa de consumidores motorizados.
Área Hospitalar	Região considerada de transição para a Área Hospitalar. Possui grande fluxo de usuários em deslocamento ao sistema público de saúde e para o Campus da Saúde da UFMG. Percebe-se o aumento gradual da utilização das vias dessa região, fator que contribui para o aumento da poluição sonora e atmosférica na área.

Fonte: PBH, 2007.

Em função da utilização frequente do Hipercentro para o tráfego de passagem, a região do Hipercentro consta com um número significativo de pontos de ônibus. Segundo a PBH (2007), são cerca de 250 pontos de ônibus localizados no Hipercentro de Belo Horizonte. Os pontos de embarque e desembarque utilizados por sistemas municipal e metropolitano são apresentados na Figura 2-12.

Figura 2-12 – Pontos de ônibus localizados na região do Hipercentro de Belo Horizonte.



Fonte: PBH, 2007.

Além do sistema de transporte coletivo por ônibus, a cidade de Belo Horizonte possui o modo sobre trilhos, o trem urbano. Em sua totalidade, o transporte ferroviário urbano do município possui 19 estações e 28,1 km de extensão (CBTU, 2022).

Na macrozona denominada Hipercentro é possível identificar uma estação do sistema de transporte ferroviário. O ponto de desembarque, identificado na Figura 2-13, é conhecido como Estação Central, e está localizada próximo à Praça Rui Barbosa.

Figura 2-13 – Linha do Trem Urbano de Belo Horizonte e Identificação da Estação Central no Hipercentro.



Fonte: Adaptado de Prefeitura de Belo Horizonte (2007) e Almeida (2019).

A Estação Central, popularmente conhecida por estar localizada na Praça da Estação, foi inaugurada em 1895 e, desde então, contribuiu de forma significativa para a atração de residências, indústrias, cafés e casas comerciais (CBTU, 2013). Para além da sua importância






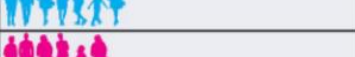
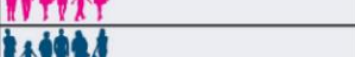

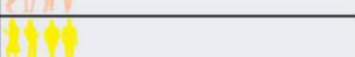

na urbanização de Belo Horizonte, a Estação Central contribuiu, ainda, de forma cultural com a inauguração do Museu de Artes e Ofícios.

O aspecto cultural representado pela Praça da Estação, pelo Museu de Artes e Ofícios e pelo conjunto arquitetônico da região possui uma grande importância para o convite a pedalar. Gehl (2015) reforça:

“A arte comunica beleza, monumentalidade, memória de eventos importantes, comentários sobre a vida em sociedades, os concidadãos e a vida urbana, junto com surpresas e humor” (GEHL, 2015, p. 179).

Sendo assim, a existência de praças de convívio, elementos visuais e elementos culturais são fatores que contribuem para o aumento no número de viagens em uma região (GEHL, 2015). Em prova desse fato, a CBTU (2018) quantificou o número de passageiros que utilizam as estações metroviárias de Belo Horizonte. O resultado dessa pesquisa indicou que, conforme mostrado na Figura 2-14, a Estação Central ocupa a terceira colocação em números de passageiros (CBTU, 2018).

Figura 2-14 – Quantificação dos usuários que utilizam as estações do trem urbano em Belo Horizonte.

Estações	Nº de passageiros atendidos em 2018	
Eldorado	8.967.236	
Vilarinho	7.616.435	
Central	5.995.779	
Lagoinha	4.435.768	
São Gabriel	4.184.907	
Santa Efigênia	3.521.045	
Carlos Prates	3.150.108	
Minas Shopping	2.908.133	
Gameleira	2.283.966	
Santa Tereza	2.146.568	

Fonte: CBTU-BH (2018).

Dito isso, a compreensão dos fatores que acarretam a otimização da rede de transportes na região do Hipercentro significa prezar pela organização do meio urbano. Um importante fator para obter bons resultados é a integração de diferentes óticas dos usuários que ocupam a área. Portanto, serão apresentados nas seções seguintes possíveis indicadores que poderiam compor uma metodologia de análise para a ciclabilidade no Hipercentro de Belo Horizonte. Para tal são consideradas diversos indicadores propostos por diferentes óticas.

3 Metodologia

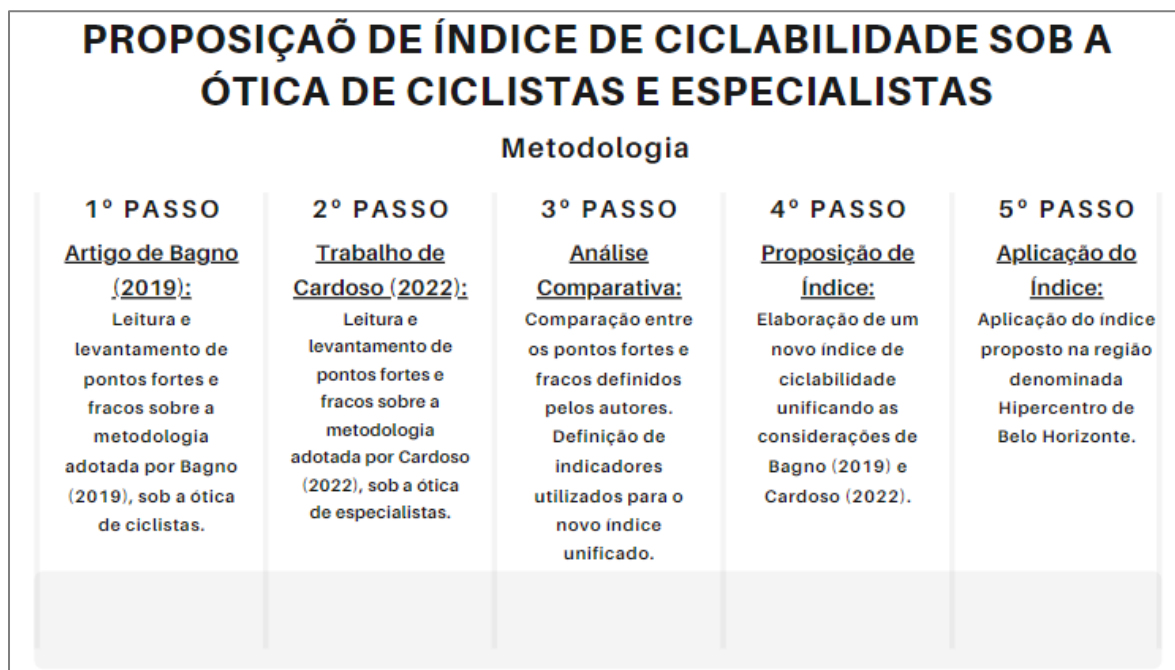
O presente trabalho se preza a propor um índice adaptado para a avaliação das condições físicas e culturais acerca da ciclabilidade em vias arteriais da cidade de Belo Horizonte. Para tal, foram avaliadas algumas metodologias para avaliação da ciclabilidade e, dentre elas, a de Bagno (2019) e a de Cardoso (2022), desenvolvidas como parte do projeto de pesquisa desenvolvido pelo Departamento de Transportes e Geotecnia da UFMG, intitulado como “A sustentabili(ci)dade como instrumento de incentivo ao transporte ativo: Redescobrimo a caminhabilidade e a ciclabilidade em centros urbanos”.

Segundo Cardoso (2022), a união da ótica dos ciclistas e da ótica dos especialistas em um único indicador pode proporcionar uma metodologia mais consistente. Nesse contexto, a comparação analítica entre metodologias elaboradas sob diferentes perspectivas e camadas da sociedade são capazes de agregar eficácia na adaptação de índices de avaliação das condições de ciclabilidade em grandes centros urbanos. Portanto, o presente trabalho terá como base os índices propostos por Bagno (2019) e Cardoso (2022) e, adicionalmente, serão estudados novos potenciais indicadores analisados na referência bibliográfica descrita anteriormente.

A proposição do índice adaptado teve ênfase na avaliação de vias arteriais de Belo Horizonte. Essa definição se encontra em consonância com os dados disponibilizados pela Prefeitura de Belo Horizonte (2010), em que aproximadamente 95% das vias que compõem a região Central foram classificadas como arteriais. Dessa forma, foi possível eliminar atributos que não são representativos para a classificação das vias, como será especificado nas seções seguintes.

Sendo assim, o desenvolvimento do índice adaptado consiste em cinco etapas, conforme apresentado na Figura 3-1. A primeira, a segunda e a terceira etapa consistem em explorar as potencialidades e fragilidades, bem como as considerações dos autores durante a proposição dos seus respectivos trabalhos sob a ótica de ciclistas e especialistas. A seguir, fez-se presente a adaptação do índice com a inclusão de novos indicadores e, por fim, foi avaliada a eficácia da nova metodologia a partir da aplicação na região do Hipercentro da cidade de Belo Horizonte.

Figura 3-1 – Metodologia empregada no trabalho.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.1 Índice sob a Ótica de Ciclistas

O índice de ciclabilidade proposto por Bagno (2019) foi elaborado em consonância com a influência de cada indicador sob a ótica dos ciclistas. Sendo assim, foram priorizados os fatores utilizados em metodologias de avaliação de ciclabilidade que possuíssem maior peso para os usuários de bicicletas.

Para definir quais indicadores seriam utilizados em sua metodologia, Bagno (2019) conduziu uma revisão dos índices propostos por autores renomados na área. *A posteriori*, foi avaliada a frequência estatística de cada fator nos trabalhos acadêmicos consultados e, por fim,

o autor conduziu entrevistas ao longo do ano de 2019 com usuários de bicicletas¹ para validar quais seriam utilizados em sua metodologia.

Dessa forma, Bagno (2019) elaborou um índice constituído por quatro categorias de fatores de influência: infraestrutura viária, naturais, urbanização e individuais. Estes estão constantes na Tabela 3-1.

Tabela 3-1 – Fatores de utilizados na metodologia proposta por Bagno (2019).

Fator	Média	Fator	Média
Segurança Física	2,79	Largura da Faixa Compartilhada	2,41
Benefícios para a Saúde	2,67	Conflito com Veículos Estacionados	2,38
Políticas Públicos	2,62	Cruzamento Seguro	2,32
Segurança Pública	2,52	Continuidade Física	2,29
Drenagem Urbana	2,48	Qualidade do Pavimento	2,27
Iluminação	2,47	Velocidade de Tráfego	2,26
Presença Ciclovía/Ciclofaixa	2,44	Volume de Tráfego	2,25
Presença de Veículos Pesados	2,43	Largura da Ciclovía/Ciclofaixa	2,2
Conectividade dos Trajetos	2,42	-	-

Fonte: Bagno (2019).

3.2 Índice sob a Ótica de Especialistas

A metodologia para avaliação da ciclabilidade proposta pela autora consistiu em utilizar os indicadores analisados estatisticamente por Bagno (2019) para propor uma adaptação sob a ótica dos especialistas. Para tal, foi elaborado um questionário por meio da ferramenta *Google Forms* que foi aplicado no formato *online* durante o período de 23 de novembro de 2021 e 03 de janeiro de 2022².

¹ A pesquisa de Bagno (2019) obteve 402 respostas válidas, em que 256 respondentes afirmaram fazer o uso de bicicleta pela cidade de Belo Horizonte. Segundo o autor, foi considerado o grau de confiança de 90% e margem de erro de 5,14%. Os pesos foram definidos em uma média das respostas dos respondentes de 0 até 3.

² Foram obtidas um total de 63 respostas na metodologia analisada por Cardoso (2022). Entretanto, foram considerados apenas 52 em função de terem sido analisadas apenas as pessoas que trabalham e/ou estudam com mobilidade por bicicleta. Os pesos foram definidos em uma média das respostas dos respondentes de 0 até 4.

Cardoso (2022) utilizou como recurso de decisão para os fatores influenciadores para a utilização das bicicletas como meio de transporte sob a ótica dos especialistas a análise via média aritmética das respostas obtidas com o formulário. O critério de utilização de um indicador adotado foi uma referência a metodologia de Bagno (2019), tendo-se selecionado aqueles que atingiram valor média de 80% da nota máxima, ou seja, igual ou superior a 3,0. A Tabela 3-2 apresenta os indicadores utilizados por Cardoso (2022).

Tabela 3-2 - Fatores de utilizados na metodologia proposta por Cardoso (2022).

Fator	Média	Fator	Média
Presença de Ciclovia/Ciclofaixa	3,75	Segurança Pública	3,25
Segurança nos Cruzamentos	3,65	Integração Intermodal	3,23
Segurança Física	3,65	Iluminação	3,23
Largura da Faixa Compartilhada	3,52	Benefícios para a Saúde	3,23
Conectividade dos Trajetos	3,48	Largura da Ciclovia/Ciclofaixa	3,15
Qualidade do Pavimento	3,44	Sinalização Horizontal	3,15
Continuidade Física	3,42	Presença de Bicicletário	3,12
Velocidade de Tráfego	3,40	Custo	3,02
Presença de Veículos Pesados	3,35	Tempo	3,00
Quantidade de conflitos, obstruções e/ou eventos	3,27	Drenagem Urbana	3,00

Fonte: Cardoso (2022).

3.3 Elaboração do Índice Adaptado

Em uma primeira instância, foi realizada uma revisão sobre os índices propostos sob a ótica de ciclistas (BAGNO, 2019) e sob a ótica de especialistas (CARDOSO, 2022). Nesse sentido, foi elaborada uma análise comparativa para definir critérios representativos para a adaptação do índice aplicado por Cardoso (2022) na região do Hipercentro. Dentre os critérios que pesam na escolha dos fatores que integram o índice adaptado, estão: facilidade de aplicação, tempo de aplicação e número de indicadores considerados.

