

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

CURSO DE MESTRADO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES

**ÍNDICE DE MICROACESSIBILIDADE EM
INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS: O CASO DO
HIPERCENTRO DE BELO HORIZONTE/MG**

Daniel Freitas Caputo Oliveira

Belo Horizonte

2022

Daniel Freitas Caputo Oliveira

**ÍNDICE DE MICROACESSIBILIDADE EM
INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS: O CASO DO
HIPERCENTRO DE BELO HORIZONTE/MG**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Geotecnia e Transportes.

Área de concentração: Transportes

Orientadora: Daniela Antunes Lessa

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2022

O48i Oliveira, Daniel Freitas Caputo.
Índice de microacessibilidade em interseções semaforizadas
[recurso eletrônico] : o caso do Hipercentro de Belo Horizonte / Daniel
Freitas Caputo Oliveira. – 2022.
1 recurso online (156. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Daniela Antunes Lessa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais,
Escola de Engenharia.

Anexos e apêndices: f. 128-156.

Bibliografia: f. 110-127.
Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Transportes - Teses. 2. Pedestres - Teses. 3. Semáforo - Teses.
4. Centros urbanos - Teses. 5. Acessibilidade - Teses. 6. Belo Horizonte
(MG) - Teses. I. Lessa, Daniela Antunes. II. Universidade Federal de
Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 656(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
COLEGIADO DO CURSO DE MESTRADO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES

FOLHA DE APROVAÇÃO

ÍNDICE DE MICROACESSIBILIDADE EM INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS: O CASO DO HIPERCENTRO DE BELO HORIZONTE/MG

DANIEL FREITAS CAPUTO OLIVEIRA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOTECNIA E TRANSPORTES, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOTECNIA E TRANSPORTES, área de concentração TRANSPORTES. Aprovada em 26 de agosto de 2022, pela banca constituída pelos membros:

Prof.^a. Daniela Antunes Lessa - Orientadora (UFOP)
Prof.^a. Lílian dos Santos Fontes Pereira Bracarense (UFT)
Marcos Fontoura de Oliveira (BHTRANS PBH)
Prof. Carlos Fernando Ferreira Lobo (UFMG)

Belo Horizonte, 26 de agosto de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Fernando Ferreira Lobo, Diretor(a) de unidade**, em 29/08/2022, às 09:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lílian dos Santos Fontes Pereira Bracarense, Usuário Externo**, em 29/08/2022, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniela Antunes Lessa, Usuário Externo**, em 29/08/2022, às 10:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Fontoura de Oliveira, Usuário Externo**, em 01/09/2022, às 07:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1713789** e o código CRC **842EF57E**.

Dedico meu trabalho à Diana e ao Arthur.

AGRADECIMENTOS

O momento de produção desta dissertação coincidiu com o nascimento do meu filho. Foi um momento desafiador, tendo de iniciar uma nova fase da minha vida como pai e ao mesmo tempo finalizando este trabalho tão importante para mim. Por isso eu gostaria de agradecer especialmente à minha esposa, Diana, pelo amor que você sempre me deu e pela paciência e companheirismo neste momento e ao meu filho, Arthur por iluminar minha vida nos momentos mais difíceis, e à toda a minha família, por sempre me apoiar, vocês me deram a sustentação para continuar.

Agradeço também especialmente à minha orientadora, professora Daniela, por todo o conhecimento passado e pela dedicação. Meus agradecimentos aos professores da UFMG, Leandro, Elievam e Leise pela gentileza e disponibilidade em ajudar. Aos meus chefes no DER, Anderson, Cristiano e Beatriz e demais colegas de trabalho, que me apoiaram e compreenderam neste período; ao professor Agmar Bento, do CEFET, por me ajudar com o projeto de pesquisa, ao Dr. Marcos Fontoura e ao Prof. Carlos Lobo pela contribuição no trabalho, aos colegas e amigos que fiz, que caminharam ao meu lado durante este tempo, aos funcionários da BHTRANS por me receber e ajudar a obter os dados usados no trabalho. Enfim, a todos que contribuíram e me apoiaram de alguma forma neste período, muito obrigado.

RESUMO

OLIVEIRA, Daniel Freitas Caputo. **Índice de microacessibilidade em interseções semaforizadas: o caso do Hipercentro de Belo Horizonte/MG156f**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

Com o surgimento e popularização dos veículos automotores no início do Século XX, muitas cidades passaram a sofrer degradações e quedas de qualidade de vida em seus ambientes, devido à alta circulação de carros. Os locais onde se prioriza a circulação quase exclusiva de automóveis, se tornam, na maioria das vezes, lugares vazios, com pouca atividade social ou comercial. Por esse motivo, é essencial que a circulação de pedestres e ciclistas seja incentivada, para que as cidades possam ser mais sustentáveis e democráticas. As condições de acessibilidade urbana estão intrinsecamente relacionadas à segurança no local. Os pedestres são usuários vulneráveis no trânsito. Sendo assim, para se ter cidades mais acessíveis, a sua segurança deve ser levada em consideração. Porém, é comum o descaso das autoridades públicas quando se trata do desenvolvimento de áreas seguras para os pedestres nos centros urbanos, assim como pouca atenção ao tema na literatura. As interseções são locais perigosos para os pedestres, sendo locais onde os usuários são mais expostos a situações de riscos e há dificuldades para a organização do tráfego. Dessa forma, esta dissertação propõe o desenvolvimento de um índice de microacessibilidade pelo ponto de vista da segurança de pedestres em interseções inseridas em espaços urbanos, que possa avaliar de forma objetiva os riscos para os pedestres e retornar uma pontuação que exponha o nível de segurança, revelando os problemas de tais locais. Indicadores com relevância ao tema foram identificados e selecionados para fazer parte do índice e suas avaliações foram estabelecidas. O índice, que foi chamado de IMS, foi aplicado no Hipercentro de Belo Horizonte. Foi realizada a validação do IMS, através de testes estatísticos que possam estabelecer relação dos resultados da sua aplicação com estatísticas de sinistro nas áreas de cada interseção semaforizadas. A validação obteve valores com boa relevância da relação entre as duas variáveis.

Palavras-chave: microacessibilidade; pedestres; segurança; interseções semaforizadas; centros urbanos; índice; Belo Horizonte, Hipercentro.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Daniel Freitas Caputo. Índice de microacessibilidade em interseções semaforizadas: o caso do Hipercentro de Belo Horizonte/MG. 156f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

With the emergence and popularization of motor vehicles at the beginning of the 20th century, many cities began to suffer degradations and drops in the quality of life in their environments, due to the high circulation of cars. The neighborhoods where the almost exclusive circulation of automobiles is prioritized, become, in most cases, empty places, with little social or commercial activity. For this reason, it is essential that the circulation of pedestrians and cyclists is encouraged, so that cities can be more sustainable and democratic. Urban accessibility conditions are intrinsically related to local safety. Pedestrians are vulnerable road users. Therefore, in order to have more accessible cities, their safety must be taken into account. However, it is common for public authorities to neglect the development of safe areas for pedestrians in urban centers, as well as little attention to the topic in the literature. Intersections are dangerous places for pedestrians, as they are places where road users are more exposed to risky situations and there are difficulties for traffic organization. Thus, this dissertation proposes the development of an accessibility index with the point of view of pedestrian safety at intersections located in urban spaces, that can objectively assess the risks for pedestrians and return a score that exposes the level of safety, revealing the problems of such places. Indicators relevant to the topic were identified and selected to be part of the index and their ways of assessments were determined. The index, which was called IMS, was applied in the City Center of Belo Horizonte. The validation of the IMS was carried out, through statistical tests that could establish a relationship between the results of its application and accident statistics in the areas of each trafficked intersection. The validation obtained values with good relevance of the relationship between the two variables.

Keywords: microaccessibility; pedestrians; safety; signalized intersections; urban centers; index; Belo Horizonte.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Faixa de pedestre de alta visibilidade	55
Figura 3.2: <i>Danish offset</i>	55
Figura 3.3: Refúgio em canteiro central	55
Figura 3.4: Canalização de pedestres	56
Figura 3.5: Fatalidades de pedestres em função da velocidade	57
Figura 3.6: Curvas de probabilidade de gravidade em sinistros para velocidade de impacto	58
Figura 3.7: Interseção Avenida Bias Fortes / Rua dos Timbiras / Rua Curitiba (Centro de Belo Horizonte).....	62
Figura 4.1: Fluxograma	70
Figura 4.2: Mapa: Hipercentro	74
Figura 4.3: Intervenções de vias preferenciais para pedestres segundo o Plano de Reabilitação do Hipercentro de Belo Horizonte.....	75
Figura 4.4: Classificação de nível de intervenção em via de Belo	77
Figura 4.5: Mapa de calor – sinistros totais no Hipercentro.....	81
Figura 4.6: Mapa de calor – sinistros com pedestres no Hipercentro	81
Figura 5.1: Possibilidades de combinações em semáforos.....	86
Figura 5.2: Exemplos de possibilidades de movimentos nas interseções.....	88
Figura 6.1: Áreas homogêneas do Hipercentro	91
Figura 6.2: Distribuição dos conceitos do IMS no Hipercentro	92
Figura 6.3: Resultados dos índices nas interseções em mapa	94
Figura 6.4: Gráfico de validação do IMS em regressão linear por áreas homogêneas.....	99
Figura 6.5: Gráfico de validação do IMS em regressão linear por interseções	100
Figura 6.6: Gráfico de validação do IMS em regressão linear por interseções (corrigido)....	101
Figura 6.7: Resíduos padronizados da GWR por áreas homogêneas	102
Figura 6.8: Resíduos padronizados da GWR por interseções semaforizadas.....	103

Figura 6.9: R^2 locais da GWR por áreas homogêneas.....	104
Figura 6.10: R^2 locais da GWR por interseções semaforizadas	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Práticas do TND	28
Tabela 3.1: Intervenções para a redução dos sinistros que envolvem pedestres	47
Tabela 3.2: Indicadores ODS relativos à mobilidade urbana	51
Tabela 4.1: Indicadores presentes nos trabalhos revisados	72
Tabela 4.2: Contagem de sinistros no Hipercentro (2014-2020).....	80
Tabela 5.1: Pontuação do Indicador 1	84
Tabela 5.2: Pontuação do Indicador 2	85
Tabela 5.3: Pontuação do Indicador 3	87
Tabela 5.4: Pontuação do Indicador 4	87
Tabela 5.5: Pontuação do Indicador 6	88
Tabela 5.6: Pontuação do Indicador 6	88
Tabela 5.7: Conceituação do IMS	89
Tabela 6.1: Resumo de relação de viagens diárias com destino às áreas homogêneas do Hipercentro	91
Tabela 6.2: Resultados das avaliações do IMS por áreas homogêneas.....	92
Tabela 6.3: Médias das notas das avaliações dos indicadores nas interseções do Hipercentro	93
Tabela 6.4: Resumo das análises de regressão linear dos indicadores individualmente	97
Tabela 6.5: Valores para a validação em áreas homogêneas.....	98

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*

BHTRANS – Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S.A.

BRT – Bus Rapid Transit

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

GDCI – Global Designing Cities Initiative

GIS – Geographical Information System

HSM – Highway Safety Manual

GWR - Geographically Weighted Regression

iCam – Índice de Caminhabilidade

IMS – Índice de Microacessibilidade por Segurança de Pedestres

ITDP – Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento

LBI – Lei Brasileira de Inclusão

MMS – Mobile Mapping System

NACTO – National Association of City Transportation Officials

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OMS – Organização Mundial de Saúde

PCA – Pedestrian Catchment Area

PCSR – Pedestrian Crosswalk Safety Rating

Ped ISI – Pedestrian Intersection Safety Indices

PSI – Pedestrian Safety Index

SCI – Safety Conflict Index

SWAT – Scottish Walkability Assessment Tool

TND – Traditional Neighborhood Design

TOD – Transit Oriented Development

‘

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO E CONTRIBUIÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA E SOCIAL DO ESTUDO.....	18
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO	21
1.3	QUESTÕES NORTEADORAS E IPÓTESE DO TRABALHO	22
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	22
2	MOBILIDADE ATIVA E ACESSIBILIDADE	24
2.1	OS PEDESTRES E O ESPAÇO E O ESPAÇO URBANO.....	24
2.2	ACESSIBILIDADE: PRINCIPAIS CONCEITOS E DESENHO UNIVERSAL	34
2.3	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE ACESSIBILIDADE EM TRAVESSIAS DE PEDESTRES	40
3	A SEGURANÇA DOS PEDESTRES NAS VIAS URBANAS	43
3.1	SEGURANÇA DE PEDESTRES RELACIONADA ÀS CARACTERÍSTICAS DE TRÁFEGO E INFRAESTRUTURA VIÁRIA 52	
3.2	SEGURANÇA DE PEDESTRES E CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE URBANO	59
3.3	SEGURANÇA DE PEDESTRES EM INTERSEÇÕES.....	60
3.4	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DE PEDESTRES NA LITERATURA	64