Sendo assim, foram definidos fatores que integrariam o índice adaptado para vias arteriais sob o critério de média aritmética acima de 80% para as respostas obtidas em ao menos uma das metodologias, de Bagno (2019) ou Cardoso (2022). Entretanto, foi observado que alguns indicadores considerados pelos autores não foram aplicáveis em todo o trajeto avaliado. Conforme analisado na metodologia proposta por Cardoso (2022), o fator conflito com veículos

estacionados foi aplicável em apenas em cerca de 47% das vias consideradas. Dessa forma, foram eliminados os indicadores, como “Conflito com Veículos Estacionados”, não tiveram uma aplicabilidade eficiente para a região do Hipercentro. A discussão completa sobre os indicadores selecionados será apresentada na seção seguinte.

Além disso, foi dada a ênfase para a elaboração de um índice adaptado para vias arteriais. Em função disso, alguns atributos como “Velocidade de Tráfego” foram eliminados devido a regulamentação de 60km/h para vias arteriais, classificação predominante na área de aplicação do índice. Para a composição do índice adaptado foi analisada, também, a perspectiva de elementos urbanos tais quais a arborização, existência de praças de convívio e da topografia segundo autores renomados. Gehl (2015) relata:

“Resumindo, os requisitos gerais para um bom espaço para se sentar são um microclima agradável, boa localização, de preferência nos espaços de transição, com costas protegidas, boa visibilidade e um nível de ruído baixo, que permita conversas e sem poluição. E, é claro, a vista. Se o local oferece atrações especiais como água, árvores, flores, bom espaço, boa arquitetura e obras de arte, a pessoa que vê-las bem. Ao mesmo tempo, as pessoas querem uma boa visão da vida e das pessoas do lugar.” (GEHL, 2015, p. 140).

Dessa forma, foram considerados dois critérios abaixo do grau de importância de 80% nas metodologias propostas por Bagno (2019) e/ou Cardoso (2022). Estes, por sua vez, foram nomeados “Atratividade Local” e “Topografia”, e encontram-se, em consonância com as definições de um meio urbano convidativo ao ato de sentar-se, caminhar e pedalar segundo a ótica do especialista Jan Gehl.

A redução do número de fatores considerados no índice adaptado teve influência, ainda, do critério de unificação de fatores dependentes. Para tal, foram estudados os indicadores que pudessem representar uma relação direta na avaliação das vias. Este foi o caso de, por exemplo, a “Drenagem” e a “Precipitação”, indicadores que foram considerados de forma individual no índice proposto por Bagno (2019) e Cardoso (2022). Entretanto, entende-se que a drenagem é considerada falha quando relacionada às precipitações elevadas na região e possui, portanto, uma relação direta com as fortes chuvas registradas ao longo do ano. Sendo assim, foi proposta uma metodologia de análise baseada nas informações disponibilizadas na Carta de Inundação

de Belo Horizonte³, bem como valores de durações de chuva obtidos na revisão bibliográfica estudada. Da mesma forma, adotou-se o mesmo critério para o caso de “Sinalização Horizontal” e “Sinalização Vertical”, tendo-se considerada a relação direta entre ambos os atributos.

Ademais, foram excluídos os atributos que apresentaram nota única para todos os trechos. Este foi o caso do indicador “Políticas Públicas”, visto que a sua pontuação seria pautada nas diretrizes do PlanMob-BH que traz atribuições para a cidade como um todo.

Além disso, foram avaliadas as considerações de Cardoso (2022) sobre a aplicação dos atributos. Dessa forma, optou-se por excluir, por exemplo, o atributo “Segurança Viária”. Isso pois, de acordo com a autora, houve certa dificuldade na avaliação desse indicador em função da falta de dados precisos. Portanto, como forma de obter como resultado um índice de fácil e eficiente aplicação, o atributo não foi incorporado.

A composição do índice final foi realizada em consonância com a metodologia considerada por Bagno (2019) e Cardoso (2022). Sendo assim, foi considerada a soma das notas obtidas em cada indicador de forma ponderada. Os pesos, por sua vez, foram definidos por meio de uma média aritmética da importância atribuída pelos respondentes nos formulários de Bagno (2019) e Cardoso (2022), em uma nota de 0 a 1. A Equação 1 apresenta a fórmula adotada para o cálculo do índice final (BAGNO, 2019).

$$I_{cycl} = \frac{\sum_1^n (F_i \cdot l_i)}{n} \quad (1)$$

Na qual:

- I_{cycl} é o resultado do índice adaptado;
- F_i é o resultado de cada indicador;

³ Em casos de não existir uma Carta de Inundação para a localidade avaliada é sugerida a elaboração de um estudo de chuvas com referência na metodologia apresentada pela PBH (2020) e por Gemiacki (2009).

- li é a importância atribuída através da média aritmética das metodologias de Bagno (2019) e Cardoso (2022); e
- n é o número de indicadores.

A parametrização dos resultados obtidos para I_{cycl} seguiu conforme proposto por Bagno (2019). Sendo assim, as vias analisadas foram classificadas conforme a Tabela 3-3, em uma escala de 0 até 1, em que o maior valor representa a melhor classificação (BAGNO, 2019).

Tabela 3-3 – Ponderação dos Resultados obtidos para as vias.

Resultado de I_{cycl}	Classificação
$I_{cycl} \geq 0,75$	Excelente
$0,60 < I_{cycl} \leq 0,75$	Muito Bom
$0,45 < I_{cycl} \leq 0,60$	Bom
$0,30 < I_{cycl} \leq 0,45$	Regular
$0,15 < I_{cycl} \leq 0,30$	Ruim
$0 < I_{cycl} \leq 0,15$	Péssimo

Fonte: Adaptado de Bagno (2019).

3.4 Local de Aplicação do Índice Adaptado

Como forma de avaliar a confiabilidade do índice adaptado para vias arteriais em relação as metodologias propostas por Bagno (2019) e Cardoso (2022), considerando a ótica de ciclistas e especialistas, foi considerada a aplicação da nova metodologia na região do Hipercentro de Belo Horizonte. Dessa forma, seria possível elaborar uma comparação entre os resultados obtidos por Cardoso (2022) e o presente trabalho.

Sendo assim, a rota escolhida foi aquela com origem na Praça Rui Barbosa e destino ao Parque Municipal Américo Renné Gianneti. Em função das características variáveis das vias, a aplicação foi feita de acordo com as quadras do Hipercentro, estando em consonância com a aplicação conduzida por Cardoso (2022). A Figura 3-2 apresenta a região de aplicação do índice proposto por Cardoso (2022) e que foi utilizada no presente trabalho.

Figura 3-2 – Trechos selecionados para a aplicação do índice adaptado.



Fonte: Cardoso (2022).

4 Resultados e Discussões

4.1 Análise Comparativa

Em consonância com os critérios adotados para definição dos indicadores que iriam compor o índice adaptado, foram considerados 14 fatores. Estes foram pré-definidos de acordo com as respostas dos respondentes dos questionários aplicados por Bagno (2019) e Cardoso (2022). A Tabela 4-1 apresenta a média dos graus de importância considerados na escolha dos atributos para compor o índice adaptado.

Tabela 4-1 – Indicadores e pesos atribuídos aos indicadores nas metodologias de Bagno (2019) e Cardoso (2022).

Indicador	Cardoso (2022)	Bagno (2019)
Presença de Ciclovia/Ciclofaixa	0,94	0,82
Cruzamento Seguro	0,91	0,77
Conectividade dos Trajetos	0,87	0,81
Qualidade do Pavimento	0,86	0,76
Continuidade Física	0,86	0,77
Presença de Veículos Pesados	0,84	0,81
Qualidade de Conflitos, Obstruções e/ou eventos	0,82	0,71
Segurança Pública	0,81	0,84
Iluminação	0,81	0,82
Integração Intermodal	0,81	0,67
Sinalização Horizontal	0,80	0,66
Bicicletário	0,78	0,71
Drenagem Urbana	0,75	0,82
Sinalização Vertical	0,72	0,65
Arborização	0,71	0,53
Topografia	0,69	0,52
Precipitação	0,65	0,70

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ressalta-se que os pesos apresentados para a metodologia de Bagno (2019) e Cardoso (2022) foram divididos, respectivamente, por quatro e por três, de forma a obter um parâmetro de análise entre ambos. Sendo assim, as notas foram compreendidas entre um valor mínimo de 0 e um valor máximo de 1,0.

A partir dessa análise, foram definidos os demais critérios para aderir os atributos ao índice adaptado. Além disso, foram calculados os pesos médios a partir das metodologias de Bagno (2019) e Cardoso (2022) de cada indicador com o objetivo de ponderar a importância de cada um para a classificação das vias. Estes serão apresentados nas seções seguintes.

4.2 Definição dos Atributos para o Índice Adaptado

Os atributos escolhidos para compor o índice adaptado foi classificado em três tipos, conforme indicado na Tabela 4-2. Os respectivos pesos atribuídos segundo a média aritmética das respostas obtidas por Bagno (2019) e Cardoso (2022) também são apresentados.

Tabela 4-2 – Índice adaptado sob a ótica de ciclistas e especialistas.

Tipo	Indicador	Peso
Infraestrutura Viária	Existência de Infraestrutura Cicloviária	0,88
	Conectividade dos Trajetos	0,84
	Qualidade do Pavimento	0,81
	Continuidade Física + Quantidade de obstruções	0,79
	Estacionamento para Bicycletas	0,75
	Integração Intermodal	0,74
	Sinalização de Trânsito	0,70
	Topografia	0,61
Urbanização	Segurança Pública	0,83
	Iluminação	0,81
	Drenagem + Precipitação	0,73
	Atratividade Local	0,62
Segurança	Segurança nos cruzamentos	0,84
	Presença de Veículos Pesados	0,82

Fonte: Elaborado pelo Autor.

É importante destacar que os atributos “Continuidade física + Quantidade de obstruções” e “Drenagem + Precipitação” foram alterados conforme o critério de unificação de fatores apresentado na metodologia. O indicador “Atratividade local” sofreu alteração em sua nomenclatura em função de adaptações realizadas com o objetivo de melhorar o *range* de avaliação do critério “Arborização”.

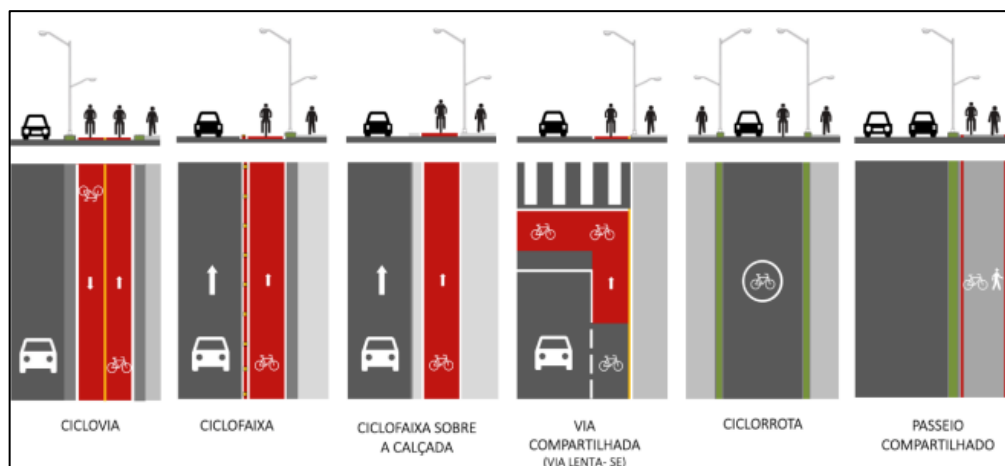
4.3 Definição dos Níveis de Desempenho para o Índice Adaptado

Os níveis de desempenho foram definidos a partir dos critérios definidos pelas metodologias de Bagno (2019) e Cardoso (2022). O intervalo de avaliação para cada indicador varia de 0 a 1, sendo 1 a nota máxima (CARDOSO, 2022). Entretanto, existem adaptações realizadas em alguns atributos considerados conforme os critérios abordados para a composição do índice adaptado. Tais adaptações foram realizadas em consonância com outros autores e especialistas, e serão descritas nos tópicos subseqüentes.

4.3.1 Existência de Infraestrutura Ciclovária

Segundo Cardoso (2022), as rotas cicláveis existem em função da necessidade de garantir a segurança e conforto aos ciclistas que transitam pelas cidades. Tais atributos exigem níveis de detalhamentos que sejam razoáveis à realidade das vias urbanas (CARDOSO, 2016). Dessa forma, a dinâmica do planejamento urbano exige a adaptação da rede de transportes de maneira a agregar as rotas cicláveis. Para tal, foram propostas diferentes infraestruturas possíveis, sendo estas a ciclovia e a ciclofaixa, com função de segregação da rota em relação aos veículos automotores, e as vias de tráfego compartilhado, com a utilização da via de forma compartilhada entre veículos e as bicicletas. A Figura 4-1 ilustra as propostas de rotas cicláveis para o planejamento das cidades.

Figura 4-1 – Propostas de rotas cicláveis.



Fonte: Curitiba (2021).

Os níveis de desempenho propostos para o indicador que avalia a existência de infraestrutura cicloviária foram elaborados em consonância com as metodologias de Bagno (2019) e Cardoso (2022). Entretanto, foi feita uma adaptação, conforme a Tabela 4-3, considerando a ênfase em vias arteriais e a unificação do critério “Largura da Faixa Compartilhada” e “Largura da Ciclovia/Ciclofaixa”. Portanto, a hierarquização das vias em níveis de desempenho foi elaborada dentro do que preconiza Brasil (2007), em que, para vias expressas ou vias arteriais, é exigida a existência de ciclovias. Dessa forma, a nota máxima (1,0) foi atribuída às vias que possuíssem ciclovias, seguindo da pontuação intermediária para as que possuem ciclofaixas e, por fim, as que possuem faixa compartilhada de trânsito.

Tabela 4-3 – Atributo Existência de Infraestrutura Cicloviária e níveis de desempenho.

Indicador	Ciclovia		Nota Máx	
		<i>Unidirecional</i>	<i>Bidirecional</i>	<i>1</i>
Existência de Infraestrutura Cicloviária	$x < 1,00 \text{ m}$	$x < 2,00 \text{ m}$	0	
	$1,00 \leq x < 1,50 \text{ m}$	$2,00 \leq x < 2,50 \text{ m}$	0,5	
	$x \geq 1,50 \text{ m}$	$x \geq 2,50 \text{ m}$	1	
	Ciclofaixa		Nota Máx	
		<i>Unidirecional</i>	<i>Bidirecional</i>	<i>0,67</i>
	$x < 1,00 \text{ m}$	$x < 2,00 \text{ m}$	0	
	$1,00 \leq x < 1,50 \text{ m}$	$2,00 \leq x < 2,50 \text{ m}$	0,33	
	$x \geq 1,50 \text{ m}$	$x \geq 2,50 \text{ m}$	0,67	
	Faixa compartilhada		Nota Máx	
	-		0,33	
	$x < 3,60 \text{ m}$		0	
	$3,60 \text{ m} \leq x \leq 4,20 \text{ m}$		0,17	
	$x > 4,20 \text{ m}$		$0,25 < x < 0,33$	

Fonte: Adaptado de Bagno (2019) e Cardoso (2022).

4.3.2 Conectividade dos Trajetos

Segundo Cardoso (2022), a conectividade dos trajetos está relacionada com acessibilidade das vias através da garantia de conexão entre os destinos. Sendo assim, a avaliação desse atributo requer uma avaliação das classificações viárias, visto que, conforme apresentado por Brasil (2007), as vias locais, coletoras e arteriais ou expressas possuem diferentes tipos de requisitos para rotas cicláveis.

Bagno (2019) apresentou, através desse conceito, uma metodologia para avaliação da continuidade física das vias. Para tal, foi considerada a Equação 2 que relaciona a extensão da rede cicloviária e a extensão total da região. O resultado para a fração é considerado a nota do atributo. Segundo Cardoso (2022), o indicador pode ser calculado, para a cidade de Belo Horizonte, por regionais.

$$CT = \frac{L_c}{L_T} \quad (2)$$

Na qual:

- CT é a nota do indicador “Conectividade dos Trajetos”;
- L_c é a extensão da rede cicloviária (vias locais inclusas); e
- L_T é a extensão total da rede viária (vias coletoras, arteriais e expressas).

4.3.3 Qualidade do Pavimento

A qualidade do pavimento está associada a regularidade, continuidade e conforto dos usuários da via. Segundo o que consta a pesquisa da Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana, os ciclistas possuem uma sensibilidade considerável a existência de boas condições do pavimento (BRASIL, 2007).

Elementos como rachaduras, remendos, desgastes de uso, buracos, acostamentos irregulares, cruzamentos de ferrovias e bocas de lobo são capazes de proporcionar más experiências aos ciclistas (EPPERSON, 1994), fator que contribui para a desmotivação ao uso das bicicletas como meio de transporte nos centros urbanos. Portanto, entende-se como necessário empregar metodologias para avaliação da qualidade do pavimento urbano.

Bagno (2019) propôs métodos práticos de avaliação do atributo “Qualidade do Pavimento”. Entretanto, optou-se por incorporar a metodologia de Cardoso (2022) apresentada na Tabela 4-4. Isso pois, tal qual a autora, optou-se por agregar facilidade de acesso e aplicação ao índice adaptado.

Tabela 4-4 – Atributo Qualidade do Pavimento e níveis de desempenho.

Indicador	Nível de Desempenho	Nota
Qualidade do pavimento	Pavimento completamente destruído, chegando a ter trechos arenosos ou com grande quantidade de britas, e/ou com buracos grandes o bastante a ponto de ser necessário desmontar da bicicleta, sair da ciclovia ou que gere grande risco de derrapagem	0
	Pavimento com falhas a ponto de ser necessário frear ou colocar o pé no chão para seguir	0,25
	Piso com irregularidades que demandam a necessidade de desvio para utilização	0,5
	Pavimento com pequenas imperfeições, como pedras ou tijolos soltos nas bordas, ou pequenas fissuras no concreto ou asfalto	0,75
	Pavimento em perfeito estado	1

Fonte: Cardoso (2022).

4.3.4 Continuidade Física + Quantidade de Obstruções

De acordo com Silva (2014), o atributo continuidade física pode ser definida como o deslocamento ininterrupto dos ciclistas pelo seu percurso, considerando a passagem por elementos tais quais passarelas, semáforos e cruzamentos que possuam uma adequada sinalização. Bagno (2019) e Cardoso (2022) incorporaram o indicador em suas metodologias através da Equação 3.

$$CF = \frac{P_c}{P_T} \quad (3)$$

Na qual:

- CF é a nota do indicador “Continuidade Física + Quantidade de Obstruções”;
- P_c é o número de possibilidades de sentidos e direções permanecendo na rota ciclável;
- P_T é o número de possibilidades totais.

Entretanto, entende-se que existem elementos físicos, tais quais barreiras e obstruções, que são capazes de provocar o desvio dos ciclistas de suas rotas. Sendo assim, foi proposta a

unificação dos atributos “Continuidade Física” e “Quantidade de Obstruções” de acordo com os níveis de desempenho apresentados na Tabela 4-5.

Tabela 4-5 – Atributo Continuidade Física + Quantidade de Obstruções e níveis de desempenho.

Indicador	Rotas Cicláveis s/ Obstruções	Nota Máx
Continuidade Física + Quantidade de obstruções		1
	$CF = \frac{P_c}{P_T}$	Fórmula
	Rotas Cicláveis c/ Obstruções	Nota Máx
		Fórmula CF/2
	Via com conflitos grandes o suficiente que atrapalhem a visibilidade do ciclista e/ou o obrigue a sair da rota ciclável para desviar	0
	Via com conflitos que obriguem o ciclista a frear ou colocar o pé no chão para seguir	33% CF
	Vias com conflitos que demandam a necessidade de desvio para utilização, porém sem sair da rota ciclável	67% CF
Via com pequenos conflitos, que somente demandam desaceleração por parte do ciclista	100% CF	

Fonte: Adaptado de Bagno (2019) e Cardoso (2022).

4.3.5 Estacionamento para Bicicletas

De acordo com a União de Ciclistas do Brasil (UCB, 2017), os estacionamentos de bicicletas podem ser definidos como áreas destinadas unicamente a utilização por bicicletas, podendo ocorrer de maneira pública ou privada, em vias públicas ou edificações, com ou sem controle de acesso e monitoradas ou não. Esses elementos garantem a integridade e segurança dos ciclistas que se deslocam utilizando o meio. Gehl (2015) destaca que a instalação de estacionamentos de bicicletas deve, impreterivelmente, ser consideradas quando projetados novos edifícios industriais e escritórios no planejamento urbano.

Em função disso, o atribuo “Estacionamento para Bicicletas” foi incorporado no índice adaptado, apesar de ter atingido apenas a nota de 78% dos especialistas na metodologia Cardoso (2022). Os níveis de desempenho apresentados na Tabela 4-6 foram os mesmos adotados por Cardoso (2022), visto que Bagno (2019) não utilizou o atributo em sua metodologia.

Tabela 4-6 – Atributo Estacionamento para Bicicletas e níveis de desempenho.

Indicador	Nível de Desempenho	Nota Máx
Presença de Bicicletário	Ausência de estacionamento para bicicletas	0,00
	Presença de paraciclos	0,50
	Presença de bicicletário	1,00

Fonte: Adaptado Cardoso (2022).

Entretanto, a forma de avaliação das vias para o critério “Estacionamento de Bicicletas” divergiu da metodologia empregada por Cardoso (2022), em que se considerou que os estacionamentos existentes em um raio de avaliação de até 500 m na atribuição da nota do atributo. Por se tratar de um índice adaptado para vias arteriais e dado o histórico de dedicação exclusiva ao planejamento urbano ao nível dos automóveis, as cidades possuem grandes extensões de vias, tal qual é visto pelas distâncias entre os cruzamentos da Avenida Afonso Pena. Sendo assim, foi avaliada a existência de estacionamentos por trechos, pois entende-se a necessidade de maior número desse tipo de recurso considerando a característica das vias arteriais e do planejamento histórico.

4.3.6 Integração Intermodal

A conectividade do sistema de transportes assume um papel importante para a avaliação das condições de ciclabilidade dos centros urbanos. Segundo Gehl (2015), o ato de pedalar implica na necessidade de elaborar um planejamento estratégico integrado, com a criação de condições para levar bicicletas em trens, metrô e ônibus urbanos. Cardoso (2022) destaca, ainda, que a intermodalidade da rede de transportes está associada com a existência de estacionamentos de bicicletas nas estações ou paradas dos transportes públicos.

Tendo isso em vista, foram definidos níveis de desempenho para avaliação da integração intermodal dos sistemas de transportes. Para tal, adotou-se os critérios de Cardoso (2022), visto que a metodologia de Bagno (2019) não incorporou tal atributo na composição do seu índice. Sendo assim, os níveis apresentados na Tabela 4-7 apresentam as notas consideradas para o atributo “Integração Intermodal”.

Tabela 4-7 – Atributo Integração Intermodal e níveis de desempenho.

Indicador	Nível de Desempenho	Nota Máx
Integração Intermodal	Possibilidade de transporte da bicicleta nos veículos de transporte público em horários determinados	+ 0,25
	Possibilidade de transporte da bicicleta nos veículos de transporte público em quaisquer horários	+ 0,50
	Existência de paraciclos próximo das principais estações de transporte público	+ 0,25
	Existência de bicicletários próximo das principais estações de transporte público	+ 0,50

Fonte: Adaptado de Cardoso (2022).

4.3.7 Sinalização de Trânsito

A existência de sinalização de trânsito voltada para o uso de bicicletas e de “semáforos inteligentes” que podem ser ativados por ciclistas são fatores que contribuem para a atratividade pelo uso das bicicletas (CASTRO, 2020). Portanto, os projetos cicloviários devem considerar o maior nível de detalhamento o possível, incorporando os pontos de travessia, as situações de proteção aos ciclistas, a sinalização especial e os equipamentos de apoio (PMBC, 2007).

Em função do grau de importância do atributo “Sinalização de Trânsito”, o indicador foi incorporado no índice adaptado. Entretanto, entende-se que a sinalização horizontal e a vertical são complementares, devendo ser avaliadas de forma conjunta, conforme os níveis de desempenho apresentados na Tabela 4-8. A adaptação nos atributos e nos critérios de desempenho considerados por Valenzuela (2022) e Cardoso (2022) foi realizada de maneira que os indicadores “Sinalização Horizontal” e “Sinalização Vertical” pontuassem uma nota máxima de 0,50 cada que, somados, resultariam no valor máximo 1,0.

Tabela 4-8 – Atributo Sinalização de Trânsito e níveis de desempenho.

Indicador	Horizontal	Nota Máx
Sinalização de Trânsito		0,5
	Símbolo "bicicleta" + seta "sentido de circulação"	+ 0,10
	Delimitação da rota	+ 0,10
	Demarcação da rota	+ 0,10
	Divisão de fluxos opostos (se bidirecional)	+ 0,10
	Linha de retenção	+ 0,05
	Faixa de travessia	+ 0,05

Indicador	Vertical	Nota Máx
Sinalização de Trânsito		0,5
	Existência de sinalização de indicação	+ 0,10
	Existência de sinalização de regulamentação	+ 0,10
	Existência de advertência nos cruzamentos	+ 0,10
	Sinalização com placas ao longo do trecho	+ 0,10
	Bom estado da sinalização vertical	+ 0,10

Fonte: Adaptado de Cardoso (2022) e Valenzuela (2022).

4.3.8 Topografia

A topografia é, segundo Almeida (2019), um importante atributo quando analisada a opinião de não ciclistas. Outrossim, as metodologias de Bagno (2019) e Cardoso (2022) elaboradas sob as óticas de ciclistas e especialistas, respectivamente, não apresentaram potencial de atratividade para o uso das bicicletas, de acordo com os respondentes dos questionários.

Entretanto, uma topografia marcada por áreas planas possui potencial para aumentar o número de viagens associadas as bicicletas (CASTRO, 2020). Por esse motivo, o critério foi acrescido ao índice adaptado de forma a avaliar as condições de declividade das vias do Hipercentro. Além disso, o atributo foi mencionado nas considerações finais de Cardoso (2022), que afirma a necessidade de elaboração de um índice sob a ótica unificada dos não ciclistas, ciclistas e especialistas como conclusão das observações levantadas por Almeida (2019) a respeito deste atributo.

Por fim, os níveis de desempenho para o atributo “Topografia” foram elaborados conforme apresentado na Tabela 4-9 (CASTRO, 2020).

Tabela 4-9 - Atributo Topografia e níveis de desempenho.