4	METODOLOGIA: DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE MICROACESSIBILIDADE POR SEGURANÇA DE PEDESTRES (IMS)	69
4.1	REVISÃO DA LITERATURA.....	71
4.2	DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: HIPERCENTRO DE BELO HORIZONTE.....	74
4.3	OBTENÇÃO DE DADOS NECESSÁRIOS PARA O TRABALHO.....	78
4.3.1	<i>Obtenção de dados dos indicadores</i>	78
4.3.2	<i>Obtenção de dados usados para a validação do IMS</i>	79
5	CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE	83
5.1	DESCRIÇÃO DOS INDICADORES.....	83
5.1.1	<i>Indicador 1 (i1) – Velocidade de travessia dos semáforos de pedestres</i>	83
5.1.2	<i>Indicador 2 (i2) – Configuração das interseções para pedestres</i>	84
5.1.3	<i>Indicador 3 (i3) – Continuidade de travessia nas interseções</i>	85
5.1.4	<i>Indicador 4 (i4) – Presença de sinais sonoros para pedestres com deficiência visual</i>	87
5.1.5	<i>Indicador 5 (i5) – Número de possibilidades de movimentos</i>	87
5.1.6	<i>Indicador 6 (i6) – Número de faixas para circulação de veículos perpendiculares às travessias</i> 88	
5.2	EQUAÇÃO E CONCEITO DO IMS.....	89
6	APLICAÇÃO DO ÍNDICE NO HIPERCENTRO DE BELO HORIZONTE E RESULTADOS	90
6.1	RESULTADOS DO IMS POR INTERSEÇÕES E POR ÁREAS HOMOGÊNEAS.....	91
6.2	VALIDAÇÃO DO IMS.....	95
6.2.1	<i>Resultados da validação dos indicadores</i>	97
6.2.2	<i>Resultado da validação do IMS em regressão linear sob o ponto de vista das áreas homogêneas</i>	98
6.2.3	<i>Resultado da validação do índice sob o ponto de vista das áreas homogêneas</i>	98
6.2.4	<i>Resultado das análises em GWR</i>	101
6.3	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	105

7 CONCLUSÃO	107
7.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	109
REFERÊNCIAS	110
ANEXO A – EXEMPLO DE PLANILHA DE PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA DA BHTRANS (PRAÇA SETE)	128
APÊNDICE A – INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS DO HIPERCENTRO	129
APÊNDICE B – VELOCIDADES DE TRAVESSIA CRÍTICAS NAS INTERSEÇÕES SEMAFIORIZADAS DO HIPERCENTRO	130
APÊNDICE C – RESULTADOS DO ÍNDICE COM DETALHES DOS INDICADORES	133
APÊNDICE D – RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES POR INTERSEÇÕES	144
APÊNDICE E – GRÁFICOS DE VALIDAÇÃO DOS INDICADORES EM REGRESSÃO LINEAR	147
APÊNDICE F – PROCESSO DE CORREÇÃO DA VALIDAÇÃO DO ÍNDICE EM REGRESSÃO LINEAR	153

1 INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX, muitas cidades sofrem com os efeitos adversos causados pelo transporte rodoviário. Dentre eles, incluem-se danos ambientais, sinistros e congestionamentos (Santos *et al.*, 2010). Políticas eficientes de planejamento urbano, integrando ações de mobilidade voltadas aos pedestres, se apresentam como alternativa para mitigar alguns desses problemas, de forma a diminuir, por exemplo, os congestionamentos e as emissões dos poluentes, além de trazer espaços urbanos mais organizados e saudáveis (Cheshmehzangi e Thomas, 2016). Além desses evidentes benefícios relacionados ao incentivo ao deslocamento de pedestres, também existem benefícios sociais que se derivam das qualidades apresentadas por a esse tipo de mobilidade para o espaço público, que são: amplitude de experiência, expressão de identidade, capacidade de pausa e criatividade colaborativa. Nesse sentido, os pedestres contribuem para a cultura das cidades através das habilidades de experimentar, se expressar, parar e colaborar (Demerath e Levinger, 2003).

Sendo assim, é essencial a garantia do direito à cidade e à livre circulação no espaço urbano, fundamentado nos incisos XV e XVI no Art. 5º da Constituição Federal (Brasil, 1988), que definem que:

XV - é livre a locomoção no território nacional em tempo de paz, podendo qualquer pessoa, nos termos da lei, nele entrar, permanecer ou dele sair com seus bens;

XVI - todos podem reunir-se pacificamente, sem armas, em locais abertos ao público, independentemente de autorização, desde que não frustrem outra reunião anteriormente convocada para o mesmo local, sendo apenas exigido prévio aviso à autoridade competente (Brasil, 1988, p. 13-14).

Esse direito é também garantido no Estatuto das Cidades (Brasil, 2001), que define como um dever do poder público, através da Política Urbana a garantia do acesso à cidade e ao transporte urbano de maneira equitativa por toda a população, conforme redação:

Art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

II – gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;

(...)

IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;

V – oferta de equipamentos urbanos e comunitários, transporte e serviços públicos adequados aos interesses e necessidades da população e às características locais (Brasil, 2001, p. 15).

Apesar do direito à cidade garantido em lei, a qualidade do ambiente de grande parte das cidades para os pedestres decaiu consideravelmente, sofrendo degradações resultantes do avanço da utilização e incentivo aos modos individuais motorizados (Southworth, 2005). A exigência do tráfego rápido, resultante desse avanço, impôs barreiras aos pedestres e criou vias contínuas sem segmentações, que são prejudiciais para a mobilidade ativa (deslocamento feito por meios não motorizados). Em diversos casos, as pessoas são impossibilitadas de se locomover a pé livremente e de forma segura pelas cidades, com ruas vazias e com carência de calçadas e infraestrutura para atender aos pedestres (Gehl, 2010). Com a experiência dos pedestres deixada em segundo plano, as ruas perdem seu intimismo e transparência, se tornando apenas uma via de serviço sem vida pública (Forsyth e Southworth, 2008). Nos anos 1960, Jacobs (2011) já alertava que o crescimento da popularidade dos automóveis e as práticas modernas de planejamento urbano, que estimulam usos separados das regiões das cidades, trazem malefícios ao cotidiano urbano e produzem cidades vazias e sem atividades, prejudicando a qualidade de vida nesses ambientes.

Apenas entre os anos 80 e 90, com os preceitos de planejamento pós-moderno, quando se passa a entender de maneira mais ampla os problemas apontados por Jacobs e que os pedestres passaram a receber alguma atenção nos processos de planejamento urbano, mesmo que ainda em menor escala que os automóveis (Lo, 2009). Com uma nova visão da atualidade da relação entre pedestre e espaço urbano e como uma reação ao domínio dos carros, surge o conceito de caminhabilidade (Ng *et al.*, 2012), que pode ser definido como um meio de tornar o ambiente urbano mais acessível com áreas mais compactas, seguras, trafegáveis e atraentes para quem se

desloca a pé (Forsyth, 2015). Porém, esse conceito ainda aparenta ser desconsiderado ou desconhecido por diversos representantes políticos e técnicos da área (Elvik, 2000; Cambra *et al.*, 2019).

Quando se trata de pedestres, há uma grande ligação com a definição de acessibilidade, sendo esta, presente em métodos de medição de caminhabilidade, como no trabalho de Carvalho (2018). Visto que os deslocamentos dos pedestres começam nas regiões de suas moradias, passa-se a ser atribuída grande importância aos centros dos bairros, pela razão de a acessibilidade não ser medida apenas de maneira pontual (i.e., rampas de acesso a um edifício), mas sim deve ser garantida a acessibilidade durante todo o percurso para a chegada de um destino, sendo adequado tanto para as pessoas com plenas condições físicas, quanto para aquelas com mobilidade reduzida (Ribeiro e Ribeiro, 2019).

De maneira similar a vários outros centros urbanos no Brasil, verifica-se que Belo Horizonte e os municípios de sua região metropolitana são providos, de modo geral, de maneira precária de boas condições de acessibilidade e mobilidade espaciais, resultado da inabilidade das ações do poder público do município e do estado e dos círculos viciosos que perpassam os processos de inclusão social e desenvolvimento econômico e social (Lobo *et al.*, 2013). Uma definição da ABNT NBR 9050 (2015) traz o conceito de acessibilidade como:

(...) possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privado de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida (ABNT, 2020, p. 2).

Como explicado na definição, a segurança está intrinsecamente relacionada à acessibilidade urbana, o que a torna um fator determinante nesta discussão. Ao se atentar à segurança viária, considera-se o ambiente urbano e as suas influências nas ações dos usuários no trânsito, podendo estas induzir atitudes mais seguras ou de maior risco. O sistema de transporte em uma área urbana ou rural deve ser planejado em consonância com as diretrizes e características do local, de forma a evitar conflitos entre os diferentes componentes desse sistema que interferem, dentre vários outros aspectos, na segurança de quem por ele trafega (Ferraz *et al.*, 2012).

As velocidades dos veículos, desenvolvidas nesses locais, por exemplo, têm uma grande influência na segurança da circulação dos usuários: motoristas, ciclistas e pedestres. No que tange aos pedestres, a taxa de sinistros fatais envolvendo-os aumenta consideravelmente quando se há uma maior velocidade de operação dos veículos em uma via, de forma que, a partir de 30 km/h, qualquer acréscimo na velocidade tem seu efeito muito ampliado sobre a letalidade da colisão. Velocidades elevadas causam um terço dos óbitos por sinistros em cidades no mundo e a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda a redução dos limites de velocidade em áreas urbanas para até 50 km/h (ITDP, 2019).

A observação das condições de acessibilidade e mobilidade urbanas é uma ferramenta útil e eficiente para se compreender o planejamento e gestão dos espaços das cidades e permite que se entenda a estrutura espacial das atividades econômicas e dos padrões espaciais dispostos por estes fatores. Essas informações podem ser usadas como apoio a ações do poder público, auxiliando também a encorajar políticas de melhoria efetiva na acessibilidade e mobilidade urbana, assim como a diminuição das desigualdades espaciais ligadas ao acesso de bens coletivos locais, melhorando o aproveitamento do uso do espaço urbano, visando sua função social (Lessa, 2019).

1.1 Justificativa do trabalho e contribuição técnico-científica e social do estudo

O Visão Zero, concebido na Suécia em 1997, visa erradicar completamente as mortes e lesões graves em sinistros de trânsito, sendo essas consideradas inadmissíveis (São Paulo, 2021). Este projeto trabalha com o princípio de que a vida humana deve ser o principal foco nas decisões tomadas no planejamento viário e de trânsito, e deve ser priorizada acima de outros valores, como mobilidade e velocidade nas vias (São Paulo, 2021). Os conceitos do Visão Zero baseiam-se na premissa que os erros humanos são inevitáveis e que a maior parte dos problemas de insegurança viária devem-se, majoritariamente, a problemas do desenho do sistema viário e de transporte, de forma que a previsão das falhas humanas deve ser considerada na concepção das infraestruturas viárias, podendo ter as suas consequências amenizadas (Vision Zero Network, 2021).

Segundo a OMS (2018), estima-se que 1,35 milhões de pessoas morrem anualmente devido aos sinistros de trânsito no mundo, número ainda crescente, porém a relação entre mortalidade e população se mantém constante. Além das vidas perdidas, o ônus social e econômico causado à sociedade pelos sinistros de trânsito é vasto, impactando diretamente a economia do país. São

gerados custos de tratamento médico, além da incapacitação de um indivíduo que anteriormente contribuiu com força de trabalho (Tischer, 2019).

Segundo Belo Horizonte (2020), no ano de 2020, 153 óbitos decorrentes de sinistros de trânsito ocorreram no município. Esse número representa uma taxa de 6,07 mortos para cada 100 mil habitantes. Os atropelamentos foram mais decorrentes dentre os idosos e os sinistros com motos, os que mais acometeram os jovens. Durante o intervalo entre 2011 e 2020, identificou-se que os pedestres foram as principais vítimas no trânsito, representando 41,9% dos mortos em sinistros. A segunda posição foi ocupada pelos motociclistas e passageiros de motocicletas, sendo 37,5%, seguidos pelos ocupantes de automóveis e ciclistas, com 14,3% e 2,3% dos óbitos, respectivamente (Belo Horizonte, 2020).

Nos países em desenvolvimento, grupo ao qual o Brasil faz parte, ocorre um rápido avanço do número de veículos, o que aumenta a probabilidade de atropelamentos. Outro agravador é o fato de ser habitual motocicletas, bicicletas e pedestres trafegarem no mesmo ambiente dos veículos maiores, então, soluções de segurança viária que devem ser aplicadas em países em desenvolvimento podem não ter o mesmo efeito em países desenvolvidos (Ghandi e Trivedi, 2007).

Observando os números apresentados, pode-se dizer que os pedestres são os usuários das vias mais vulneráveis no trânsito e, por essa razão, a proteção da mobilidade ativa se tornou um interesse da comunidade acadêmica e da sociedade em geral (Ni *et al.*, 2016). Nos países em desenvolvimento, grupo ao qual o Brasil faz parte, o problema da segurança dos pedestres é ainda pior (Kadali e Vedagiri, 2016).

As interseções são identificadas como os locais mais perigosos da malha viária, em especial para pedestres (Mukherjee e Mitra, 2019). Usualmente, existem vários fatores principais que influenciam as ocorrências de sinistros em cruzamentos, dentre elas, características do tráfego, medidas de controle de tráfego, desenho geométrico e comportamento dos motoristas (Tay e Rifaat, 2010).