Indicador	Nível de Desempenho	Nota Máx
Topografia	Declividade maior que 4%	0,25
	Declividade entre 2 e 4%	0,5
	Declividade entre 1 e 2%	0,75
	Declividade < 1%	1

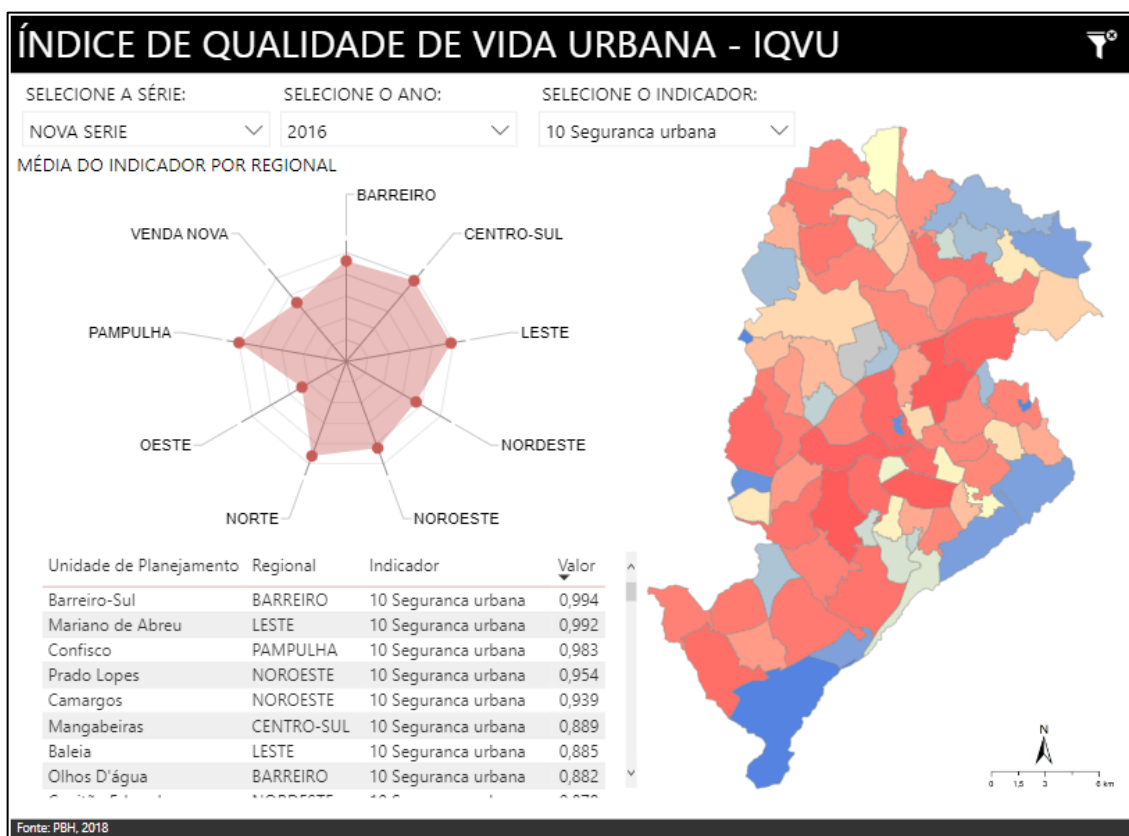
Fonte: Adaptado de Castro (2020).

4.3.9 Segurança Pública

O atributo segurança pública tem relação com a segurança pessoal dos ciclistas em transitar pelas vias urbanas. Segundo Pezutto (2004), a possibilidade de ocorrência de assaltos é um fator de muita importância na decisão para o uso de bicicletas no meio urbano.

Dessa forma, o atributo “Segurança Pública” foi aderido ao índice adaptado. Os níveis de desempenho foram definidos em consonância com a metodologia proposta por Cardoso (2022), em que se utiliza a nota do Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU) para pontuar o indicador. Conforme apresentado na Figura 4-2, existem dados relacionados especificamente ao indicador segurança urbana dividido por regiões de Belo Horizonte. Dessa forma, foram utilizadas as notas de IQVU em seu valor íntegro, visto que o intervalo de avaliação condiz com a metodologia do índice adaptado. Ou seja, varia de 0 até 1,0.

Figura 4-2 – Mapa de IQVU para Belo Horizonte – Indicador Segurança Urbana.



Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte (2018).

4.3.10 Iluminação

A avaliação do atributo “Iluminação” foi realizada em conformidade com a metodologia de Cardoso (2022). Portanto, a inspeção foi realizada após o horário comercial, evitando assim a influência da iluminação advinda de estabelecimentos nas vias analisadas (CARDOSO, 2022). Em relação aos níveis de desempenho do indicador, optou-se por seguir com a mesma classificação de Cardoso (2022) para o índice de avaliação das condições de ciclabilidade. Dessa forma, foram aderidos os critérios dispostos na Figura 5-4.

Tabela 4-10 - Atributo Iluminação e níveis de desempenho.

Indicador	Nível de Desempenho	Nota Máx
Iluminação	Via sem iluminação	0,00
	Iluminação direcionada para o caminho de veículos e existem elementos que bloqueiem parcialmente a iluminação para a rota ciclável	0,25
	Iluminação parcialmente bloqueada por elementos (árvores, marquises etc.)	0,50
	Iluminação direcionada para o caminho de veículos	0,75
	Iluminação suficiente e direcionada para a rota ciclável	1,00

Fonte: Cardoso (2022).

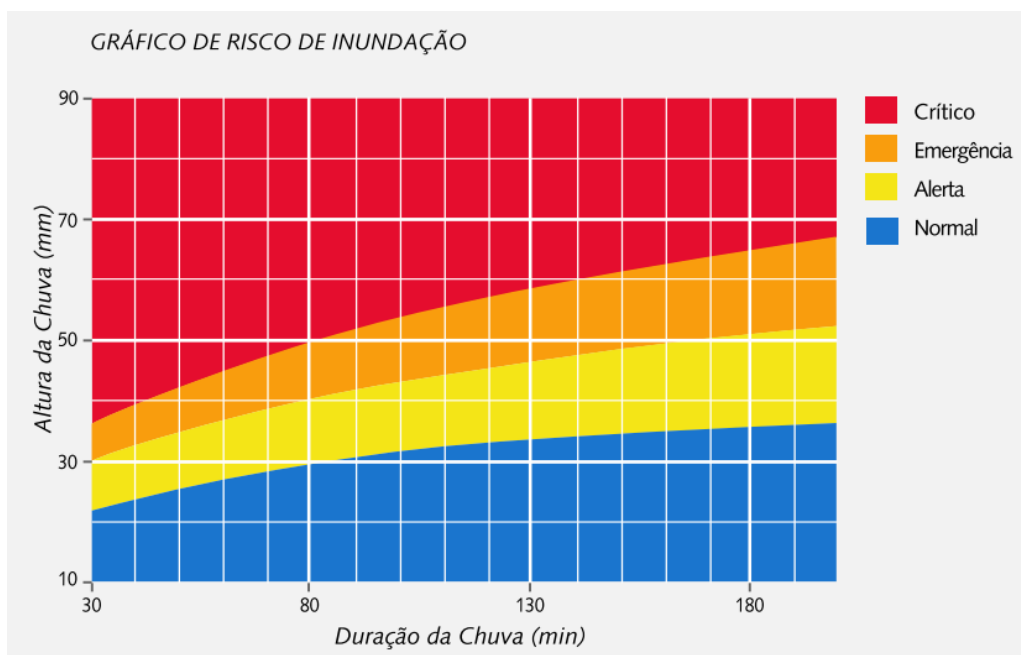
4.3.11 Drenagem + Precipitação

As cidades brasileiras são marcadas pela carência de elementos básicos, como um sistema de drenagem eficientes (CÉSAR, 2014). Sendo assim, avaliar as condições da drenagem para as cidades torna-se um elemento chave para a atratividade ao uso do espaço urbano pelas bicicletas.

Em especial, a cidade de Belo Horizonte apresenta problemas de drenagem associados às fortes chuvas sazonais ocorridas no início do ano. Por esse motivo, entende-se que a avaliação de ambos os atributos, a drenagem e a precipitação, deve ocorrer de forma associada. Dessa forma, o indicador definido por “Drenagem Urbana” na metodologia de Bagno (2019) e por “Drenagem” em Cardoso (2022) foi transformado em “Drenagem + Precipitação” no índice adaptado.

Em relação aos níveis de desempenho do atributo, foi utilizada as informações da Carta de Inundação disponibilizada pela prefeitura de Belo Horizonte. Nessa encontra-se o ábaco de chuvas referenciais para a macrodrenagem, conforme apresentado na Figura 4-3, em que se define o status do sistema a partir das classificações de normal, alerta, emergência e crítica.

Figura 4-3 – Gráfico de risco e inundação de Belo Horizonte.



Fonte: PBH (2022).

Portanto, os níveis de desempenho foram elaborados em consonância com o ábaco, tendo sido definidos de acordo com a Tabela 4-11.

Tabela 4-11 – Atributo Drenagem + Precipitação e níveis de desempenho.

Indicador	Nível de Desempenho	Nota Máx
Drenagem + Precipitação	Crítico	0,00
	Emergência	0,25
	Alerta	0,50
	Normal	1,00

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.3.12 Atratividade Local

A existência de elementos urbanos que convidem pessoas a permanecerem no local representam um convite ao uso do espaço para caminhar e pedalar. Gehl (2015) destaca:

“Convidar as pessoas a caminhar e pedalar na cidade é um início, mas não basta. O convite deve incluir a opção de se sentar e passar um tempo na cidade. Atividades de permanência são a chave de uma cidade viva, mas também realmente agradável. As pessoas ficam se um lugar for bonito, significativo e agradável. Uma boa cidade tem muitas semelhanças com uma boa festa: os convidados ficam porque se divertem” (GEHL, 2015, p. 147).

Por esse motivo, os atributos “Arborização” e “Conforto Visual” não considerados por Bagno (2019) e Cardoso (2022) foram relacionados em um único indicador e acrescido ao índice adaptado. A definição dos níveis de desempenho se deu através da opinião de autores como Jan Gehl e Jane Jacobs, atribuindo valores conforme a Tabela 4-12.

Tabela 4-12 – Atributo Atratividade Local e níveis de desempenho.

Indicador	Nível de Desempenho	Nota Máx
Atratividade Local	Existência de elementos, naturais ou não, que são capazes de oferecer sombra para a via ao longo do dia	+ 0,20
	Existência de elementos de descanso nas proximidades da rota ciclável (bancos, escadarias, etc)	+ 0,20
	Existência de árvores e/ou elementos naturais em intervalos contínuos de 10 a 30 m, ao longo da rota ciclável	+ 0,20
	Existência de praças de convívio e permanência em um raio de 5 km da via	+0,40

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme observado, foram aderidas quatro instâncias de avaliação. A primeira e a terceira delas foi definida em consonância com a atribuição de Andrade (2017). Segundo o autor, o critério “Arborização” seria definido em função da existência de árvores em intervalos pré-definidos que pudessem oferecer sombra ao longo do trajeto (ANDRADE, 2017). Entretanto, foi feita uma adaptação desses dois níveis de desempenho, de forma a transformá-lo em dois critérios. O primeiro deles estaria associado aos elementos que possam oferecer sombra ao longo do dia, tais quais marquises e árvores, enquanto o segundo está associado ao conforto visual, com existência de elementos naturais espaçados em intervalos contínuos de 10 a 30 metros.

O segundo e o quarto nível foram definidos em consonância com as descrições de Jan Gehl (2015) para uma cidade planejada para a permanência de pessoas, tendo-se considerado a avaliação de elementos de descanso, como bancos e escadarias, e de praças de convívio e permanência, associadas a, por exemplo, cafés, museus e centros culturais existentes nas cidades. A Figura 4-4 apresenta exemplos destes elementos.

Figura 4-4 – Elementos de permanência nas cidades.



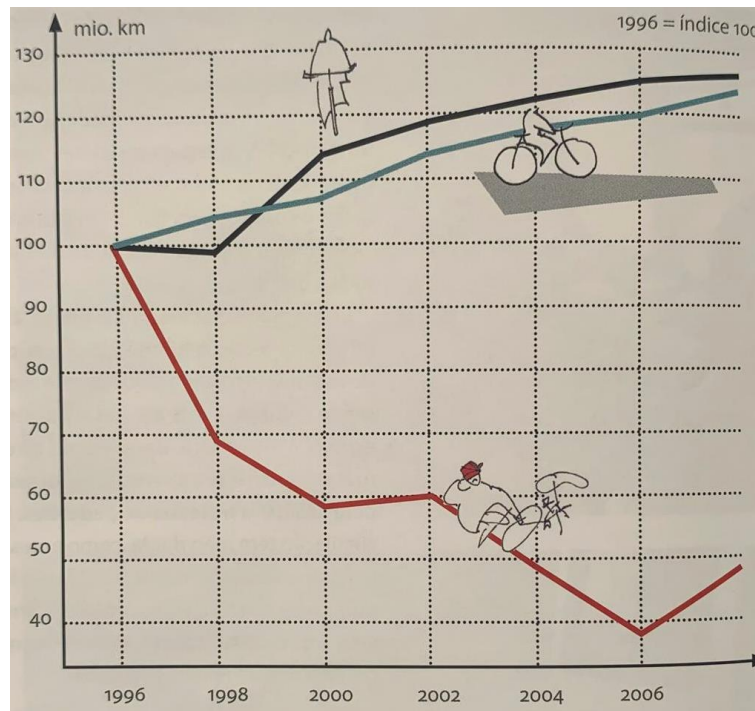
Fonte: Gehl (2015).

4.3.13 Segurança nos Cruzamentos

Gehl (2015) destaca que a segurança no trânsito é um elemento muito importante para propor estratégias voltadas para a ciclabilidade nas cidades. A competição pelo uso do espaço entre bicicletas e automóveis gera, especialmente nos cruzamentos, uma sensação de insegurança para o ato de pedalar.

Como forma de solucionar a insegurança gerada pelos cruzamentos, as boas cidades para bicicletas avaliam melhorias associadas a visibilidade nos cruzamentos, sinalização e a existência de elementos físicos que agreguem segurança aos ciclistas (GEHL, 2015). Da mesma forma, a variável segurança está amplamente associada ao incremento no número de ciclistas nas cidades, conforme indicado na Figura 4-5.

Figura 4-5 – Relação entre número de quilômetros percorridos, quilômetros de rotas cicláveis e acidentes de trânsito na cidade de Copenhague ao longo dos anos.



Fonte: Gehl (2015).

Tendo isso em vista, o atributo “Segurança nos Cruzamentos” foi incorporado ao índice adaptado. Os níveis de desempenho atribuídos ao indicador foram baseados na metodologia proposta por Cardoso (2022), tendo-se feitas algumas adaptações. Conforme indicado na Tabela 4-13, os níveis foram transformados em uma avaliação por somatórios, de forma que todos os critérios possuíssem mesmo peso.

Tabela 4-13 – Atributo Segurança nos Cruzamentos e níveis de desempenho.

Indicador	Nível de Desempenho	Nota
Segurança nos Cruzamentos	<i>Todos os elementos</i>	1,0
	Somente sinalização vertical	+0,33
	Somente travessia em desnível	+0,33
	Somente sinalização horizontal	+0,33

Fonte: Adaptado de Cardoso (2022).

4.3.14 Presença de Veículos Pesados

A competição do uso do espaço com veículos automotores é fruto do planejamento dedicado exclusivamente aos automóveis. Em função disso, as bicicletas são obrigadas a transitar em faixas dedicadas também ao tráfego de veículos de grande porte (CARDOSO, 2022). Conforme analisado na metodologia de Bagno (2019) e de Cardoso (2022), o atributo “Presença de Veículos Pesados” apresenta um grau de importância mútua, para os ciclistas e especialistas. Dessa forma, o indicador foi incorporado ao índice adaptado.

Os níveis de desempenho foram propostos em consonância com Cardoso (2022), em que foi considerada uma adaptação da metodologia de avaliação de Bagno (2019). A Tabela 4-14 apresenta os critérios de desempenho atribuídos ao indicador.

Tabela 4-14 – Atributo Presença de Veículos Pesados e níveis de desempenho.

Indicador	Nível de Desempenho	Nota
Presença de Veículos Pesados	$VP \geq 10\%$	0,00
	$5\% \leq VP < 10\%$	0,50
	$VP \leq 5\%$	1,00

Fonte: Cardoso (2022).

O atributo foi mensurado de acordo com os dados obtidos no Portal de Dados Abertos da BHTRANS (2022), em que é possível acessar o arquivo com a contagem volumétrica dos radares instalados nas vias de Belo Horizonte.

5 Aplicação do índice Adaptado na Região do Hipercentro de Belo Horizonte

Os níveis de desempenho foram definidos a partir dos critérios estabelecidos nas metodologias de Bagno (2019) e Cardoso (2022). O intervalo de avaliação para cada indicador varia de 0 a 1, sendo 1 a nota máxima (CARDOSO, 2022).

A avaliação dos atributos foi conduzida em duas etapas. A primeira delas, a qualitativa, está associada aos indicadores que não foram analisados durante o dia da aplicação. A segunda, por outro lado, tem relação com os fatores avaliados durante a análise de campo realizada por dois avaliadores no dia 27 de setembro de 2022.

5.1 Indicadores Qualitativos

O índice adaptado para vias arteriais considerou atributos que devem ser avaliados de forma qualitativa. Conforme a Figura 5-1, foram analisados um total de seis indicadores mensurados através de dados obtidos por meio dos dados abertos disponibilizados no site da Prefeitura de Belo Horizonte e por meio da referência bibliográfica.

Figura 5-1 - Indicadores avaliados de forma qualitativa.

Tipo	Indicador	Peso
Infraestrutura Viária	Conectividade dos Trajetos	0,84
	Integração Intermodal	0,74
	Topografia	0,61
Urbanização	Segurança Pública	0,83
	Drenagem + Precipitação	0,73
Segurança	Presença de Veículos Pesados	0,82

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.1 Conectividade dos Trajetos

Os dados mais atuais obtidos para atribuir nota ao indicador “Conectividade dos Trajetos” foram obtidos via Sistema de Informações da Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (2010) e

através da pesquisa levantada pelo BH em Ciclo (2019). Tal qual considerado por Cardoso (2022), as ciclofaixas temporárias implementadas no período da pandemia foram consideradas na pontuação do atributo. A Tabela 5-1 apresenta os dados encontrados para a região Central.

Tabela 5-1 – Extensão das vias localizadas na região Central de Belo Horizonte.

Classificação da Via	Extensão (km)
Rede cicloviária permanente (IDECiclo BH, 2019)	10,49
Ciclofaixas temporárias (IDECiclo BH, 2019)	2,25
Vias locais (SisMob-BH-PBH, 2010)	6,59
Vias coletoras (SisMob-BH-PBH, 2010)	0,12
Vias arteriais (SisMob-BH-PBH, 2010)	140,88

Fonte: PBH (2010); PBH (2019) e Cardoso (2022).

Por fim, a nota do indicador é calculada por:

$$CT = \frac{6,59 + 2,25 + 10,49}{0,12 + 140,88} = 0,137 \cong 0,14$$

Portanto, a nota atribuída ao indicador resulta no valor de 0,14, estando em consonância com o resultado encontrado por Cardoso (2022).

5.1.2 Topografia

Para avaliar o atributo “Topografia” das vias de Belo Horizonte foi feita uma solicitação dos dados aos pesquisadores da prefeitura de Belo Horizonte. O arquivo foi encaminhado em formato adequado para o *software* QGis, e continha os valores de declividade por trecho individualizado. A Tabela 5-2 apresenta a nota para cada trecho segundo a declividade média.

Tabela 5-2 – Resultados para o atributo Topografia.

Trechos	Declividade	Nota
1A	$2\% \leq d \leq 4\%$	0,50
1B	$2\% \leq d \leq 4\%$	0,50
1C	$2\% \leq d \leq 4\%$	0,50
2	$d < 1\%$	1,00
3A	$2\% \leq d \leq 4\%$	0,50
3B	$d < 1\%$	1,00
3C	$d > 4\%$	0,25
3D	$d > 4\%$	0,25
4A	$1 \leq d < 2\%$	0,75
4B	$1 \leq d < 2\%$	0,75
4C	$2\% \leq d \leq 4\%$	0,50
5A	$2\% \leq d \leq 4\%$	0,50
5B	$2\% \leq d \leq 4\%$	0,50
5C	$1 \leq d < 2\%$	0,75
5D	$d > 4\%$	0,25
5E	$2\% \leq d \leq 4\%$	0,50
5F	$d < 1\%$	1,00
6A	$d < 1\%$	1,00
6B	$d < 1\%$	1,00

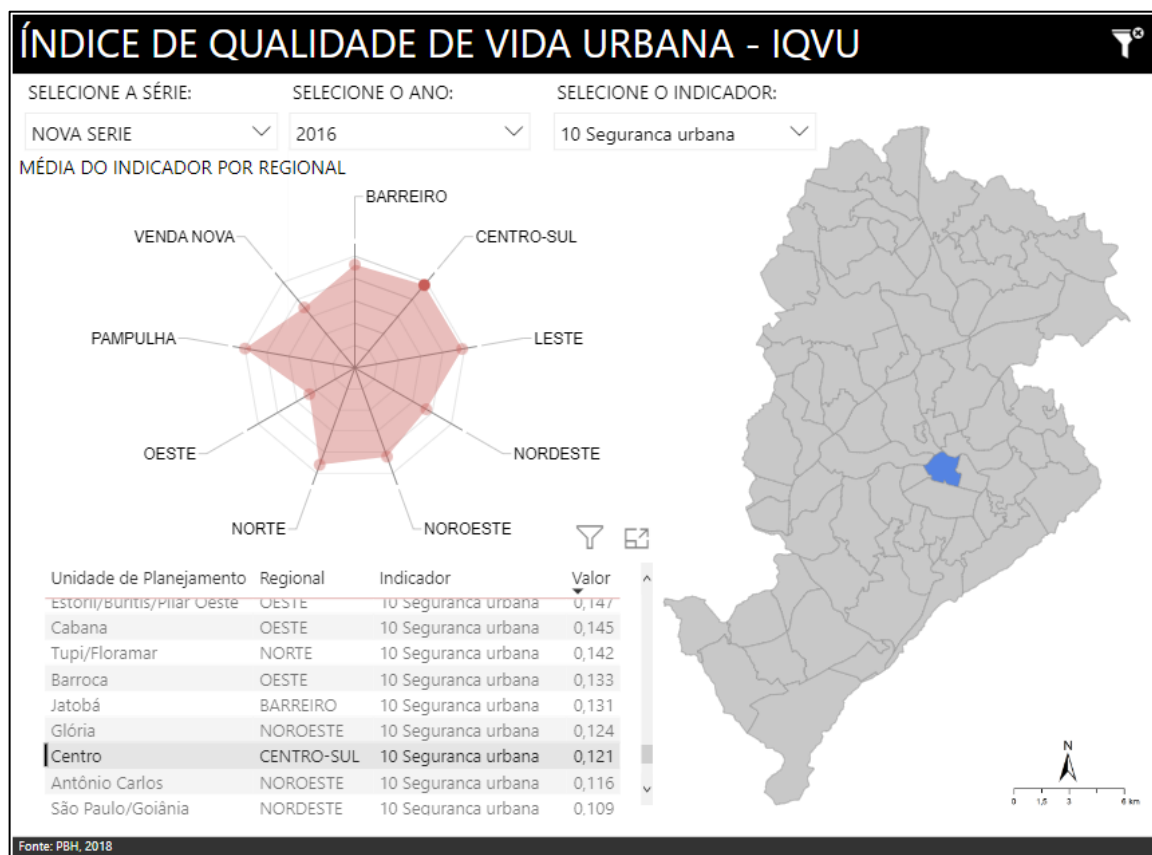
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.3 Segurança Pública

O indicador que avalia as condições de segurança urbana foi mensurado de acordo com o valor de SU_{IQUV} (CARDOSO, 2022). Entretanto, os últimos dados disponibilizados pela Prefeitura de Belo Horizonte para a região central foram levantados pela PBH, conforme

indicado na Figura 5-2, em 2016. Sendo assim, a região do Hipercentro apresentou, de maneira homogênea, o resultado de 0,121 para todas as vias inspecionadas.

Figura 5-2 – Resultado para o atributo Segurança Pública.



Fonte: Belo Horizonte (2018).

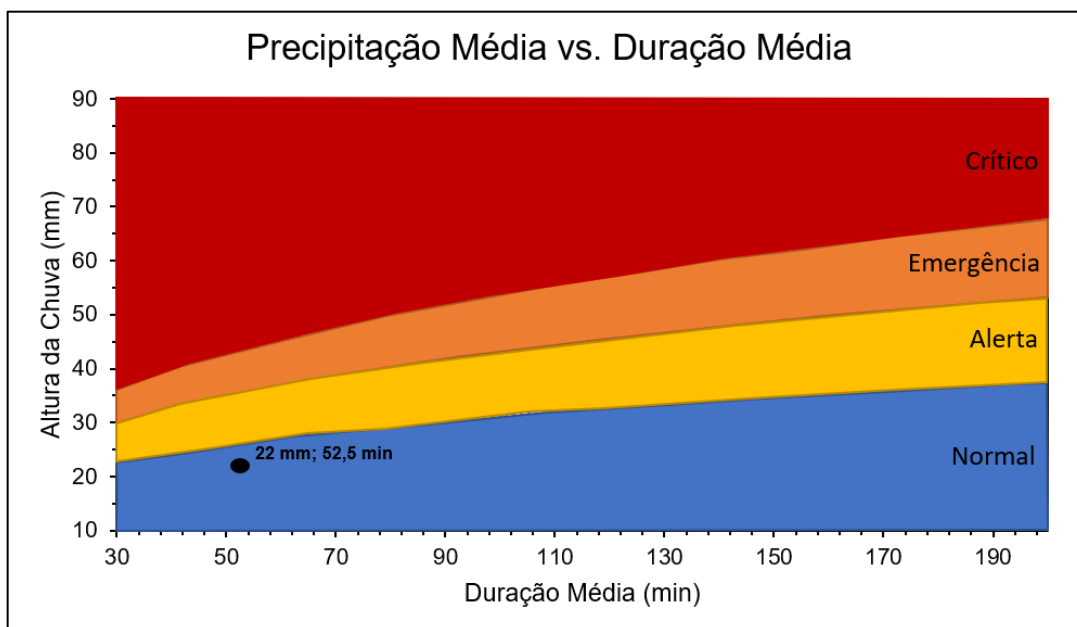
5.1.4 Drenagem + Precipitação

Segundo Gemiacki (2009), as pancadas de chuva em Belo Horizonte no ano de 2009 se resumiram em uma duração média de 52,5 minutos e a quantidade média foi de 22 mm no mês de janeiro. Este, por sua vez, foi considerado o mês crítico para aquele ano (GEMIACKI, 2009).

Não foram encontrados dados de duração média mais atuais e, portanto, a avaliação do critério de “Drenagem + Precipitação” utilizou os dados estudados por Gemiacki (2009).