Os projetos viários normalmente são concebidos com foco em variáveis macroscópicas abstratas como volume de tráfego, capacidade da via, demanda, fluxo, origem/destino, sem foco nos deslocamentos curtos, e nas condições de acessibilidade, que beneficiam quem se desloca

a pé ou de bicicleta, o que traz sérias consequências para o espaço urbano e para os pedestres (Southworth, 2005).

Pensando em um tráfego direcionado aos veículos, as qualidades que beneficiam os pedestres são raramente lembradas, pois pouco se pensa na qualidade dos ambientes e os pedestres muitas vezes são descartados, visto que grande parte dos projetistas acreditam que atrapalham o fluxo de veículos ao necessitarem de travessias e ambientes seguros, especialmente em nível. (Methorst, 2006).

De acordo com Kitazawa e Batty, (2004), poucas pesquisas direcionadas ao comportamento de pedestres têm sido desenvolvidas e nas pesquisas existentes, os métodos utilizados nos processos de planejamento em campo são constantemente inadequados e insuficientes para prever esses fenômenos.

Um dos requisitos para a devida compreensão da relação pedestre-ambiente é o fornecimento de literatura com ferramentas consistentes para estimar o impacto dos planejamentos no comportamento das pessoas. A priorização dos veículos motorizados da parte dos responsáveis pelas vias acarreta problemas como congestionamentos e poluição. Ademais, o incentivo a caminhar se relaciona com qualidade de vida e saúde da população. Para se alcançar boas condições de caminhabilidade, as vias devem atingir quatro condições básicas: segurança, atratividade, funcionalidade e conveniência (Turón *et al.*, 2017).

Em razão disso, a aplicação de políticas públicas que garantam a efetiva acessibilidade nos sistemas viários, em conformidade com a segurança viária dos pedestres passa a ser essencial no planejamento urbano. Também é necessário o desenvolvimento de estudos que possam auxiliar e reforçar essas políticas, facilitando as análises e avaliações do espaço urbano para os agentes públicos (Zegeer, 2002).

Nesse contexto, e tendo em vista a situação de risco de sinistros gerada aos pedestres em interseções, e considerando a segurança como parte inerente da acessibilidade, justifica-se o desenvolvimento de um estudo direcionado à análise da acessibilidade, com foco na segurança de pedestres para as interseções das centralidades de Belo Horizonte, tendo em vista a grande quantidade de pedestres e veículos que circulam nesses locais, a complexidade das suas interseções e a pouca atenção dada aos pedestres pelas partes que tomam as decisões de transportes.

Também se considera na decisão da área de estudo a disponibilidade de diversos dados disponibilizados on-line pela Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) e pela BHTRANS, e da sua facilidade de acesso, permitindo obtenção de dados de características viárias das centralidades, bem como dados de sinistros. Além disso, o município de Belo Horizonte apresenta uma carência de índices que abordem a acessibilidade pela ótica dos pedestres.

Este trabalho busca proporcionar uma contribuição técnica e científica para os estudos em transportes, em especial para as áreas de acessibilidade e mobilidade ativa e de segurança viária, de modo que possa ampliar as discussões nos assuntos e, proporcionar aos técnicos e agentes públicos, principalmente aqueles em Belo Horizonte ou Região Metropolitana, uma ferramenta que possam usar para avaliar a acessibilidade e segurança de pedestres em interseções semaforizadas, com destaque nos Sistema Local de Monitoramento de Indicadores da ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) de Belo Horizonte. Também se considera a contribuição social do trabalho, ao passo a acessibilidade e a segurança no trânsito, aqui abordadas dizem respeito a uma mobilidade mais amigável para pedestres, sendo dessa forma mais inclusiva e com benefícios para o espaço urbano e a sociedade.

1.2 Objetivos do trabalho

A microacessibilidade é definida pela facilidade do pedestre de se deslocar, pelos diversos elementos e características do sistema viário. O objetivo desta dissertação é propor um índice para medir as condições de microacessibilidade em interseções urbanas semaforizadas, que seja replicável em qualquer ambiente onde se pretende estudar e possibilitar a sua inclusão em variadas ferramentas de monitoramento de indicadores urbanos usadas por órgãos públicos e prefeituras em seus centros urbanos. O índice aqui desenvolvido recebe o nome de IMS (Índice de Microacessibilidade por Segurança de Pedestres).

Os objetivos específicos desta dissertação são:

- Identificar os indicadores ligados ao ambiente urbano mais recorrentes para a determinação da acessibilidade, pela ótica da segurança viária dos pedestres;
- Analisar o desempenho das interseções através de análise de dados e estudos estatísticos usando dados de operação viária, sinalização, infraestrutura e ambiente urbano;
- Verificar os dados de estatística de sinistros envolvendo pedestres em interseções selecionadas;

- Aplicação do índice em interseções de vias contidas no Hipercentro de Belo Horizonte, na qual se realizou a sua validação.
- Contribuir para o desenvolvimento de outros índices e medidas que ajudem no diagnóstico da realidade das vias e condições de pedestres.

1.3 Questões norteadoras e hipótese do trabalho

A grande questão deste trabalho está relacionada à análise da reflexão envolvendo as vias urbanas e a promoção adequada da acessibilidade e da mobilidade segura de pedestres. Apenas a contagem e análise estatística de sinistros não traz resultados confiáveis e suficientes para fins de avaliação e comparação de segurança de pedestres (Santos e Carvalheira, 2019). Trabalha-se aqui com a discussão se determinados indicadores relacionados à espacialidade e às características das vias, interseções e semáforos podem influir na acessibilidade dos pedestres.

Dessa forma, esse trabalho propõe o desenvolvimento de um índice de microacessibilidade urbana em interseções semaforizadas, com análise voltada à segurança de pedestres. Nesta dissertação, trabalha-se com a hipótese de que a microacessibilidade é diferenciada localmente, e que cada interseção, dependendo de suas configurações e características podem apresentar diversas condições de microacessibilidade.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação se estrutura em sete capítulos. O presente capítulo de introdução apresenta a contextualização dos assuntos dos problemas relevantes ao tema, que dispõem as importâncias de estudos sobre acessibilidades e segurança de pedestres nas áreas urbanas, e como o seu desenvolvimento pode contribuir para cidades mais equitativas, além de apresentar justificativa, objetivos e hipótese do trabalho.

O segundo capítulo apresenta conceitos relativos à mobilidade ativa, dando ênfase aos pedestres e às suas relações com o espaço e planejamento urbano e às controvérsias da priorização do automóvel nesses meios. Aqui também são apresentados conceitos de acessibilidade e desenho universal, finalizando com uma seleção de indicadores de acessibilidade desenvolvidos pelo mundo.

O terceiro capítulo contém uma descrição da situação dos pedestres sob o ponto de vista da sua segurança viária. São descritas as vulnerabilidades dos pedestres no trânsito, bem como as

intervenções mais usuais para melhorar a segurança desses usuários e características das vias que mais influenciam para na incidência de sinistros com pedestres.

O quarto capítulo descreve as etapas metodológicas realizadas para a concepção do Índice de Microacessibilidade por Segurança de Pedestres (IMS), apresentando as etapas aplicadas e explicando-as. O quinto capítulo é uma continuação do capítulo anterior e apresenta e detalha os indicadores que fazem parte do índice.

O sexto capítulo descreve as aplicações do IMS na área de estudo (Hipercentro de Belo Horizonte) e os processos de validação estatística do índice.

O sétimo capítulo traz a conclusão da dissertação e apresenta sugestões para trabalhos futuros.

2 MOBILIDADE ATIVA E ACESSIBILIDADE

2.1 Os pedestres e o espaço e o espaço urbano

Harvey (1972 *apud* Lessa 2019) define cidade como forma de organização do espaço pelo homem, sendo a expressão concreta de processos sociais, na forma de um ambiente físico construído sobre o espaço geográfico. Segundo Côrrea (1995), o espaço urbano é fragmentado e articulado, reflexo e condicionante social, um conjunto de símbolos e campo de lutas. É a materialização em formas espaciais da própria sociedade. Para a discussão a respeito do espaço urbano, Santos (2006) ainda introduz a seguinte definição:

O espaço é formado por um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, entre sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como o quadro único no qual a história se dá. Sistemas de objetos e sistemas de ações interagem. De um lado, os sistemas de objetos condicionam a forma como se dão ações e, de outro lado, os sistemas de ações levam à criação de objetos novos ou se realiza sobre objetos preexistentes. É assim que o espaço encontra sua dinâmica e se transforma (Santos, 2006, p. 39).

Até o início do século XX, os espaços públicos tinham, de forma tradicional, três funções relacionadas à vida nos centros urbanos, funcionando como locais de encontro, locais de comércio e locais de deslocamento. As cidades desempenhavam essas funções de forma balanceada e harmoniosa (Sharifi *et al.*, 2011). Porém, a partir do século XX, muitas cidades têm experimentado um desequilíbrio entre essas funções, que ocorreu principalmente devido à popularização dos veículos motorizados (Gehl, 2003). Em geral, nas cidades dominadas por automóveis, as únicas atividades que se há nas ruas são aquelas mais essenciais, não há espaço para permanência de pedestres. A tendência para os locais com tais características é o abandono e degradação (Gehl, 2003), tal afirmação é corroborada por Jacobs (2011), que segue.

A dependência excessiva dos automóveis particulares e a concentração urbana de usos são incompatíveis. Um ou outro tem de ceder. Na prática, é isso o que acontece. Dependendo de qual das pressões tenha mais sucesso, ocorre um destes dois processos: erosão das cidades pelos automóveis ou redução dos automóveis pelas cidades (Jacobs, 2011, p. 234).

O espaço urbano funciona como cenário para relações sociais e também como instância ativa para a dominação econômica e política. O desprezo das políticas urbanas (tais como fornecimento de transporte ou serviço adequados) pelas instituições brasileiras cobra um preço importante na democracia e cidadania do país (Maricato, 2000). O resultado desse desprezo

são vastas extensões no espaço das cidades que não se conectam com os outros espaços e são subutilizadas e só podem ser observadas pelos indivíduos da cidade de cima de grandes edifícios ou das janelas dos seus veículos. Esses espaços podem ser considerados negativos, no sentido que estão subservientes aos edifícios, que passam a ser os únicos lugares onde acontece a vida na cidade (Carmona *et al.*, 2008).

Como outra adversidade da dominância dos veículos motorizados individuais, é evidenciado que as expansões das redes de infraestruturas para veículos motorizados não resolvem os problemas de congestionamentos nas cidades (Tennøy *et al.*, 2019). A expansão da capacidade viária pode ajudar a mitigar os congestionamentos nos primeiros momentos após a sua execução, porém é de maior probabilidade ocorrer piora nos congestionamentos após aproximadamente cinco anos decorridos da intervenção (ITDP e Embarq, 2013). De fato, as grandes avenidas e rodovias, no espaço urbano, podem fazer com que a eficiência e qualidade ambiental das áreas urbanizadas sejam muito prejudicadas, e podem até trazer deteriorações para as áreas onde elas se encontram (Vuchic, 1999).

A ampliação de rodovias e avenidas aumenta a atratividade para veículos motorizados, estimulando transeuntes locais a se deslocar com automóveis particulares e converge o tráfego, antes disperso em diversas vias, para apenas uma via (Duranton e Turner, 2011). Por outro lado, há outras maneiras no planejamento de transporte urbano de diminuir os problemas de congestionamento, sendo algumas das mais conhecidas as melhorias de sistemas de transporte público, mobilidade de bicicletas e mobilidade de pedestres, que podem ser complementadas com medidas auxiliares como pedágios urbanos, programas de *ride sharing* (transporte por aplicativo), *transit oriented development* (desenvolvimento orientado ao transporte) e bairros residenciais compactos (Morar e Bertolini, 2013).

O transporte urbano é de grande complexidade, necessitando da harmonia entre diferentes sistemas de mobilidade (como mobilidade ativa, transporte público e veículos individuais) e o desenvolvimento simultâneo de acessibilidade e desenvolvimento espacial (Rode *et al.*, 2017). Um dos conceitos ligados ao transporte urbano e a esses temas é a mobilidade ativa, que pode ser definida como o deslocamento de pessoas por seus esforços gerados pelo próprio corpo, podendo ser citados o uso de bicicletas e o deslocamento a pé. Por ter efeito na redução de congestionamentos, assim como na relação das pessoas com a cidade, esse tipo de mobilidade tem sido considerado uma boa alternativa em cidades onde, atualmente, o transporte é mais voltado para os veículos motorizados (Günther *et al.*, 2018).