Conforme apresentado na Figura 5-3, as notas obtidas para o atributo de “Drenagem + Precipitação” foi similar para todos os trechos analisados.

Figura 5-3 - Resultado para o atributo Drenagem + Precipitação.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.5 Presença de Veículos Pesados

Foram analisados os dados de contagem volumétrica dos radares existentes na região central de Belo Horizonte. Apenas estavam disponíveis os dados até junho de 2022, não sendo possível fazer uma avaliação para o dia 27 de setembro de 2022, dia da aplicação prática do índice adaptado. Portanto, foi tomado o critério abordado por Cardoso (2022), em que se escolheu um dia útil distante de feriados que pudessem influenciar na circulação de veículos. Sendo assim, foi analisada a contagem de veículos para o dia 18 de maio de 2022.

Para realizar o tratamento e compilação dos dados obtidos através do Portal de Dados Abertos da BHTRANS foi utilizado um programa em linguagem *Python*, executado no *software* nomeado *Spyder*. Como produto, o programa forneceu os dados em planilha Excel, de forma

que fosse possível realizar o processamento para as vias inspecionadas. Entretanto, apenas estavam disponíveis os dados para os trechos principais da região Central.

Tendo isso em vista, apenas foram analisados os dados para as vias Avenida do Contorno, Avenida Afonso Pena e Avenida dos Andradas em função de pertencerem a rota escolhida para o estudo de caso. Os resultados para o atributo “Presença de Veículos Pesados” encontram-se presentes na Tabela 5-3.

Tabela 5-3 – Resultado para o atributo Presença de Veículos Pesados.

Total de veículos/dia	305029
Veículos pesados/dia	16037
VP	4,70%
Nível de desempenho	1,0

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.2 Indicadores Práticos

A aplicação prática do índice adaptado ocorreu no dia 27 de setembro de 2022. Foram analisados um total de 19 vias, cada uma delas avaliadas de acordo com os níveis de desempenho de oito atributos. Estes são apresentados na Tabela 5-4.

Tabela 5-4 – Indicadores avaliados durante a aplicação prática do índice adaptado.

Tipo	Indicador	Peso
Infraestrutura Viária	Existência de Infraestrutura Cicloviária	0,88
	Qualidade do Pavimento	0,81
	Continuidade Física + Quantidade de obstruções	0,79
	Estacionamento para Bicicletas	0,75
	Sinalização de Trânsito	0,70
Urbanização	Iluminação	0,81
	Atratividade Local	0,62
Segurança	Segurança nos cruzamentos	0,84

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A aplicação do índice adaptado ocorreu em tempo hábil, acontecendo em cerca de 3 horas e 20 minutos em sua totalidade. De forma geral, foram notados alguns aspectos importantes relacionados ao tráfego de ciclistas e estacionamentos de bicicletas durante o estudo prático.

A primeira consideração geral apontada pelos aplicadores foi a utilização de postes e mobiliários urbanos como estacionamentos para as bicicletas, conforme indicado na Figura 5-4. Essa prática pode ser associada à falta de estacionamentos apropriados para as bicicletas em quase todo o trecho analisado que, em dados percentuais, cerca de 75% das vias apresentam notas mínimas para o atributo. Segundo a média aritmética da nota obtida a partir opinião de ciclistas e dos especialistas, o atributo estacionamentos para bicicletas possui peso 0,75, resultado que classifica o indicador como de alta importância.

Figura 5-4 – Bicicleta estacionada em um poste de luz – Trecho 4C.



Fonte: Acervo próprio.

Em relação ao trânsito de ciclistas avaliado na região do Hipercentro, não foram encontradas condições de rotas cicláveis compatíveis com as regulamentações para deslocamentos utilizando a bicicleta no meio urbano. Em função disso, é possível observar a competição entre pedestres e ciclistas na utilização das calçadas para o deslocamento, conforme observado na Figura 5-5.

Figura 5-5 – Ciclistas utilizando a calçada para se locomover – Trecho 6B.



Fonte: Acervo Próprio.

Esse comportamento agrega insegurança para ambos, o pedestre e o ciclista, tendo em vista que não existe infraestrutura para a locomoção de ambos nas calçadas. Além disso, o deslocamento de bicicletas de forma compartilhada, sem a devida infraestrutura, é considerado ilegal. Segundo o CONTRAN, existem critérios que devem ser respeitados para a implantação do tráfego compartilhado, sendo estes: largura mínima para o deslocamento compartilhado de 2,20 m e tráfego de pedestres inferior a 100 por hora pico por metro de largura.

Adicionalmente, a região escolhida para a aplicação do índice está localizada próxima à Estação Central. Esta, por sua vez, apresenta a possibilidade de integração intermodal com o transporte público representado pelo trem metropolitano e por estações de ônibus. Cardoso (2022) afirma que a escolha da região se deu em função da intermodalidade existente no local e, devido a esse fato, a nota para o atributo “Integração Intermodal” em todos os trechos avaliados foi obtida em consonância com a análise exclusiva sobre a Estação Central. Para o índice adaptado foi adotado este mesmo critério, visto que a região escolhida para o estudo de caso é a mesma.

Os demais atributos foram aplicados e as observações foram feitas de acordo com os trechos. Estas serão apresentadas nos tópicos a seguir. Ao final da seção serão apresentadas as

notas por trecho e por indicador e, por fim, será apresentada uma comparação com o resultado obtido por Cardoso (2022) para os trechos pertencentes a região do Hipercentro.

5.2.1 Trecho 1: Avenida dos Andradas

O trecho localizado na Avenida dos Andradas foi avaliado em três trechos. Apesar de nenhum dos trechos apresentarem uma sinalização horizontal adequada, todos demonstraram possuir boa qualidade do pavimento e das calçadas. Entretanto, foram observadas algumas barreiras físicas, tais quais os pontos de ônibus, que em horário de pico representam um obstáculo para o deslocamento na região.

Em relação à sinalização vertical, foram observados pontos com indicação do passeio compartilhado. No entanto, as placas de sinalização encontram-se obstruídas por galhos de árvores que dificultam a visualização da sinalização, conforme indicado na Figura 5-6. Com exceção às faixas de cruzamento, não foram encontradas sinalizações horizontais na extensão dos trechos que compuseram a Avenida dos Andradas.

Figura 5-6 – Sinalização vertical obstruída por galhos de árvores – Trecho 1A.



Fonte: Acervo Próprio.

Um ponto interessante para analisado nos trechos da Avenida dos Andradas é a proximidade com as nomeadas praças de convívio. Estas, por sua vez, podem ser caracterizadas pela existência de elementos atrativos ao ato de caminhar e pedalar. A Praça Rui Barbosa representa um convite à cultura e história da cidade de Belo Horizonte. Elementos tais quais o museu, os bancos, as árvores, as fontes e a quantidade de cidadãos utilizando o espaço são elementos importantes para o planejamento urbano que considera o nível dos olhos (GEHL, 2015). A Figura 5-7 apresenta essa consideração na prática, com o registro de pessoas sentadas conversando e de um ciclista descansando.

Figura 5-7 – Ciclista sentado em praça de convívio – Trecho 1.



Fonte: Acervo Próprio.

Segundo a metodologia proposta por Cardoso (2022), a via apresenta problemas de drenagem em função da construção da região sobre o Ribeirão Arrudas. Considerando a metodologia proposta para a integração dos indicadores drenagem e precipitação, as chuvas ocorridas com a duração média de 52,5 minutos, segundo Gemiacki (2009), em união com o gráfico de análise da situação da drenagem apresentada na carta de inundação indicaram bom funcionamento da drenagem local.

Dentre as larguras das calçadas medidas, o Trecho 1B apresentou a maior condição para implementação do deslocamento compartilhado: cerca de 5,04 m em sua totalidade. Além disso, o Trecho 1B foi avaliado com nota máxima para o indicador atratividade local. Isso aos elementos urbanos e naturais que são capazes de oferecer sombra ao longo do trajeto em conjuntos aos bancos, praças de convívio próximas e arborização local. A figura Figura 5-8 apresenta o registro fotográfico dos elementos que compõem o trecho.

Figura 5-8 – Elementos atrativos e calçada com largura superior a 5 m – Trecho 1B.



Fonte: Acervo Próprio.

5.2.2 Trecho 2: Rua dos Caetés

À Rua dos Caetés foi atribuída a identificação de Trecho 2. Este apresentou boa qualidade do pavimento da via, porém com nenhuma estrutura para a permanência do ciclista em trânsito considerando o passeio compartilhado. O deslocamento pela faixa da via é possível, tendo em vista o comprimento mensurado de 4,17 m.

O passeio apresentou-se em situação precária, com existência de elementos tais quais bancos e árvores alinhadas que dificultam o trânsito de ciclistas. Além disso, a calçada apresentou buracos e irregularidades marcantes, conforme indicado na Figura 5-9, aspectos que podem contribuir para a dificuldade de implementação do passeio compartilhado.

Figura 5-9 – Condições da calçada – Trecho 2.



Fonte: Acervo Próprio.

5.2.3 Trecho 3: Rua da Bahia

A Rua da Bahia foi dividida em quatro trechos. Ao longo da sua extensão não foram observadas nenhuma condição de rotas cicláveis. Além disso, o trecho apresentou conflitos para o deslocamento compartilhado, como pontos de ônibus, bancas de jornais e três estacionamentos privados com fluxo acentuado de carros saindo e entrando, conforme apresenta a Figura 5-10.

Figura 5-10 – Estacionamento de carros e ponto de ônibus obstruindo a calçada – Trecho 3A.



Fonte: Acervo Próprio.

Em relação ao indicador topografia, a análise dos Dados Abertos obtidos no site da prefeitura de Belo Horizonte indicou, com exceção do Trecho 3B, uma classificação baixa para o trajeto analisado. A declividade média observada neste trecho pode influenciar na relação do sistema de drenagem existente no Trecho 1, localizado em regiões mais baixas e planas.

No que diz respeito às condições das calçadas e do pavimento das vias, foram observados buracos e irregularidades que inviabilizam o deslocamento sem considerar o freio e/ou desvios. Além disso, foi notado um fluxo considerado de pedestres no Trecho 3B, fator que contribui para a insegurança agregada para ambos, ciclistas e as pessoas que transitam no local. Adicionalmente, não foram notados estacionamentos para bicicletas na região. Entretanto, observou-se que os ciclistas utilizam postes e elementos urbanos como recurso para tal. Esse comportamento e as irregularidades das calçadas podem ser observadas na Figura 5-11.

**Figura 5-11 – Qualidade das calçadas e bicicleta estacionada em sinalização vertical de trânsito –
Trecho 3B.**



Fonte: Acervo Próprio.

5.2.4 Trecho 4: Avenida Afonso Pena

A Avenida Afonso Pena foi analisada em três trechos. De forma geral, a via apresentou as melhores notas para índice adaptado. Isto pois, conforme observado na Figura 5-12, foram observados elementos como paraciclos e sinalização horizontal em sua extensão. Além disso, a qualidade de ambos, do pavimento e da calçada, encontrava-se em bom estado.

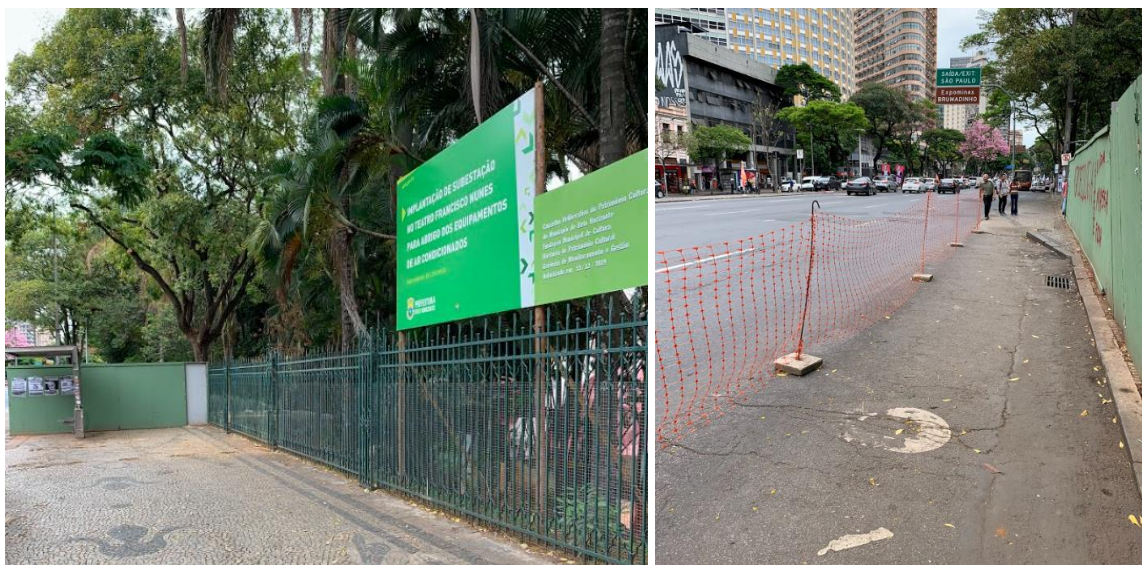
Figura 5-12 – Paraciclos e sinalização horizontal – Trecho 4A.



Fonte: Acervo Próprio.

Entretanto, foi notada a obstrução total da calçada em função da implantação da subestação do teatro Francisco Nunes no Trecho 4B. Tal característica obriga ambos, pedestres e ciclistas, a fazer o desvio da rota, conforme observado na Figura 5-13. Também foi observada uma qualidade muito precária das calçadas próximas a região da obra, fator que pode estar associado ao deslocamento de equipamentos pesados no período de execução.