Portanto, ao mesmo tempo que o transporte ativo traz benefícios para o espaço urbano, ele deve ser encorajado, partindo da disponibilidade de locais apropriados para o seu deslocamento (como calçadas, trilhas e ciclovias), controle de tráfego, proximidade de comércios e serviços, áreas com boa atratividade estética e arborizadas e segurança (Malavasi, 2006). Tendo em vista os seus benefícios da mobilidade ativa, presume-se que ela deva ser valorizada no espaço urbano, porém não é o que normalmente ocorre. Litman (2003) enumera três motivos para a desvalorização dos pedestres nas tomadas de decisão do planejamento urbano tradicional que, em muitos casos, fazem com que muitas áreas urbanas sejam esquecidas por autoridades e sujeitas a deterioração:

- Dificuldade de medida das qualidades do ambiente para a caminhada ser maior que a de mensurar as viagens de veículos motorizados. Dessa forma, poucas informações sobre pedestres são coletadas. Como resultado, os pedestres ficam invisíveis aos olhos dos planejadores; outro motivo é o baixo custo da dimensão.
- Inexistência de uma indústria dos pedestres da mesma maneira que há para os automóveis ou para o transporte público, havendo também pouco investimento. O ato de andar a pé recebe um estigma, enquanto dirigir veículos se torna sinônimo de sucesso e progresso;
- Crença que os pedestres não precisam de investimentos ou incentivo. Nessa visão, é possível caminhar em qualquer via, mesmo se não houver calçadas. Como resultado dessa leitura, muitas ruas e rodovias urbanas são construídas sem a infraestrutura direcionada para pedestres, com suposição que não são necessárias.

Entretanto, a discussão sobre a relação dos pedestres com o ambiente urbano tem tomado um espaço cada vez maior desde as últimas décadas do século XX à medida que os técnicos e acadêmicos percebem que as cidades focadas apenas nos veículos motorizados vêm obtendo poucos progressos em segurança, acessibilidade, sustentabilidade e desenvolvimento social (Zacharias, 2001). Visando diminuir a motorização nas áreas urbanas, criar espaços caminháveis, diminuir a poluição do ar e melhorar a saúde dos cidadãos, novas estratégias foram criadas tais como as práticas do Novo Urbanismo, que englobam princípios como o *transit-oriented development* (TOD - desenvolvimento orientado ao transporte) e o *traditional neighborhood design* (TND – desenho tradicional de vizinhança) (Kelbaugh, 2002).

O TOD é uma técnica de planejamento urbano que combina alta densidade, uso misto do solo, desenvolvimento de um ambiente amigável e distâncias curtas de caminhada até transporte público (Renne, 2008). São bem reconhecidos os impactos do TOD nas cidades em conformidade com um desenho urbano compatível com pedestres e ciclistas, com efeitos positivos ao reduzir o uso de automóveis e velocidades de tráfego (Wey e Chiu, 2013). O sucesso de um projeto TOD depende, dentre outros fatores, da capacidade dos usuários do transporte público de acessarem paradas ou estações ou de acessarem seus destinos finais após desembarcar do transporte público. Esses acessos, que fazem parte dos conceitos teóricos do TOD, normalmente são realizados a pé ou por meio de outras conexões locais (Cervero, 2009).

As áreas dentro da distância de 800 metros dos transportes públicos em um projeto TOD devem ser orientadas de forma a favorecer as viagens dos pedestres, afinal todos os usuários de transporte público são pedestres pelo menos no início ou no fim de suas viagens (Schlossberg e Brown, 2004). As vizinhanças, onde se aplicou o TOD, geralmente têm sucesso em criar ambientes onde as opções de caminhar ou pedalar são mais viáveis, de maneira que, de acordo com Krizek (2003), as pessoas que vivem em comunidades com boas condições de acessibilidade têm maiores chances de caminhar e usar o transporte público que aqueles que vivem em áreas onde o transporte prioritário é de automóveis individuais.

O TND se trata de uma tática de desenvolvimento urbano que se baseia em técnicas de urbanismo com os padrões tradicionais de rede urbana, uso de solo e desenho urbano, listados na Tabela 2.1, que visam a criação de áreas e regiões que encorajam o uso de transporte alternativo aos veículos individuais (tais como transporte público, viagens a pé e bicicletas), promoção de viagens menores e mais curtas e melhor qualidade de vida para os moradores (McNally e Kulkarni, 1997).

A partir da análise de viagens em áreas com aplicações de práticas do Novo Urbanismo, Greenwald e Boarnet (2001) concluíram que as (a) tomadas de decisão relacionadas à caminhada são afetadas pelas densidades urbanas, porém apenas em dimensão local, ou seja, para viagens na mesma área; (b) apesar de as práticas do Novo Urbanismo poder gerar ao menos parte do comportamento de viagens para caminhada dos usuários, a contribuição relativa de cada um dos seus elementos não é clara; (c) o fator determinante para as viagens a pé é a distância das viagens, de forma que distâncias mais curtas aumentam a probabilidade de viagens individuais a pé para atividades não laborais.

Tabela 2.1: Práticas do TND

Categorias	Práticas
Rede viária	<ul style="list-style-type: none"> - Vias interconectadas em padrões de grade; - Passagens segregadas para pedestres e ciclistas; - Vias estreitas; - Áreas verdes e alinhamentos de árvores; - Pontos de acesso ao bairro; - Variedade modal.
Uso de solo	<ul style="list-style-type: none"> - Uso misto do solo; - Proximidade dos usos de solo; - Alta densidade residencial; - Pequenos lotes residenciais; - Acesso a parques, recreação e centros regionais.
Desenho urbano	<ul style="list-style-type: none"> - Calçadas sombreadas; - Variação em design e tamanho de residências; - Calçadas recuadas; - Varandas; - Garagens separadas das residências.

Fonte: McNally e Kulkarni (1997)

Tendo em vista especificamente estratégias de desenho urbano, existem ações que os profissionais de transporte devem abordar para melhorar a segurança e a mobilidade de pedestres no ambiente urbano (Zegeer *et al.*, 2009):

- a) Reduzir a velocidade dos veículos motorizados nas vias urbanas;
- b) Reduzir o risco para pedestres nos locais de travessia;
- c) Fornecer calçadas e passarelas separadas do tráfego de veículos automotores.
- d) Melhorar a conscientização e a visibilidade entre veículos motorizados e pedestres.
- e) Melhorar o comportamento de pedestres e motoristas.

Dentre os mais célebres estudos sobre a relação dos pedestres com o espaço urbano, pode-se citar a teoria dos 3D's definida por Cervero e Kockelman (1997). Segundo esses autores, com o objetivo de reduzir as viagens de veículos motorizados, aumentar a mobilidade ativa e diminuir as distâncias de viagens no ambiente urbano, as demandas modais são influenciadas pelos 3D's, sendo eles: Densidade, Diversidade e Desenho Urbano. As vizinhanças compactas trazem origem e destino próximos uns dos outros, o que ajuda na escolha de se locomover a pé (Densidade). Ademais, se há comércios, escritórios e prestação de serviço próximos a residências, naturalmente os pedestres substituirão viagens motorizadas externas (Diversidade). Já a parte do desenho urbano é responsável por tornar o ambiente mais acessível e seguro, e por proporcionar aos pedestres um ambiente agradável para andar (Cervero e Kockelman, 1997).

Dessa forma, a caminhabilidade se tornou um conceito importante na revitalização urbana. De acordo com explicação de Dörrzapf *et al.* (2019), uma definição mais restrita de caminhabilidade abrange uma concepção empírica e se refere à caminhada como uma escolha modal em potencial para um fim específico, como, por exemplo, para ir ao trabalho, alcançar locais de embarque para transporte público, ou fazer compras. No que tange à relação entre a caminhabilidade e a renovação urbana, Cysek-Pawlak e Pabich (2020) realizaram análises estatísticas de dados de fluxo de pedestres na Polônia e um estudo de campo da cidade de Soie, na França. Os autores concluem que uma renovação urbana feita em harmonia com a caminhabilidade se correlaciona com diversos fatores, tais como: (a) o fenômeno social, no qual se determina como os usuários se comportam em espaço público, estabelecendo um papel para veículos e pedestres; (b) fenômeno econômico, que estabelece como se busca a melhoria da atratividade de serviços e oferta comercial em determinado local, assim como os preços dos imóveis; (c) e o fenômeno ambiental, que significa a melhoria da atratividade visual e quão agradável é o ambiente para os pedestres, se tratando de fachadas dos imóveis e acessibilidade.

Para se ter melhor ideia das melhores atitudes usadas na obtenção de uma comunidade mais favorável aos pedestres, iniciativas adotadas por órgãos públicos mundialmente podem ser verificadas internacionalmente. Copenhague, por exemplo, é uma cidade que conseguiu criar ambientes que atraem mais viagens de pedestres. Gemzoe (2001) relata a experiência da cidade, que nos anos 60, não possuía tradicionalmente espaços públicos amigáveis aos pedestres, que tinham que se conformar com calçadas estreitas no centro da cidade. A primeira via destinada aos pedestres na capital dinamarquesa foi sua antiga rua principal (Stroeget). Desde então, foram gradualmente convertidos mais de 71.000 metros quadrados de áreas para as pessoas até 1995. A quantidade de pedestres que apareceram nessas áreas surpreendeu alguns dos planejadores da cidade. Nos anos 60, as pessoas apenas passavam pelos locais para alcançarem seus destinos, porém após a gradual implantação de áreas de pedestres em Copenhague, verificou-se uma grande variedade de atividades, como eventos de entretenimento, atividades políticas e comércio, que possibilitam que as pessoas possam apreciar a cidade.

Por sua vez, o centro comercial de Melbourne, antes uma área próspera da cidade, teve um esvaziamento durante as décadas de 70 e 80, devido a uma desindustrialização que ocorreu na época, o que resultou em uma região vazia, sem vida e pouco utilizada, se tratando de seu espaço público (Mcneill, 2011). Em 1985, as autoridades de Melbourne iniciaram um projeto para renovar o seu centro da cidade e atrair moradores para a área. Um estudo foi conduzido, no qual

os problemas da cidade foram analisados, documentou-se os volumes de vida urbana e se desenvolveu um projeto com melhorias a ser implantado ao longo da próxima década (City of Melbourne, 1985). Nas décadas seguintes, entre 1993 e 2004, o programa de renovação urbana foi colocado em execução. Foram implementadas variadas soluções para melhoria urbana na área central de Melbourne. Nesses anos, o número de unidades domiciliares aumentou em 10 vezes, além do número de habitantes, que subiu de 1.000 para aproximadamente 10.000 entre 1992 e 2002 (Gehl, 2010).

Foram construídas novas praças e *arcades*, faixas e esplanadas para pedestres foram abertas ao longo do Rio Yarra, tanto para deslocamento das pessoas, quanto para convivência. Foi trabalhado o objetivo de convidar os moradores a caminharem na cidade: executou-se a ampliação de calçadas e a colocação de novos pavimentos, e desenvolveu-se um projeto de renovação do mobiliário urbano (City of Melbourne, 2016). O conceito de cidades verdes foi aplicado, no qual se realizou o plantio anual de aproximadamente 500 árvores, que passaram a trazer conforto aos usuários e fazer sombra para as calçadas. Outras medidas tomadas foram um programa de incentivo à arte na cidade e um novo planejamento de iluminação da cidade de noite. Como resultado, as pesquisas realizadas apontam que o tráfego de pedestres em Melbourne aumentou em 39% durante os dias e praticamente dobrou durante as noites, mostrando um aumento significativo tanto de tráfego de pedestres, quanto de atividades estacionárias na cidade (Gehl, 2010).

Outro exemplo, Vancouver, no Canadá, é notória por ser uma cidade que favorece os pedestres. Além de projetos sociais que encorajam a população a caminhar, foram implementados em Vancouver diversas ações ao longo do Século XX, que deram à cidade excelentes condições de caminhabilidade (Vancouver, 2004). O uso misto dos edifícios, por exemplo, tem sido adotado na cidade, possibilitando que as regiões comerciais da cidade sempre estejam cheias de pessoas, outra característica da cidade canadense é ter sua região central situada em uma península, cercada por água. A região central tem recreação, serviços, diversos tipos de residências e bom transporte público, fazendo com que os residentes do centro não tenham necessidade de sair da região. Vancouver ainda não tem uma *freeway* (rodovia expressa com acessos controlados) atravessando a sua área, o que desencoraja o uso de veículos motorizados (James, 2017).

O *1997 Vancouver Transportation Plan* foi o plano de desenvolvimento urbano que visou melhorar as condições de caminhabilidade de Vancouver. Nele, foram encorajadas políticas que estimularam a densificação das regiões da cidade situadas ao longo de áreas comerciais e

que diminuíram as viagens de carro, através do fomento ao transporte ativo e ao transporte público. Dentre as diversas medidas tomadas no plano, incluem-se o compartilhamento de instalações para pedestres e ciclistas e corredores de transporte público nas principais vias da cidade, melhoria da segurança de pedestres e de *traffic calming* (moderação de tráfego), e melhoria de acessibilidade para pedestres (Vancouver, 1997).

Em 2012, foi renovado o plano de transporte de Vancouver com o *Transportation 2040*, que estabelece metas de desenvolvimento de um transporte eficiente, seguro e sustentável para a cidade até o ano de 2040. O planejamento para pedestres novamente foi abordado, com a meta de aumentar as viagens a pé de 17% para 22% em 2040, bem como a redução de suas fatalidades. Dessa forma, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

- Tornar as ruas mais seguras para caminhar;
- Fornecer calçadas confortáveis e desobstruídas em todas as ruas;
- Tornar as ruas acessíveis para todas as pessoas;
- Tornar as ruas e espaços públicos amenos a pedestres durante chuva;
- Abordar lacunas na rede de pedestres;
- Fornecer um plano para um design excelente de área de pedestres;
- Tornar a cidade fácil de navegar a pé;
- Habilitar e incentivar o uso criativo da rua;
- Criar praças públicas e espaços de encontro por toda a cidade.

Com o objetivo de ajudar a alcançar resultados semelhantes aos das cidades conferidas nos exemplos e identificar os fatores que fazem um local ser amigável ou não aos pedestres, os índices de caminhabilidade são ferramentas úteis. O planejamento urbano direcionado aos pedestres tem recebido uma crescente atenção no meio acadêmico e técnico, e por essa razão o conceito de caminhabilidade ganha mais espaço na teoria e práticas de urbanismo, sendo antes considerada uma mera questão de acessibilidade para pedestres, evoluiu para uma descrição mais rica das relações e interações entre pedestres, espaço urbano e suas práticas sociais (Blečić, 2020).

Sabe-se que nos últimos anos, têm sido desenvolvidos vários índices de caminhabilidade pelo mundo, em várias escalas espaciais e cenários variados. Os pesquisadores que desenvolveram esses índices pensaram em diversos componentes e variáveis para se usar em seus cálculos, que

se enquadram melhor em suas hipóteses, já que os índices devem estar adequados especificamente para o cenário e população estudados (Stockton *et al.*, 2016). As medições de variáveis usadas para avaliar a caminhabilidade incluem opiniões de especialistas sobre a tipologia das comunidades, dados censitários, observações sistemáticas, dados referentes a uso de solo usando Sistemas de Informação Geográfica e informações sobre a expansão urbana na região (Frank *et al.*, 2009).

Indicadores que podem ser adotados para se verificar quantitativamente as características de uma via quanto à sua caminhabilidade estão em três categorias: conectividade, qualidade e proximidade. As medidas de conectividade são descritas como a capacidade da via de apresentar alternativas de rota aos pedestres. Sendo assim, vias com muitas interseções, são mais desejáveis aos pedestres, pois oferecem várias opções de rotas. Portanto, se a existência de várias interseções é vista positivamente, então tamanho e quantidade dos blocos também podem ser usados para medir a caminhabilidade. Qualidade é a identificação de número de trajetos viáveis para os pedestres. Dessa forma, vias com tráfego em alta velocidade, com duas ou mais faixas em cada direção e alto volume de tráfego de veículos representam uma barreira para os pedestres, causando um efeito não desejável para a mobilidade ativa. Proximidade é a definida como a distância aceitável que um pedestre pode percorrer antes de alcançar o seu destino. A medida chamada de *pedestrian catchment area* (PCA – áreas de captação de pedestres) é um dos meios de se obter dados de proximidade de uma via ou área (Gori *et al.*, 2014).

Internacionalmente, diversos índices de caminhabilidade têm sido propostos. Alguns deles abordam as particularidades dos locais para os quais foram desenvolvidos, outros abordam o tema de maneira mais generalizada (Maghelal, 2011). Frank *et al.* (2009), por exemplo, apresentam um índice com foco na escolha modal da população no qual, na sua concepção, conectaram padrões de uso do solo com suas consequências na saúde pública e no ambiente. Na aplicação do índice desenvolvido, os pesquisadores concluíram que em áreas de alta caminhabilidade, sejam elas de alta ou baixa renda, caminha-se com mais frequência que nas áreas de baixa caminhabilidade. O índice de Frank *et al.* (2009) pode ser usado para identificar áreas prioritárias para melhorias no transporte e restauração de áreas urbanas abandonadas e para monitorar as mudanças na forma urbana ao longo do tempo.

Um índice específico para Londres foi elaborado por Stockton *et al.* (2016) com foco em fatores associados à escolha e comportamento dos usuários para realizar caminhadas, sendo estes:

conectividade das vias, densidade de unidades residenciais e combinação de uso do solo (uso misto ou uso único). A forma urbana em relação a esses três componentes, comuns dos índices de caminhabilidade, difere nas cidades ao redor do mundo, motivo pelo qual, a escolha dos autores de desenvolverem o índice para a capital britânica. O método de desenvolvimento do índice consiste em apresentar um questionário a participantes voluntários, com perguntas direcionadas aos seus hábitos de deslocamento, bem como os seus endereços. Foram atribuídas pontuações para cada participante, conforme sua frequência de caminhada. Essas pontuações foram comparadas e correlacionadas com os dados das regiões de suas residências, escolhidos como parâmetros dos índices (conectividade das vias, densidade de unidades residenciais e combinação de uso do solo), registrados em softwares de sistema de informação geográfica (GIS) e retiradas de bancos de dados dos governos de Londres e do Reino Unido.

Também no Reino Unido, existe o SWAT (*Scottish Walkability Assessment Tool*), ferramenta de caminhabilidade concebida para registrar objetivamente aspectos do ambiente físico que se presume que estão relacionadas à qualidade de caminhada nos espaços urbanos da Escócia. Durante o desenvolvimento do SWAT, três especialistas avaliaram a confiabilidade dos itens considerados para compor o índice em 30 segmentos de vias urbanas em duas ocasiões. 18 itens foram considerados confiáveis na avaliação, enquanto 25 foram avaliados como não confiáveis e para 69, não foi encontrada variabilidade ambiental adequada. O grande número de itens sem variabilidade ambiental indica um ambiente relativamente uniforme em termos de características, que a literatura indica que pode ser usado para diferenciar a mobilidade, porém, os 18 itens considerados confiáveis são suficientes para que se diferencie a caminhabilidade do local (Millington *et al.*, 2009).

A metodologia Walk Score, desenvolvida pela empresa do mesmo nome, foca em medir a caminhabilidade de um bairro, com base na proximidade e facilidade de locomoção de serviços, lazer e comércios às residências. Esses ditos confortos podem ser comércios como supermercados ou armazéns, atrativos culturais, bares, restaurantes. O Walk Score funciona atualmente em plataforma na internet para pesquisas feitas nos Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia, mas pode ser aplicado de forma técnica em endereços nos demais países do mundo. Os tipos de confortos recebem pesos nas suas classificações e os resultados obtidos são uma nota de 0 a 100, sendo 100 a nota máxima (Reyes *et al.*, 2020).

No Brasil, o iCam (ITDP, 2019) é a ferramenta mais conhecida para medir a caminhabilidade. O iCam é um índice que mede por pontuações o nível de caminhabilidade de vias baseado em

pontuações de 0 a 3, usando 15 indicadores agrupados em seis diferentes categorias, sendo essas: segurança viária, atração, calçada, ambiente, mobilidade e segurança pública (ITDP, 2019). A unidade básica de avaliação de indicadores do iCam é o segmento da calçada e um trecho de via é avaliado em cada um dos indicadores citados com cálculos que envolvem a pontuação dos segmentos de calçada, e suas extensões. No iCam, para se obter a nota geral, é feita uma média ponderada.

Para o cenário de Belo Horizonte, foi proposto por Carvalho (2018) um índice de caminhabilidade que contém 27 indicadores, sendo 23 direcionados para análise de segmentos de calçadas e 3 direcionados para análise de travessias. Esse índice foi testado em segmentos e travessias no bairro Carlos Prates se mostrando eficiente. Nas suas avaliações, 52% dos segmentos foram classificados como regular e 43% dos segmentos foram classificados como ruim. Esses desempenhos indicam que os trechos em questão não têm atendido às necessidades dos pedestres e necessitam de melhorias.

Argumentando que as crianças constituem um grupo altamente vulnerável dentre os pedestres, Barros (2021) buscou desenvolver em sua dissertação uma atualização do trabalho de Carvalho (2018) que propôs um índice de caminhabilidade direcionado à percepção de crianças, residentes de Belo Horizonte, da faixa etária entre 9 e 12 anos. Após a seleção dos indicadores, foi aplicado um questionário para verificar a percepção da sua relevância para as crianças, seguido da montagem do índice e, por fim, de sua aplicação em uma área escolar de Belo Horizonte, onde identificaram suas características de caminhabilidade. O índice demonstra consistência para o cenário de Belo Horizonte (Barros, 2021).

2.2 Acessibilidade: principais conceitos e desenho universal

Considerando a heterogeneidade das cidades, algumas são mais acessíveis que outras e caracterizadas de maneira desigual (Santos, 2006). Sendo assim, a noção de acessibilidade baseia-se em dois conceitos centrais: O primeiro é a localização onde se estima a relatividade do espaço em relação às infraestruturas de transporte, uma vez que oferecem os meios de apoio aos movimentos. O segundo conceito é a distância, que se deriva da conectividade entre os locais. A conectividade existe quando há a possibilidade de ligar dois locais através do transporte e expressa o atrito entre a distância e a localização. Quando se há o menor atrito em relação aos outros é provavelmente a situação mais acessível. Normalmente, a distância é expressa em unidades como quilômetros ou tempo, mas variáveis como custo ou consumo de combustível também podem ser utilizadas (Rodrigue *et al.*, 2013).

O reordenamento do espaço público é parte de um processo democrático, alcançado através de políticas públicas de integração entre os agentes que fazem parte do ambiente urbano e podem ser motivados por novos projetos com fins de trazer uma maior interação entre usuários ou de criar espaços ordenados que oferecem qualidade de vida ao cidadão. A acessibilidade urbana, em especial quando em harmonia com a mobilidade urbana, é considerada essencial para um desenvolvimento urbano mais inclusivo e igualitário (Fregolente, 2008). Pode-se considerar a acessibilidade que tem ao menos três dimensões, que seriam o tipo e meios de transportes para o local, as distâncias de viagens e a quantidade e tipo de área construída localizada a pouca distância do sistema de transportes (Pushkarev e Zupan, 1971).

Segundo a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587 de 3 de janeiro de 2012) acessibilidade é a “facilidade disponibilizada às pessoas que possibilite a todos autonomia nos deslocamentos desejados, respeitando-se a legislação em vigor”. Já a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI - Lei nº 13.146 de 6 de julho de 2015) define:

Acessibilidade: possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida (Brasil, 2015, p. 8).

Tendo em vista tal relevância para a acessibilidade nos ambientes urbanos, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI - Lei nº 13.146 de 6 de julho de 2015) estabelece que:

Art. 46. O direito ao transporte e à mobilidade da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida será assegurado em igualdade de oportunidades com as demais pessoas, por meio de identificação e de eliminação de todos os obstáculos e barreiras ao seu acesso.

1º Para fins de acessibilidade aos serviços de transporte coletivo terrestre, aquaviário e aéreo, em todas as jurisdições, consideram-se como integrantes desses serviços os veículos, os terminais, as estações, os pontos de parada, o sistema viário e a prestação do serviço (Brasil, 2015, p. 17).

A acessibilidade pode ser verificada pelos pontos de vista de duas dimensões. De acordo com Vasconcellos (1996), a macroacessibilidade se baseia na facilidade de percorrer o espaço e ter acesso aos destinos desejados, com relação direta com a amplitude espacial do sistema viário e

dos meios de transporte. Já a microacessibilidade, foco deste trabalho, está ligada à relação do pedestre com a facilidade de percorrer o caminho considerando os diferentes elementos e características do sistema viário que interferem no deslocamento, de maneira positiva ou negativa.

As pessoas com mobilidade reduzida têm papel importante nesses conceitos, dado que se um ambiente é adequado a esse grupo, ela será adequada, ou até mais amigável a todos os usuários. A mobilidade de pedestres pode ser prejudicada por diversos fatores, como, por exemplo, o trânsito, os obstáculos arquitetônicos, sua renda, sua idade, seu sexo, sua capacidade de compreender mensagens, sua condição física e sua capacidade para utilizar os transportes (Brasil, 2006). O Decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004, define:

Pessoa com mobilidade reduzida: aquela que tenha, por qualquer motivo, dificuldade de movimentação, permanente ou temporária, gerando redução efetiva da mobilidade, a flexibilidade, da coordenação motora ou da percepção (Brasil, 2004, p. 2).

Diferentemente do planejamento voltado à mobilidade, que centra nos meios de transporte e na performance do sistema, com ações voltadas para a melhoria da sua eficiência, o planejamento voltado à acessibilidade foca nas pessoas e nos seus destinos finais. Dessa forma, as necessidades das pessoas passam a ser o ponto central dos projetos, ao contrário do planejamento para automóveis. Na maioria dos casos, as medidas de acessibilidade incluem tanto um fator de impedância, refletindo o tempo ou custo de chegar a um destino, quanto um fator de atratividade, refletindo as qualidades da rota, experiência de viagem e destino (Blecic *et al.*, 2013). De maneira geral, pode-se dizer que acessibilidade é um somatório de dimensões conectadas à localização dos destinos a serem alcançados; à distribuição espacial da população, das atividades e dos serviços; e às características do transporte (Lessa, 2019).

Dentro da definição de acessibilidade, pode-se encontrar dois conceitos importantes para os usuários nos centros urbanos: autonomia e segurança que terá um destaque maior nos capítulos subsequentes). Entende-se autonomia como a capacidade de um local de permitir a todos os usuários de alcançar um local sem depender da ajuda de outras pessoas (Vieira *et al.*, 2015). Segundo a Lei nº 10.098 de 19 de dezembro de 2000 (que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida), garante-se a autonomia mediante a supressão de barreiras e de obstáculos nas vias e espaços públicos, no mobiliário urbano, na construção e reforma de edifícios e nos

meios de transporte e de comunicação. As barreiras, por sua vez, são definidas como qualquer entrave ou obstáculo que limite ou impeça o acesso, a liberdade de movimento, a circulação com segurança e a possibilidade de as pessoas se comunicarem ou terem acesso à informação (Brasil, 2000).