Figura 5-13 – Obra obstruindo e forçando o desvio de rota de pedestres e ciclistas – Trecho 4B.



Fonte: Acervo Próprio.

O indicador topografia apresentou um dos melhores resultados. Durante a inspeção de campo, foi possível notar que os trechos são, em geral, planos e com pequenas declividades que são quase imperceptíveis. Ademais, a iluminação da região foi considerada boa, com obstruções pontuais resultantes de árvores e outros elementos urbanos em trechos específicos.

5.2.5 Trecho 5: Rua Espírito Santo

A Rua Espírito Santo foi avaliada em seis trechos individualizados. As principais considerações feitas foram sobre a sinalização vertical que, tanto nos cruzamentos quanto ao longo dos trechos, apresentaram uma má qualidade. Conforme observado na Figura 5-14, foi notada uma sinalização de pedestre em situação precária no cruzamento do Trecho 3B e 3C, bem como uma sinalização de advertência para bicicletas amassada no Trecho 3D.

Figura 5-14 – Má qualidade da sinalização Horizontal – Trecho 5B e Trecho 5C.



Fonte: Acervo Próprio.

Além disso, foi observado que existem trechos com sinalização vertical obstruída em função de árvores e elementos urbanos, tal qual mostrado na Figura 5-15. Para esses casos, é sugerido realizar a poda dos troncos que dificultam a visibilidade.

Figura 5-15 – Sinalização vertical obstruída por árvores – Trecho 5D.



Fonte: Acervo Próprio.

Ademais, o cruzamento existente entre o Trecho 3D e 3E apresentou nota máxima para o indicador segurança nos cruzamentos. A avaliação máxima para o atributo se deu em função da existência de uma faixa de travessia para ciclistas, bem como de infraestrutura cicloviária nas ruas pertencentes ao cruzamento. Além disso, foi observada, conforme notado na Figura 5-16, uma boa arborização, a existência de sinalização de trânsito associado a bicicletas e uma boa integração intermodal com o sistema MOVE.

Figura 5-16 – Sinalização vertical, integração intermodal, existência de infraestrutura cicloviária em cruzamento e arborização adequada – Trecho 5E.



Fonte: Acervo Próprio.

A Figura 5-17 apresenta a condição do pavimento das vias e das calçadas, representada por precariedades ao longo da extensão da Rua Espírito Santo. Em especial, o Trecho 5F apresentou buracos e irregularidades que obrigam o ciclista a fazer o desvio e freiar durante o deslocamento.

Figura 5-17 – Má qualidade do pavimento e da calçada – Trecho 5F.



Fonte: Acervo Próprio.

Em relação ao atributo iluminação, a via apresentou trechos com iluminação fraca ou inexistente. Foram observadas a obstrução de postes de luz por elementos urbanos e galhos de árvores, principalmente no Trecho 3F, em que a iluminação é muito precária. Esse fator contribui para a diminuição a segurança física do ciclista.

5.2.6 Trecho 6: Avenida do Contorno

O último trecho, resumido na inspeção das condições da Avenida do Contorno, foi dividido em duas extensões. De forma geral, foram observadas boas condições de deslocamento em ambos. Entretanto, foram notados alguns pontos com precariedade das condições da calçada. Em especial, o Trecho 6A apresentou irregularidades resultantes de raízes de árvores, conforme indicado na Figura 5-18.

Figura 5-18 – Má qualidade da calçada – Trecho 6A.



Fonte: Acervo Próprio.

Em relação a atratividade do local, as vias direcionam o ciclista diretamente para a Praça Rui Barbosa, local com elementos urbanos e naturais atrativos para o ato de padalar. Além disso, foi observada a utilização da faixa de trânsito por um trabalhador de empresa de entregas no Trecho 6B, conforme indicado na Figura 5-19. Entretanto, não existem condições de rota ciclável na região, visto que a largura da faixa medida foi de 3,10 m.

Figura 5-19 – Ciclista deslocando por meio de via – Trecho 6B.



Fonte: Acervo Próprio.

O atributo iluminação apresentou bons resultados. Apenas foram notados trechos pontuais com obstruções devido à galhos de árvores na região. O indicador topografia, por sua vez, recebeu nota máxima devido a consideração de declividade média obtida via Dados Abertos disponibilizados pela BHTRANS. Não foram encontrados estacionamentos para bicicletas ao longo da extensão do Trecho 6.

5.3 Resultado da Aplicação do Índice Adaptado

As notas obtidas para cada trecho individualizado são apresentadas na Tabela 5-5, sendo obtidas com auxílio do *software* Excel. Através desse, foram calculadas as médias ponderadas para cada trecho e, em seguida, foi feito o cálculo do índice geral para a região do Hipercentro de acordo com a Equação 3 (CARDOSO, 2022).

$$I_{cicl,geral} = 0,36$$

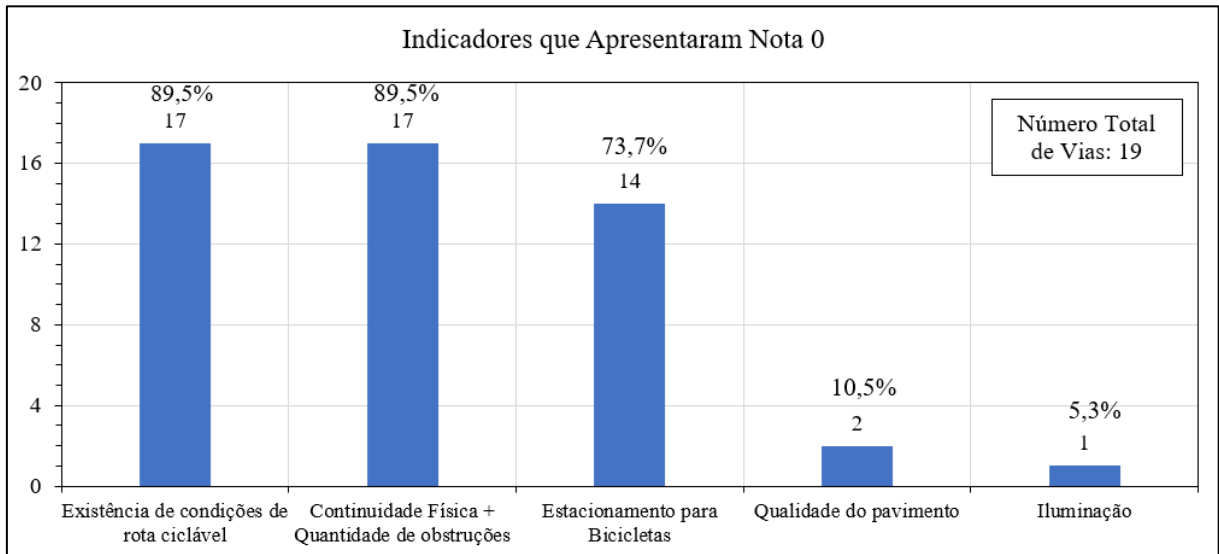
Tabela 5-5 – Resultados da aplicação do índice nos trechos analisados.

Via Analisada	Pesos	1A	1B	1C	2	3A	3B	3C	3D	4A	4B	4C	5A	5B	5C	5D	5E	5F	6A	6B
Existência de Infraestrutura Cicloviária	0,88	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qualidade do pavimento	0,81	0,75	0,75	0,75	0,25	0,25	0,00	0,75	0,50	0,75	0,50	0,75	0,75	0,75	0,50	0,25	0,25	0,00	0,25	0,50
Conectividade dos Trajetos	0,84	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Continuidade Física + Quantidade de obstruções	0,79	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Integração Intermodal	0,74	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Estacionamento para Bicicletas	0,75	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Topografia	0,61	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,25	0,25	0,75	0,75	0,50	0,50	0,50	0,75	0,25	0,50	1,00	1,00	1,00
Sinalização de Trânsito	0,70	0,25	0,25	0,35	0,05	0,60	0,05	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,05	0,15	0,05	0,15	0,25	0,25	0,25	0,15
Segurança pública	0,83	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Drenagem + Precipitação	0,73	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Atratividade Local	0,62	0,80	1,00	0,80	1,00	0,60	0,80	0,80	0,80	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,80	0,40	0,80	1,00	0,80
Iluminação	0,81	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50
Presença de Veículos Pesados	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Segurança nos cruzamentos	0,84	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67
Média Aritmética	0,45	0,53	0,50	0,54	0,45	0,42	0,41	0,43	0,41	0,51	0,48	0,45	0,43	0,44	0,42	0,41	0,38	0,39	0,46	0,46
Média Ponderada	0,36	0,43	0,40	0,44	0,35	0,34	0,33	0,35	0,33	0,41	0,39	0,36	0,35	0,36	0,34	0,33	0,31	0,31	0,36	0,36
Comprimento Total (m)	2800	90	90	90	250	130	140	140	170	290	300	200	130	150	130	90	90	100	150	70

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em concordância com a escala de classificação definida por Bagno (2019), a região do Hipercentro pode ser classificada como “Regular”. Tal atribuição sugere a necessidade de melhorias em diversas esferas do planejamento urbano para incluir o deslocamento por meio de bicicletas em Belo Horizonte. Os atributos que apresentaram notas mínimas, ou seja, valor 0 em algum dos trechos analisados são destacados na Figura 5-20.

Figura 5-20 – Indicadores e frequência de notas mínimas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme apresentado, os dois indicadores que apresentaram maiores frequências de valores mínimos são o “Existência de infraestrutura cicloviária” e o “Continuidade Física + Quantidade de obstruções” com 89,5% das vias analisadas. Ambos os atributos estão associados com a existência de infraestrutura cicloviária para um, deslocamentos por meio de bicicletas e dois, possibilidade de permanecer na rota ciclável durante todo o trajeto. Com o resultado do índice adaptado pôde-se perceber que, apesar da existência de políticas públicas associadas a construção de infraestrutura que para o deslocamento de bicicletas, essas condições não são características das vias de Belo Horizonte.

Além disso, foram notados aspectos tais quais a largura das calçadas que ilustram a possibilidade de implementação do passeio compartilhado. Este é o caso de, por exemplo, o Trecho 1B, localizado na Avenida dos Andradas, em que foi medida a largura do passeio e o

resultado foi de aproximadamente 5,04 m, valor superior ao mínimo de 2,20 m especificado pela CONTRAN.

Ademais, a existência de Estacionamento para Bicicletas surtiu forte impacto no resultado, tendo em vista que grande parte dos trechos não possuem tal recurso. Ressalta-se que a avaliação desse atributo foi realizada de acordo com o critério de um paraciclo ou bicicletário por extensão do trecho. Portanto, é sugerido o planejamento da construção de novos estacionamentos na região do Hipercentro.

Por fim, os atributos “Qualidade do pavimento” e “Iluminação” apresentaram, respectivamente, notas mínimas em 2 trechos e 1 trecho. Como tratativa a essas observações, são sugeridos o asfaltamento das regiões debilitadas e a implementação de pontos de luz, especialmente no Trecho 5F localizado na Rua Espírito Santo.

5.4 Comparação entre os Resultados

Com o objetivo de verificar o desempenho do índice adaptado sob a ótica de ciclistas e especialistas, uma análise comparativa entre os resultados obtidos por Cardoso (2022) e o presente trabalho foi elaborada. Conforme indicado na Tabela 5-6 e na Figura 5-21, todas as vias apresentaram um aumento no resultado individualizado.

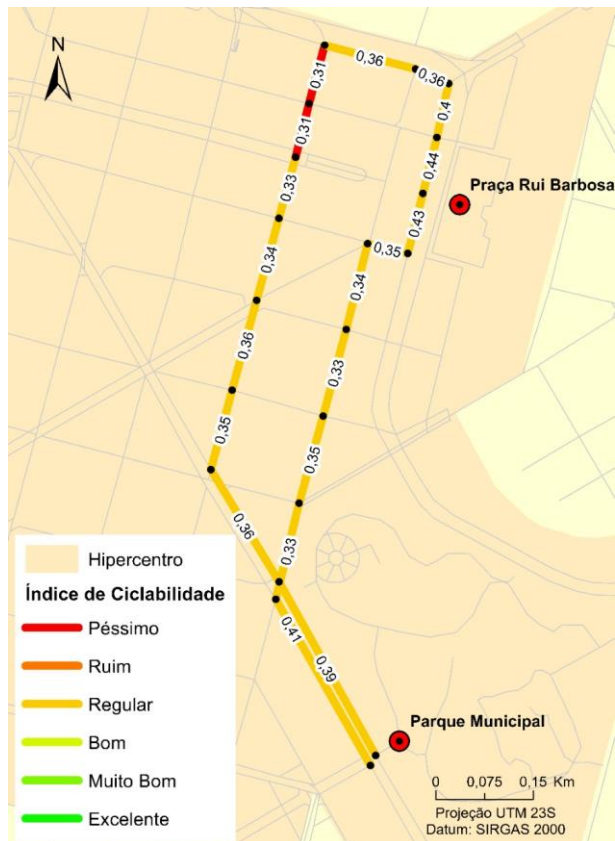
Tabela 5-6 – Análise comparativa entre os resultados obtidos por Cardoso (2022) e o índice adaptado.