A melhor maneira de garantir o direito constitucional de ir e vir das pessoas com mobilidade reduzida é divulgar e incentivar a implantação de Desenho Universal nas cidades, com engajamento do poder público e da iniciativa privada (Fregolente, 2008). Sendo, outra definição importante para o acesso à cidade e para os pedestres com mobilidade reduzida encontrado na legislação brasileira, a LBI (2015) descreve desenho universal como:

(...) concepção de produtos, ambientes, programas e serviços a serem usados por todas as pessoas, sem necessidade de adaptação ou de projeto específico, incluindo os recursos de tecnologia assistiva (Brasil, 2015, p. 8).

Não se entende a acessibilidade como algo incorporado ao desenho universal, entende-se que com ele o local pode se tornar mais eficiente, produtivo, confortável, legível e seguro, a nível equivalente para todas as pessoas (Magagnin, 2017). Com o desenho universal evita-se a necessidade de se produzirem ambientes ou elementos especiais (e segregados) para pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida, de forma que, se certifica que todos possam utilizar igualmente todos os componentes ambientais e todos os produtos e suas peças intercambiáveis (Brasil, 2007).

O Ministério das Cidades (Brasil, 2007) estabelece sete princípios básicos, que devem ser atentados na aplicação do Desenho Universal:

- Uso equiparável: busca respeitar as variadas habilidades das pessoas, de maneira equiparada. Esse princípio deve garantir um amplo atendimento antropométrico, atendendo ao maior número de usuários possíveis, independentemente de suas características físicas.
- Uso flexível: respeitar e atender a uma larga escala de preferências e habilidades individuais.
- Simplicidade e intuição: permissão de uma rápida e correta compreensão das partes que compõem o desenho e também de seu todo. Deve-se preocupar em não depender de habilidades específicas de usuários, às quais nem todos têm acesso (como conhecimento da língua ou alto nível de concentração).

- Informação perceptível: facilitar a identificação, a compreensão e o manuseio a qualquer usuário do uso das instalações urbanas.
- Tolerância ao erro: eliminar ou minimizar a possibilidade de perigos ou consequências indesejadas, que possam ser provocadas por sinistros ou por erros dos usuários.
- Pouca exigência ao esforço físico: os projetos devem ser implantados de maneira a não exigir grandes habilidades específicas, esforços ou resistência física,
- Tamanho e espaço para o acesso e o uso: o tamanho e o espaço para a aproximação, o alcance, a manipulação e o uso apropriados e adequados, independentemente do tamanho do corpo do usuário, sua postura ou condição de mobilidade.

Apesar de deverem ser adequadas a todos os pedestres, com capacidades e idades variadas, as interseções, de maneira geral, configuram-se em barreiras para as pessoas com mobilidade reduzida, em especial para os usuários com deficiência visual. Estes devem ter as mesmas oportunidades para locomoção e travessia das interseções que as pessoas com capacidades plenas. É comum, entretanto, que os projetos de interseções não acomodem pessoas com mobilidade reduzida e deficiência visual. Nesse sentido, para pedestres com deficiência, as interseções podem ser um desafio (Mushule, 2010).

Segundo Barlow *et al.* (2005), a usual geometria e sinalização das interseções nos centros urbanos são desenhadas para agilizar e otimizar o movimento dos veículos, e aplicam o mínimo de atenção ao movimento dos pedestres. Estas, em geral, são travessias extensas, com muitas faixas, muitas vezes com faixas designadas para o tráfego de conversão à direita ou à esquerda. As esquinas são arredondadas para facilitar curvas rápidas e fáceis para veículos grandes. Quando uma interseção é larga, tem tráfego de conversão abundante ou é barulhenta, pode ser difícil ouvir e reconhecer quais faixas estão se movendo ou começando a se mover. Além disso, as flutuações no fluxo e volume do tráfego e a falta de faixas de veículos paralelas a faixas de pedestres podem contribuir para a desorientação de deficientes visuais, uma vez que os sons dos veículos são utilizados para determinar a localização das faixas de pedestres, para estabelecer uma direção até o lado oposto da faixa de pedestres (Barlow *et al.*, 2001).

Quando se deslocam pelo meio urbano, os pedestres que têm deficiência visual devem executar uma série de procedimentos descritos por Bentzen *et al.* (2000), dos quais grande parte é mais fácil quando o pedestre tem familiaridade com a interseção. Primeiro eles devem identificar o limite entre a calçada e a via para saber que chegaram a um cruzamento (usando inclinação de

rampa, textura da calçada, ou mudanças de vento e sol) e distinguir o máximo possível a geometria da interseção, sendo que informações como angulação e largura das vias e presença de ilhas ou canteiros interferem nas estratégias que os pedestres cegos utilizam para a travessia, essas informações normalmente são obtidas pelos sons veiculares (Bentzen *et al.*, 2000).

Esses pedestres também devem determinar a natureza do controle de tráfego ouvindo o fluxo de veículos. Por fim, os pedestres cegos tentam estabelecer uma direção a seguir até o lado oposto da travessia. As estratégias incluem ouvir o tráfego na direção da viagem, usar informações de meio fio ou calçada e continuar a viajar na direção usada na aproximação da interseção. Essas estratégias podem não ser bem-sucedidas quando há pouco tráfego ou quando o alinhamento da faixa de pedestres não corresponde ao alinhamento da calçada ou da faixa de rodagem (Bentzen *et al.*, 2000).

Dessa forma, pode-se identificar algumas das medidas mais importantes relativas às interseções e às travessias para que os pedestres com deficiência visual possam usá-las com conforto e segurança (Harkey *et al.*, 2007). Essas medidas e dispositivos servem para melhorar o desempenho de travessia de pedestres cegos, pois permitem julgamentos mais precisos do início do intervalo de caminhada, reduzem o número de travessias iniciadas em momentos inadequados, reduzem o atraso e ajudam que os usuários concluam a travessia antes da fase dos pedestres no semáforo terminar. Dada a sua eficiência, os pedestres com deficiência visual iniciam a travessia mais rapidamente nas interseções com esses dispositivos (Harkey *et al.*, 2007). São listados algumas das medidas mencionados:

- Sinais sonoros: ajuda o pedestre com deficiência visual a identificar quando o semáforo está verde para pedestres, e, portanto, quando pode iniciar a travessia com segurança. Sinais sonoros também podem fornecer orientação direcional, que é particularmente útil em interseções não perpendiculares e em travessias amplas de várias faixas (Bentzen e Tabor, 1998).
- Piso tátil: piso com características de relevo e luminância contrastantes ao piso adjacente, que serve para constituir alerta ou linha-guia, assegurando orientação perceptível para pessoas com deficiência visual, destinado a formar a sinalização tátil no piso. No caso de interseções, o piso tátil deve indicar a aproximação do meio fio (ABNT, 2016)

- Contraste de cores em faixas de travessia: algumas pessoas com visão reduzida ainda possuem alguma visão remanescente podem enxergar as faixas de travessia, mas essas devem estar bem referenciadas na via. Dessa forma, as marcações em zebra com listras brancas em uma superfície escura ao redor, evidenciando seu contraste são geralmente bem reconhecíveis e recomendados por sua melhor visibilidade (Harkey *et al.*, 2007).
- Transição em nível: a calçada com transição em nível para a faixa de pedestre garante uma travessia mais confortável para as pessoas com problemas de locomoção, pode ser, entretanto, problemática para pedestres com problemas visuais (que identificam o meio-fio como o fim da calçada). Essa transição pode ser feita por rebaixamento de calçada, ou por faixas elevadas (ABNT, 2020).

2.3 Métodos de avaliação de acessibilidade em travessias de pedestres

Durante este estudo, foram encontrados alguns métodos de avaliação de acessibilidade urbana em travessias de pedestres, com foco primário em segurança de pedestres ou não, cujas publicações seguem descritas neste tópico. O objetivo desta revisão foi entender melhor como as análises de acessibilidade se desenvolvem nos textos existentes, para se usar como base para o atual trabalho, além de reforçar a sua justificativa, nos moldes em que ele foi concebido.

O primeiro dos trabalhos visando um desses métodos aqui relatados, escrito por Salamati *et al.* (2011), prevê o desenvolvimento e implementação da metodologia de uma avaliação da segurança de pedestres baseada em conflitos para a avaliação da acessibilidade em interseções complexas com grande foco em pedestres com deficiência visual. O trabalho contou com uma pesquisa com pedestres voluntários e baseou-se em travessias reais feitas pelos participantes do estudo sob a supervisão de um especialista em orientação e mobilidade treinado. As travessias realizadas foram observadas e usadas para quantificarem os seus riscos a partir de uma medição de eventos de intervenção, em que o especialista em orientação e mobilidade teve que impedir fisicamente o participante de atravessar. A calibração foi feita com base nos eventos de intervenção, nos fatores de conflitos e evasão e nos indicadores característicos das interseções escolhidos para fazer parte do método, sendo os indicadores: velocidade de travessia dos pedestres, velocidade dos veículos, distância de travessia, larguras das faixas, número de faixas de rolamento.

O objetivo do trabalho de Leonardi *et al.* (2021) investigar o comportamento de pedestres (idosos e não idosos) em faixas de pedestres em interseções urbanas na cidade de Catânia, na

Itália. Os pesquisadores usaram duas câmeras de vídeo, que serviram para gravar os veículos que se aproximavam e os pedestres que atravessavam as vias. Uma análise inicial do número de travessias regulares e irregulares foi desenvolvida para entender se diferentes distâncias de recuo da faixa de pedestres levam os pedestres a travessias irregulares, assumindo, dessa forma, os riscos. Os resultados mostram que os pedestres preferem atravessar escolhendo o caminho mais curto, mesmo que isso signifique realizar a travessia irregularmente. Em seguida, foi calculado o atraso na calçada, ou seja, o intervalo de tempo entre o momento em que a parte traseira do último veículo da fila ultrapassa o pedestre que aguarda a travessia e o momento em que o pedestre dá o primeiro passo para atravessar. Testou-se a hipótese de que os pedestres mais velhos têm maior atraso na calçada devido ao declínio em suas habilidades físicas, sensoriais, perceptivas ou cognitivas.

A metodologia de Patil *et al.* (2021) propõem avaliar a acessibilidade e segurança de pedestres sob o ponto de vista dos pedestres em calçadas e em faixas de travessia em áreas urbanas. Inicialmente, um conjunto de 15 atributos específicos da calçada e 10 específicos da faixa de pedestres relevantes para a Índia foram identificados na literatura. Posteriormente, o processo de hierarquia analítica foi utilizado para estimar os pesos relativos associados aos atributos na perspectiva de especialistas relevantes. As avaliações de atributos foram aglomeradas por uma soma ponderada para formar Índice de Condição de Calçada (SCI) e um Índice de Condição de Faixa de Travessia (CCI). No caso do CCI, os indicadores utilizados foram: conflitos com tráfego de veículos, retenção dos veículos, ilhas de refúgio, iluminação, volume de tráfego, condições de faixa de pedestres, velocidade de tráfego, programação semafórica e atraso dos pedestres.

Kadali e Vedegiri (2015) avaliaram a acessibilidade em faixas de pedestres a partir da criação de um modelo que uso como parâmetros de avaliação os indicadores: número de veículos encontrados, dificuldade de travessia e segurança considerados fatores primários, juntamente com fatores individuais do pedestre (sexo e idade), tipo de uso do solo e geometria da via. Os autores concluíram pelos resultados de sua pesquisa que segurança percebida, a dificuldade de travessia, a condição de uso do solo, o volume de veículos, a largura mediana da via e o número de faixas têm efeito significativo na acessibilidade percebida pelos pedestres em faixas de pedestres não semaforizadas no meio da quadra em cenário de tráfego misto.

Rouphail *et al.* (2005) se dedicou a registrar o comportamento de pedestres quanto à aceitação de brechas (*gap acceptance*) nas travessias (sendo essa o intervalo de passagem entre dois

veículos, que cada pedestre considera aceitável para realizar a travessia) em um software de simulação de tráfego. Os resultados da simulação indicaram que o atraso de pedestres aumenta de forma não linear à medida que o volume de veículos aumenta. Além disso, embora houvesse uma pequena diferença nos atrasos de pedestres avistados nas etapas de entrada e saída da travessia, essa diferença foi mais pronunciada para pedestres cegos que sofreram atrasos maiores no lado de saída.

Após análise dos métodos presentes nos trabalhos anteriores aqui apresentados, pode-se verificar que todos eles levam em consideração a segurança dos pedestres em seu desenvolvimento. Portanto, pode-se afirmar que as dimensões de segurança dos pedestres e de conflitos entre veículos e pedestres estão fortemente ligadas às avaliações de acessibilidade em travessias e interseções. Estas afirmações de ligação entre as duas dimensões, que corroboram, inclusive, com as definições dadas pela Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015) contribuem para a justificativa do desenvolvimento do índice apresentado neste trabalho.

3 A SEGURANÇA DOS PEDESTRES NAS VIAS URBANAS

Em 2020, a Associação Brasileira de Normas Técnicas revisou a norma NBR 10697, quando atualizou a o termo “acidentes de trânsito” para “sinistros de trânsito”. A palavra “acidente” vem com a ideia de sejam eventos aleatórios inevitáveis (Brasil, 2021). No entanto, a velocidade, o desenho das vias, as leis e as condições de mobilidade disponíveis para as pessoas, são fatores que contribuem decisivamente para os riscos de ocorrências de colisões ou atropelamentos e podem ser controlados, para se evitar tais eventos (Brasil, 2021). Sendo assim, define-se sinistros de trânsito segundo a ABNT NBR 10697 como:

(...) todo evento que resulte em dano ao veículo ou à sua carga e/ou em lesões a pessoas e/ou animais, e que possa trazer dano material ou prejuízos ao trânsito, à via ou ao meio ambiente, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou em áreas abertas ao público (ABNT, 2020, p. 1).

Segundo Barroso Jr. *et al.* (2019), as chances de morte de um pedestre envolvido em um sinistro de trânsito são, aproximadamente, oito vezes maiores do que as de um ocupante de veículo motorizado. Ao verificar a situação de Belo Horizonte, os dados contidos no trabalho de Paixão *et al.* (2015), demonstram que a situação no município não é diferente. Esses dados apresentam estatísticas de sinistros na capital mineira ocorridos entre 2008, 2009 e 2010, onde se identifica que o grupo que mais morre decorrente de sinistros de trânsito são os pedestres, representando aproximadamente pouco mais de 40% dos sinistros nesses três anos.

Os pedestres e os ciclistas têm massa e velocidade inferiores aos dos automotores e não dispõem de proteção mecânica, estando, dessa forma, mais expostos que os outros usuários (União Europeia, 2021). As características fisiológicas e pessoais que influenciam no comportamento e vulnerabilidade de pedestres são diversas. Algumas das mais normalmente citadas são: idade, sexo ou envolvimento prévio em sinistros, sendo a idade a característica mais recorrente nas pesquisas (Margon, 2016). Conhecendo essas informações, para se avaliar os riscos de cada pedestre no trânsito, é importante se considerar as particularidades de cada faixa etária, que possuem condições de vulnerabilidade diferentes entre si, sendo os pedestres mais jovens (crianças e adolescentes) e os mais idosos aqueles que correm mais riscos no trânsito (Soares e Soares, 2008). Portanto, na concepção dos espaços urbanos e das infraestruturas viárias, deve-se considerar as necessidades desses usuários (Fontaine e Gourlet, 1997).

Segundo o Manual de Sinalização de Trânsito, nas Áreas Escolares do Departamento Nacional de Trânsito (Brasil, 2000a), as crianças estão entre os pedestres mais vulneráveis devido às suas

características físicas e psicológicas. O manual referenciado lista algumas características de crianças, com faixa etária de até 14 anos, que causam preocupações a autoridades e responsáveis pela segurança viária, que são:

- Percepção visual: a visão periférica das crianças ainda não é totalmente desenvolvida e elas não avaliam de forma correta a velocidade dos veículos.
- Estatura: a baixa estatura das crianças dificulta a sua visão na via, principalmente se estão entre veículos estacionados, além disso, é maior a dificuldade de serem vistas pelos condutores.
- Percepção audiomotora: as crianças têm dificuldade de identificar a origem dos sons e de avaliar o tempo e a distância e se desequilibram com maior facilidade, pois seu centro de gravidade é mais próximo da cabeça.
- Desatenção: é natural as crianças estarem brincando o tempo todo. Às vezes, a travessia é realizada simultaneamente a brincadeiras, sem haver a devida atenção ao trânsito. É também comum crianças serem usuários de bicicletas, utilizando-as para irem às aulas. Entretanto, nessa faixa etária, eles encaram as bicicletas mais como brinquedos do que como meio de transporte.
- Desconhecimento e falta de entendimento dos sinais de trânsito: as crianças não entendem corretamente o momento certo para efetuar a travessia semaforizada.
- Travessia inadequada: quando iniciada a travessia, muitas crianças correm para o lado contrário, sem olhar novamente para a via e assegurar a situação dos veículos que se aproximam. Da mesma forma, por falta de compreensão do perigo, não observam a faixa de segurança e atravessam a via em locais inadequados.

De maneira semelhante às crianças, os idosos também possuem fatores de risco associados à sua condição e faixa etária, que são enumeradas por Sant'Anna (2006):

- Declínio da visão: os idosos têm menor acuidade visual em determinadas condições, especialmente sob luz artificial, pois possuem menor tolerância a mudanças repentinas de luminosidade. A amplitude do seu campo visual também é prejudicada, afetando a sua visão periférica, principalmente após os 75 anos.
- Declínio da audição: os canais auditivos dos idosos se tornam mais facilmente bloqueados por cera. Distinguir sinais sonoros com ruídos ao fundo fica mais difícil para pessoas com a idade avançada. Os problemas auditivos dos idosos têm um fator

adicional, pois com a visão já debilitada, são aumentados os riscos aos pedestres de idade.

- Biomecânica: os idosos têm problemas nas suas articulações e espinhas dorsais, comprometendo sua movimentação e a flexibilidade de rotação do pescoço. Na idade avançada, também ocorrem dificuldades de coordenação psicomotora.
- Equilíbrio e caminhada lenta: há o declínio dos mecanismos responsáveis pelo equilíbrio corporal em pessoas idosas, com o aumento do risco de quedas. Além disso, o declínio na força muscular e nas articulações fazem com que os idosos caminhem mais lentamente. Por vezes, os idosos caminham lentamente também para evitar quedas.
- Declínio do tempo de reação: o tempo de reação dos idosos tende a aumentar, sendo mais arriscado em travessias, por exemplo.
- Declínio da velocidade de julgamento: com a idade avançada, os pedestres podem ter mais dificuldade e responder com eficiência às situações urgentes e são menos sensíveis a mudanças de velocidade.

Os sinistros envolvendo pedestres idosos normalmente ocorrem durante a sua travessia em vias de áreas urbanas, que normalmente são causados por veículos em curva ou quando o idoso não consegue visualizar os veículos que se aproximam. A grande quantidade de mortes de pedestres idosos pode ser explicada em parte, pelo fato de que esses usuários são mais frágeis, de forma que uma queda ou um atropelamento podem causar lesões mais graves, os incapacitando ou até levando a fatalidades com mais facilidade (OCDE, 2001).

Apesar dos fatos, a segurança de pedestres é bastante difícil de mensurar (Olszewski *et al.*, 2016). Baixas estatísticas de atropelamentos ou sinistros não significa, necessariamente, menores riscos para pedestres, mas sim pode ser consequência da baixa exposição dos pedestres, ou da redução do número desses usuários no local. Além dos fatores relacionados às condições da via e ao projeto de engenharia viária, os sinistros também ocorrem por causa de fatores humanos. Por exemplo, negligência no volante e comportamento dos pedestres são apontados como algumas das principais causas de sinistros (Baker *et al.*, 1974). Dados de sinistros do Canadá publicados pelo *International Transport Forum* (2012) indicam que ao menos um terço das fatalidades de pedestres está relacionado a algum dos seguintes comportamentos: alta velocidade, dirigir alcoolizado, ignorar prioridades no trânsito, ou ignorar a sinalização.

O ato de atravessar a via quando o semáforo está verde para motoristas configura em 13% das mortes de pedestres no Canadá. Os pedestres têm uma tendência a se atentar menos com a sua segurança viária, uma vez que o número de violações no trânsito cometidos por pedestres é normalmente superior aos cometidos pelos motoristas (Mukesh e Katpatal, 2020). Díaz (2002) afirma que as intenções dos pedestres são determinadas pela atitude, ao invés de se alinharem às normas subjetivas e atribui a esse fenômeno à falta de fiscalização social ou legal do comportamento dos pedestres, que ocorre com outros usuários no trânsito. Por outro lado, as correlações substanciais entre violações, erros e lapsos podem indicar que estes podem ser classificados como comportamento de risco.

Para se melhorar a situação dos sinistros com pedestres nas cidades, as configurações das vias e do ambiente têm papéis essenciais. Os técnicos, engenheiros, políticos e autoridades compartilham da responsabilidade fundamental de fazer as vias mais seguras. As vias que mais demonstram riscos para pedestres são as de maiores velocidades, que priorizam os automóveis em detrimento dos usuários mais vulneráveis (NACTO e GDCI, 2013). Considerando as limitações e fragilidades do corpo humano, NACTO e GDCI (2013) apresentam um paradigma de segurança para pedestres, com os seguintes objetivos para o desenho das vias urbanas:

- Reduzir a exposição ao risco de conflito;
- Reduzir a quantidade de sinistros e a gravidade dos impactos causados;
- Reduzir a velocidade;
- Modelar ruas que sejam seguras para usuários vulneráveis.

Os problemas nas vias urbanas, notadamente os de segurança, causados aos pedestres, muitas vezes não são possíveis serem resolvidos apenas através da simples aplicação dos três E's (educação, engenharia, esforço legal). Diversas vezes, é necessário um esforço coletivo, no qual tanto técnicos, educadores e legisladores desempenham um papel em conjunto com a comunidade e os cidadãos (OMS, 2013). A Tabela 3.1, desenvolvida pela OMS (2013), representa um resumo de intervenções para a redução de sinistros com pedestres, com suas possibilidades de efetividade, divididas em provada (i.e., onde há fortes evidências de estudos bem direcionados que comprovem sua efetividade), promissora (i.e., onde evidências mostram que alguns benefícios foram trazidos para a redução de sinistros, porém maiores avaliações são necessárias) e evidências insuficientes (i.e., onde não se chega a uma conclusão mais concreta da sua efetividade).

Tabela 3.1: Intervenções para a redução dos sinistros que envolvem pedestres

Medidas chave	Intervenções	Efetividade		
		Prova da	Promissora	Evidência Insuficiente
Reduzir a exposição de pedestres ao tráfego veicular	Fornecimento de calçadas	X		
	Instalação e/ou melhoria de sinalização de trânsito e de pedestres	X	X	X
	Construção de ilhas de refúgio e canteiros centrais	X		
	Construção travessias sinalizadas		X	
	Restrição de veículos / medidas de diversidade	X		
	Instalação de passarelas ou passagens subterrâneas	X		
	Melhoria de rotas de transportes públicos	X		
	Reduzir volumes de tráfego (fomentar transporte público e mobilidade ativa)	X		
Reduzir a velocidade dos veículos	Redução dos limites de velocidade	X		
	Implementar programas de baixo limite de velocidade abrangendo áreas determinadas	X		
	Implementação de medidas de estreitamento de vias		X	
	Instalação de medidas de redução de velocidade em trechos de vias	X	X	
	Instalação de medidas de redução de velocidade em interseções	X	X	
	Melhorias de rotas de escolas		X	
Melhorar visibilidade entre motoristas e pedestres	Melhorias em cruzamentos	X	X	
	Implementação de iluminação	X		
	Redução ou eliminação de obstruções de visibilidade (ex.: veículos estacionados)		X	
	Instalação de placas que alertem a presença de pedestres na via		X	X
	Melhoria da visibilidade dos pedestres		X	
Melhorar a atenção à segurança e comportamento de pedestres e motoristas	Fornecimento de educação, divulgação e treinamento	X		
	Desenvolvimento e reforço de leis de trânsito	X		
	Implementação de programas de 'walking school bus'		X	
Melhorar design dos veículos para proteção de pedestres	Desenvolvimento de normas e leis de segurança veicular para proteção de pedestres		X	X
	Aplicação de padrões de segurança de veículos e leis para proteção de pedestres			X
	Divulgação informações ao consumidor sobre segurança de pedestres por marca e modelo de carro,		X	
Melhorar o cuidado a pedestres feridos	Organização de sistemas de atendimento pré-hospitalar para traumas	X		
	Estabelecer sistemas inclusivos de atendimento a traumas	X		
	Oferta de serviços de reabilitação	X		

Fonte: Organização Mundial da Saúde (2013)

Para a implementação efetiva de intervenções como as listadas acima, alguns municípios e autoridades de transporte desenvolvem planos de ação para segurança de pedestres. Zegeer *et al.* (2009) desenvolveram, a cargo da *Federal Highway Administration*, um guia intitulado *How to Develop a Pedestrian Safety Action Plan*. Segundo os autores, o guia fornece diretrizes para revisar espaços com problemas para pedestres, segmentos de rodovias e outras áreas-alvo de

maneira organizada, de forma a auxiliar a seleção e a implementação de medidas de segurança apropriadas. São concedidas instruções sobre como envolver *stakeholders* (partes interessadas), coletar dados e identificar problemas na segurança dos pedestres, analisar informações e determinar prioridades, determinar as soluções de segurança, conseguir financiamento e, por fim, criar um plano de ação para segurança de pedestres. As instruções de criação do plano de ação são detalhadas em oito etapas, sendo estas:

- Etapa 1: Definir os objetivos;
- Etapa 2: Identificar os locais;
- Etapa 3: Selecionar contramedidas;
- Etapa 4: Desenvolver uma estratégia de implementação do plano;
- Etapa 5: Institucionalizar as mudanças nos padrões de planejamento e design;
- Etapa 6: Considerar o uso do solo, o zoneamento e as questões de projeto do local;
- Etapa 7: Reforçar o compromisso;
- Etapa 8: Avaliar os resultados.