Metodologia	Cardoso (2022)	Índice Adaptado	Δ Resultados	Δ %
1A	0,36	0,43	0,08	121,63%
1B	0,26	0,40	0,14	153,20%
1C	0,26	0,44	0,18	169,58%
2	0,28	0,35	0,07	124,82%
3A	0,23	0,34	0,11	149,27%
3B	0,21	0,33	0,11	153,61%
3C	0,28	0,35	0,07	124,33%
3D	0,26	0,33	0,08	129,97%
4A	0,22	0,41	0,19	186,44%
4B	0,25	0,39	0,14	155,36%

Metodologia	Cardoso (2022)	Índice Adaptado	Δ Resultados	Δ %
4C	0,23	0,36	0,13	155,93%
5A	0,21	0,35	0,14	169,43%
5B	0,19	0,36	0,17	192,17%
5C	0,19	0,34	0,15	181,94%
5D	0,29	0,33	0,05	116,38%
5E	0,22	0,31	0,09	138,44%
5F	0,21	0,31	0,09	144,92%
6A	0,25	0,36	0,11	143,99%
6B	0,24	0,36	0,13	153,66%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 5-21 – Classificação metodológica das vias inspecionadas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em especial, os trechos pertencentes a Avenida Afonso Pena e a Rua Espírito Santo apresentaram os maiores incrementos. Dentre os fatores que contribuíram para esse aumento pontua-se a dedicação exclusiva do índice para vias arteriais, o que excluí atributos tais quais a velocidade de tráfego que, na metodologia proposta por Cardoso (2022), foram pontuados com notas baixas.

Além disso, a unificação de indicadores, como o “Drenagem + Precipitação”, também resultaram em um aumento considerável para a nota dos atributos nos trechos. Tal fato está associado a proposição de novos níveis de desempenho para otimizar a avaliação de alguns indicadores. Adicionalmente, a redução no número de atributos que pudessem atribuir baixo valor agregado ao resultado ocasionam em uma melhor classificação para o índice, fato que pode ser observado com os incrementos das vias 4A, 4B e 4C, por exemplo.

Ademais, a interpretação dos autores pode divergir em alguns aspectos, especialmente quando considerado que o intervalo de inspeção de ambas as pesquisas foi de quase 8 meses. Neste período, podem ter ocorrido obras de infraestrutura e, da mesma forma, a danificação de outros aspectos avaliados.

Entretanto, vale-se a ressalva de que alguns indicadores considerados em ambas as metodologias, de Cardoso (2022) e a descrita neste trabalho, apresentaram notas similares. Estes foram os casos, por exemplo, de atributos qualitativos, como o “Conectividade dos Trajetos”, cujas notas dependem de dados que não foram atualizados desde a última aplicação. Sendo assim, as notas permaneceram as mesmas.

6 Conclusão

A elaboração de um índice adaptado a partir das metodologias de avaliação de ciclabilidade propostos por Bagno (2019) e por Cardoso (2022) demonstraram possuir potencial para a análise das condições cicláveis das vias arteriais de Belo Horizonte. Ao final, foram considerados 14 indicadores que estavam inclusos nas pesquisas com os ciclistas e especialistas consultados pelas metodologias, tendo-se observada a facilidade e praticidade de aplicação do índice.

Os critérios de escolha foram a nota de 80% dos respondentes das pesquisas elaboradas por Bagno (2019) e Cardoso (2022), de acordo com uma média aritmética dos atributos, a unificação de critérios que foram considerados correlatos, a ênfase em avaliação de vias arteriais e, por fim, a consideração da opinião grandes nomes da área de planejamento urbano. Assim, foram propostos novos indicadores, como “Drenagem + Precipitação”, “Atratividade Local”, “Existência de Infraestrutura Cicloviária”, “Continuidade Física + Quantidade de Obstruções” e “Sinalização de Trânsito”.

Ademais, foram feitas adaptações nos níveis de desempenho com o objetivo de atender à função do índice adaptado: avaliar as vias arteriais de Belo Horizonte. Esse foi o caso do atributo “Segurança nos Cruzamentos”, que foi convertido em um atributo analisado através do somatório de critérios.

Entretanto, questiona-se sobre a classificação majoritariamente arterial das vias pertencentes a região do Hipercentro de Belo Horizonte na prática. Isso pois, durante a avaliação dos atributos práticos, foi observada a incompatibilidade de deslocamentos dos veículos em relação a regulamentação de 60 km/h.

Além disso, foram avaliadas as considerações finais abordadas por Bagno (2019) e Cardoso (2022). Segundo Almeida (2019), o atributo “Topografia” apresenta divergências de opinião entre os grupos de ciclistas e especialistas em relação ao grupo de não ciclistas. Cardoso (2022) propôs, a partir dessa consideração, a realização de uma pesquisa e de um índice único com a união das opiniões dos três grupos. O índice adaptado, apesar de ter avaliado o critério

“Topografia”, não considerou a opinião deste grupo e, portanto, é reforçada a ideia de proposição de um novo índice sob a ótica de ambos os grupos.

Os demais atributos considerados foram mantidos, em nível de desempenho e método de avaliação, de acordo com o índice elaborado por Bagno (2019) e/ou Cardoso (2022). Esse é o caso dos fatores “Qualidade do Pavimento”, “Conectividade dos Trajetos”, “Integração Intermodal”, “Estacionamento para Bicicletas”, “Segurança Pública”, “Iluminação” e “Presença de Veículos Pesados”.

Como resultados da metodologia empregada para a adaptação do índice para vias arteriais considerando a ótica de ciclistas e especialistas, a região do Hipercentro apresentou uma melhoria considerável segundo a classificação proposta por Bagno (2019), passando de “Ruim” na metodologia de Cardoso (2022) para “Regular” no índice adaptado. A redução de 19 atributos para 14, assim como a alteração em níveis de desempenho e unificação de critérios que reduziam o resultado foram fatores contribuintes para o incremento observado. Entretanto, entende-se que as condições das vias ainda não atendem às expectativas para a atratividade do transporte por bicicletas na cidade de Belo Horizonte.

Foram propostas, portanto, diretrizes para melhorias das vias localizadas na região do Hipercentro com ênfase nas condições de ciclabilidade. Dentre os principais aspectos, observou-se a necessidade de implementação de infraestrutura cicloviária e do planejamento urbano, de forma a estabelecer conectividade entre os trajetos. Outrossim, aspectos como a consideração de novos estacionamentos de bicicletas e a manutenção de pavimentos, calçadas e postes de luz apresentaram ter potencialidade em termos de melhorias das condições de ciclabilidade na região do Hipercentro.

6.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Durante a aplicação do índice adaptado para vias arteriais de Belo Horizonte foram observadas algumas possibilidades de melhorias. Em geral, as sugestões dizem respeito aos três indicadores que compõem o índice:

- Continuidade Física + Quantidade de Obstruções: o fator poderia ser melhorado de forma a propor uma relação entre a dimensão da ciclorota com a obstrução analisada. Isso pois a influência da obstrução existente na via possui uma relação espacial com a sua largura, podendo representar, considerando vias largas, pouca influência, enquanto para vias mais curtas seria um problema maior;
- Atratividade Local: os avaliadores observaram que a existência de árvores ao longo dos trechos dificulta a visualização da sinalização vertical e a passagem de luz, o que contribui para a diminuição das notas dos atributos “Iluminação” e “Sinalização de Trânsito”. Entretanto, o fator “Atratividade Local” considera a arborização de forma positiva, sendo uma contradição observada durante a aplicação do índice adaptado. Em proposta de melhoria, sugere-se a especificação de um novo nível de desempenho para o atributo “Atratividade Local” que avalie se a arborização é capaz de obstruir elementos de sinalização e/ou iluminação;
- Iluminação: os níveis de desempenho do indicador “Iluminação” poderiam ser melhorados de maneira que possua critério específico para a existência de luz na ciclorota. Essa recomendação é feita em função de ter sido notado que apenas existe nível de desempenho para a existência de iluminação na rota ciclável: quando considerada a nota máxima (1,0).

É importante salientar que um aspecto importante para a otimização do planejamento urbano de Belo Horizonte é o sistema de drenagem. No índice adaptado foi considerado o atributo “Drenagem + Precipitação”, com definição dos níveis de desempenho em consonância com a Carta de Inundação da cidade. Entretanto, o ábaco considerado para definir os critérios de avaliação do indicador requer a avaliação da duração média das chuvas no município. Não foram encontrados valores recentes para esse parâmetro, tendo sido utilizado dados de um estudo de caso elaborado por Gemiacki (2009). Portanto, recomenda-se a reavaliação do atributo sob a existência de dados mais recentes e, da mesma forma, a elaboração de um estudo da relação entre drenagem e precipitação na região do Hipercentro de Belo Horizonte.

Referências

- ALMEIDA, L. D. A. P. **Avaliação da Ciclabilidade em Belo Horizonte: Considerações Sobre a Região do Vilarinho**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2019.
- ALMEIDA, L. D. A. P. **Avaliação da Ciclabilidade em Belo Horizonte: considerações sobre o entorno do Terminal Vilarinho**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2019.
- ANDRADE, J. W. C. D. **Desenvolvimento de um Índice para a Avaliação da Ciclabilidade na Cidade de Aracaju**. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão. 2017.
- BAGNO, P. L. **A Ciclabilidade sob a Ótica de Ciclistas: Proposta Metodológica para a Elaboração de um Índice para Belo Horizonte**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2019.
- BH EM CICLO. **Relatório Analítico do Índice de Desenvolvimento da Estrutura Ciclovitária IDECiclo**. Associação dos Ciclistas Urbanos de Belo Horizonte. Belo Horizonte. 2019.
- CARDOSO, I. F. **A Ciclabilidade como Instrumento de Incentivo ao Ciclismo Urbano: Proposição de uma Metodologia Apoiada na Ótica de Especialistas em Mobilidade Urbana**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2022.
- CARDOSO, L. **Transporte Público, Acessibilidade Urbana e Desigualdades Socioespaciais na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2007.
- CASTRO, L. A. B. D. **Índice de Ciclabilidade para a cidade de Juiz de Fora-MG**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2020.
- CÉSAR, Y. B. **Avaliação da Ciclabilidade das Cidades Brasileiras**. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2014.
- COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENS URBANOS (CBTU). **Estação Central: Nos Trilhos da História. Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU)**, 2013. Disponível em: <[https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/sobre-o-metro/estacao-central-](https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/sobre-o-metro/estacao-central)

GEMIACKI, L.; SANTOS, A. F.; MELLO, C. R. D. Pancadas de Chuva em Belo Horizonte em 2009 e Estudo de Um Caso Extremo. **XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Belem, 2010.

IMEA. Gráficos de Emissões Atmosféricas. **Instituto de Energia e Meio Ambiente**, 2017. Disponível em: <<http://emissoes.energiaeambiente.org.br/graficos>>. Acesso em: 14 Agosto 2022.

INSTITUTO JAIME LERNER. **Para Pensar a Cidade: Elementos para o Planejamento Territorial**. Instituto Jaime Lerner. Curitiba. 2021.

JACOBS, J. **Morte e Vida de Grandes Cidades**. 1ª. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes Ltda., v. I, 2014.

JAIME LERNER E ASSOCIADOS. **Avaliação Comparativa das Modalidades de Transporte Urbano**. Instituto Jaime Lerner. Curitiba. 2009.

MONT'ALVAO, A. Transportes e Tempo de Mobilidade Urbana em Belo Horizonte. **Revista de Ciências Sociais**, Abril 2011. p. 127-144.

NETTO, N. A.; RAMOS, H. R. Estudo da Mobilidade Urbana no Contexto Brasileiro. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS**, 3 Março 2017. 59-72.

NICHELE, H. E. Relações entre Ciclismo e a Rede de Saúde e o caso de Curitiba. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, 2021. p. 993-1016.

OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. **Mapa de Motorização Individual no Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2019.

PEZZUTO, C. C.; SANCHES, S. D. P. Identificação dos fatores que influenciam o uso da bicicleta, visando o direcionamento de programas ciclovitários. **Revista dos Transportes Públicos ANTP**, 2003. p. 73-83.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Plano de Reabilitação do Hipercentro de Belo Horizonte**. Prefeitura de Belo Horizonte. Belo Horizonte. 2007.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Sistema de Informações de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (SisMob-BH)**. Prefeitura de Belo Horizonte. Belo Horizonte. 2010.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU-BH). **Prefeitura de Belo Horizonte**, 2020. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/estatisticas-e-indicadores/indice-de-qualidade-de-vida-urbana#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20o%20IQVU,p%C3%BAblicos%20e%20privados%20na%20cidade.>>. Acesso em: 11 Setembro 2022.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Balanco Anual da Mobilidade Urbana de Belo Horizonte**. Prefeitura de Belo Horizonte. Belo Horizonte. 2022.

PREFEITURA DE CURITIBA. **Plano de Estrutura Cicloviária**. Prefeitura de Curitiba. Curitiba. 2021.

SECRETARIA NACIONAL DE TRANSPORTE E DA MOBILIDADE URBANA. **Coleção Bicicleta Brasil: Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta**. Ministério das Cidades. Brasília. 2007.

SILVEIRA, M. O. D.; MAIA, M. L. A. Variáveis que Influenciam no Uso da Bicicleta e as Crenças da Teoria do Comportamento Planejado. **Transportes**, 2014. p. 24-36.

VALENZUELA, A. L. E. M. **Análise de Qualidade das Ciclovias e sua Relação no Uso de Bicicleta em Florianópolis**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2022.

VIOLA, P. D. D.; CARDOSO, L. Análise das Políticas Públicas de Incentivo aos Meio de Transporte Não Motorizados em Belo Horizonte: Reflexões sobre a Rede Cicloviária da Região da Pampulha. **7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**, Maceió, 2016.

WAHLGREN, L.; SCHANTZ, P. Exploring bikeability in a metropolitan setting: simulating and hindering factors in commuting route environments. **BMC Public Health**, 2012.