A cidade de Nova Iorque (2010), nos Estados Unidos, elaborou um estudo da segurança de pedestres e plano de ação com objetivo de reduzir as fatalidades de pedestres no município pela metade até o ano de 2030. Para esse fim, coletaram e analisaram dados de sinistros que informem as causas das mortes e ferimentos e os locais onde ocorreram. Dentre algumas das informações reveladas por esses dados, destacam-se: em Nova Iorque, os pedestres são 10 vezes mais suscetíveis a fatalidades que os ocupantes de veículos; falta de atenção dos motoristas foi citada em 36% dos sinistros sérios com pedestres; os sinistros que ocorreram em alta velocidade são duas vezes mais mortais, sendo que em 27% dos casos, os motoristas não conseguiram parar a tempo (Nova Iorque, 2010).

Foi implantado no município o plano que compreendia ações de engenharia, fiscalização, comunicação com o público, legislação e cooperação entre agências. As ações de engenharia de tráfego e desenho urbano se concentraram não só em segurança de pedestres, mas também na melhoria da segurança e qualidade de vida da cidade de maneira geral. A primeira atitude tomada foi a criação de uma classificação dos corredores e interseções que identificou, estabeleceu prioridades e avaliou os projetos da cidade. O segundo passo, foi aplicar melhorias nos locais de mais sinistros identificados no *ranking*. Uma meta para contemplar pelo menos 60 milhas (96 km) por ano foi estabelecida e as soluções mais aplicadas foram: ilhas de refúgio,

alargamento de calçadas, extensão das calçadas, zonas de pedestres, ciclofaixas, reconfiguração de faixas, semáforos com contagem regressiva, sinalização horizontal e vertical e modificação nas regulações de estacionamento.

O Plano de Ação de Segurança de Pedestres de Londres (Londres, 2014) possui uma seção denominada Entendendo as Causas, a qual elucida onde e quando ocorrem os sinistros e quem são as vítimas mais frequentes de acordo com estatísticas fornecidas pela polícia londrina. Esse conhecimento foi usado para identificar ações para melhorar a segurança de pedestres na capital britânica, determinadas na fase seguinte do plano de ação. Para esse efeito, foi criada a *Mayor's Road Task Force* (RTF), com descrições levantando as prioridades locais e da rede e orientações para a política operacional e as decisões de investimento, fornecendo uma base para alocar capacidade e espaço viário apropriado para grupos de usuários e estabelecendo os níveis de serviço que os usuários podem esperar do tipo de via. Por fim, foram definidas as ações para alcançar as metas de segurança estabelecidas até 2020. As ações foram agrupadas por áreas-chave para abordar os fatores de colisão e tendências identificadas pela análise nesse plano, sendo indicadas a seguir:

- Projetar ambientes de caminhada seguros e confortáveis;
- Inovação na melhoria da segurança de pedestres;
- Velocidade e fiscalização;
- Melhorar os padrões do motorista e do veículo;
- Maior comunicação e informação sobre segurança de pedestres;
- Mais análises e pesquisas sobre as causas dos sinistros de pedestres e como eles podem ser evitados.

No Brasil, ainda não foi encontrado e colocado em prática nenhum plano de ação especificamente para a segurança de pedestres. Porém, o município de São Paulo elaborou um Plano de Segurança Viária (São Paulo, 2019), que foi pensado com objetivo de orientar as políticas públicas de segurança viária na cidade até o ano de 2028. O documento é dividido em três capítulos. O capítulo 1 conceitua o plano em si e as políticas nele apresentadas. Esta parte do plano esclarece que nenhuma morte no trânsito é admissível, especialmente as de usuários mais vulneráveis, que são prioridades em suas ações. O capítulo 2 detalha os problemas de segurança viária da cidade, com dados de mortes e de sinistros, seus perfis e localidades. O capítulo 3 descreve o plano de ação (São Paulo, 2020).

Na abordagem direcionada aos pedestres no plano de segurança viária da capital paulista, é estabelecida a prioridade destes usuários, tendo em vista a sua vulnerabilidade no trânsito (São Paulo, 2019). Dessa forma, o documento estabelece ações para a redução de seus sinistros e mortes nas ruas da cidade. Além das medidas educativas, determinou-se intervenções no desenho e na sinalização das vias que apresentaram maiores números de mortos e ferimentos graves no trânsito, tais como melhorias nas sinalizações, adequações na geometria das vias, adequações nos ciclos semaforicos e tempos de travessia para pedestres e reforço na presença de agentes de trânsito nesses locais. Outra intervenção planejada foi o remanejamento de velocidades nas vias do município, retirando prioridade para a fluidez do tráfego de veículos motorizados. Sendo assim, as vias arteriais têm a velocidade máxima estabelecida em 50 km/h, as coletoras em 40 km/h e as locais em 30 km/h (São Paulo, 2019).

No caso de Belo Horizonte, a Lei 11.181 (Belo Horizonte, 2019b), que institui o Plano Diretor, determina que para o município:

Art. 322 - Constituem ações relativas ao sistema de circulação e à segurança:

I - instituir programa municipal de segurança no trânsito, com vistas a zerar o número de mortos em acidentes de trânsito, usando como indicador o número de óbitos ocorridos em até 30 (trinta) dias após o acidente e a ele relacionados;

II - implementar sistema semaforico inteligente, que leve em consideração a aproximação de veículos de transporte público coletivo (p. 81).

O Plano de Mobilidade de Belo Horizonte (2013) prevê medidas que visam à segurança dos pedestres alinhadas com o Visão Zero. Boa parte dos esforços previstos se direcionam às travessias existentes em interseções semaforizadas. Dessa forma, foi estabelecido que seja revista a organização de faixas de pedestres e os tempos semaforicos devem ser configurados com programações mais favoráveis à segurança dos pedestres. Alguns tempos de ciclos semaforicos devem ser reduzidos, os pedestres receberão mais tempos de verde e as programações de travessias serão realizadas em apenas um tempo, sem espera no canteiro central (Belo Horizonte, 2017a).

O projeto (Belo Horizonte, 2017a) previa também, as implantações de Zonas 30, as quais já foram implantadas nos bairros Cachoeirinha, Lagoinha e Confisco em 2019 e no Santa Tereza em 2021 (Belo Horizonte, 2021a) e o tratamento de rotas para pedestres, para estabelecer áreas próprias para circulação de pedestres e ciclistas com segurança, especialmente no Hipercentro

ou nas centralidades (locais do município onde se registra mais atropelamentos). A implantação do Projeto Velocidade Segura nas vias arteriais e coletoras e nas proximidades das estações do BRT/MOVE também foi prevista. Sendo esses locais considerados os de maior risco para os pedestres. Outras medidas contidas no plano, que podem melhorar a segurança dos pedestres, são melhoria da sinalização para pedestres, expansão da rede cicloviária e medidas educativas e introdução intensiva de auditoria de segurança em projetos viários.

Devido a um pacto com a Agenda Global (plano de ação desenvolvido pela Organização das Nações Unidas com objetivo de promover o desenvolvimento social) a Prefeitura de Belo Horizonte monitora os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) através de um Sistema Local de Monitoramento de Indicadores, ao qual foi atribuído um conjunto de 159 indicadores correspondentes a 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Belo Horizonte, 2021b). O Objetivo 11 deste conjunto foca em tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Alguns dos indicadores contidos neste objetivo tratam de questões de mobilidade urbana, sendo eles os presentes na Tabela 3.2. O indicador O11-I10, Percentual de interseções semaforizadas com travessia total para pedestres em relação ao total de interseções semaforizadas (em %), que registra a proporção de interseções com travessias com faixa e semáforo para pedestres e cujo monitoramento é realizado pela BHTRANS, é o único que aborda pedestres em interseções (Belo Horizonte, 2020).

Tabela 3.2: Indicadores ODS relativos à mobilidade urbana

ID	Indicador	Fonte
O11-I06	Percentual de viagens em modos coletivos em relação ao total de viagens motorizadas (em %)	Pesquisa OD/FJP
O11-I07	Percentual de viagens em modos não motorizados (bicicleta e a pé) em relação ao total de viagens (todos os modos) (em %)	Pesquisa OD/FJP
O11-I08	Velocidade operacional média do transporte coletivo - pico tarde (em km/h)	BHTRANS
O11-I09	Extensão de vias que tiveram redução de limite de velocidade para 30 km/h com foco no projeto zona 30 (em km)	BHTRANS
O11-I10	Percentual de interseções semaforizadas com travessia total para pedestres em relação ao total de interseções semaforizadas (em %)	BHTRANS
O11-I11	Percentual da extensão da rede cicloviária implantada em relação à rede viária total (em %)	BHTRANS
O11-I22	Índice de acessibilidade do embarque e desembarque da frota de transporte coletivo (IAED tc)	BHTRANS
O11-I23	Taxa de mortalidade em acidentes de trânsito (óbitos por 100 mil habitantes)	DETRAN; BHTRANS
O11-I23a	Taxa de mortalidade em acidentes de trânsito - óbitos até 30 dias do acidente (óbitos por 100 mil habitantes)	Projeto Vida no Trânsito (PVT)/SMSA/PBH

Fonte: Belo Horizonte, 2020

De acordo com Fitzpatrick *et al.* (2018), nem sempre é possível a identificação de locais com preocupações de segurança de usuários não motorizados com o uso de um simples processo de triagem de rede. O número de sinistros que envolvem apenas veículos motorizados, que suplanta o número de sinistros envolvendo pedestres ou ciclistas, diversas vezes pode mascarar os locais com problemas específicos para pedestres. Sendo assim, o *Guidebook on Identification of High Pedestrian Crash Locations* (Fitzpatrick *et al.*, 2018) apresenta instruções para a identificação de locais com alto risco para pedestres, onde as seguintes etapas são identificadas: seleção da abordagem, coleta de dados, plano de avaliação, identificação de locais prioritários.

3.1 Segurança de pedestres relacionada às características de tráfego e infraestrutura viária

Em diversas situações, como quando se desenvolve planos de ação e estudos de segurança de pedestres, os órgãos públicos devem procurar saber onde se concentram os problemas que causam os locais críticos de sinistros (Zegeer *et al.*, 2009). Desse modo, para a coleta de dados que tratem destes tópicos, deve-se entender quais são os fatores que mais afetam as potencialidades de sinistros com pedestres. Sendo assim, são redigidas, mundialmente, diversas publicações que podem direcionar os técnicos a entender quais condições são mais significativas para a segurança dos pedestres, algumas delas que serão citados a seguir neste trabalho.

Mukherjee e Mitra (2020), aplicaram um modelo de regressão logística para identificar os fatores que podem aumentar os riscos de colisões com pedestres, obtendo resultados que demonstram que deficiências na infraestrutura, características geométricas, uso do solo e características do tráfego influenciam na falta de segurança para os pedestres. Além disso, considera-se que a verificação da segurança de pedestres é usualmente realizada pesquisando três características principais de ponto de interesse: volume de tráfego, parâmetros do projeto geométrico e fatores ambientais da via (Tulu *et al.*, 2015).

A dimensão do volume de tráfego se relaciona proporcionalmente com a gravidade e as chances de ocorrer sinistros. Trechos de rodovias em áreas urbanas que contam com maiores volumes de veículos em circulação, são apontados como aqueles que têm maiores números de sinistros com vítimas lesionadas (Carmo, 2019). Os resultados do trabalho desenvolvido por Miranda-Moreno *et al.* (2011) apontam que uma redução em 30% do volume de tráfego em um local

pode reduzir em 35% o número de pedestres feridos em sinistros e em 50% o risco de colisão com pedestres em interseções.

Assim como o volume de tráfego, a composição de tráfego também é uma variável utilizada para determinar a segurança dos pedestres, de forma que Roudsari *et al.* (2004) afirmam que, quando em condições iguais de velocidade e idade da vítima, a probabilidade de morte de pedestres atingidos por caminhões é significativamente maior que a daqueles atingidos por veículos de passeio. A probabilidade do número de ferimentos graves em sinistros é proporcional à porcentagem de veículos pesados em uma via, assim, é recomendável a restrição de tráfego de caminhões em áreas com maiores números de habitantes e circulação de pedestres (Haleem *et al.*, 2015).

Nas áreas urbanas, os caminhões são menos comuns que nas áreas rurais, sendo os ônibus os veículos pesados mais predominantes (Hallenbeck e Smith, 1997). Pelos problemas de segurança e operacionais causados pelos veículos pesados em áreas urbanas, muitas cidades restringem a circulação de veículos muito pesados em seus centros e áreas adensadas (Iranzhad *et al.*, 2010). Assim é o caso de Belo Horizonte, onde, segundo a Portaria BHTRANS DPR N.º 004/2019 (Belo Horizonte, 2019a), o acesso a veículos com mais de 5,5 toneladas e comprimento superior a 6,50 metros é permitido apenas em horários não comerciais e a circulação de cavalos mecânicos e carretas é proibida nas suas áreas centrais.

Abordando as características geométricas, um exemplo que pode influenciar na segurança de pedestres se refere às curvaturas nas vias. Curvas mais acentuadas, por exemplo, dificultam consideravelmente as manobras dos veículos e induzem conflitos potenciais, especialmente em interseções e com veículos pesados, como ônibus e caminhões, o que pode aumentar a possibilidade de sinistros (Wong *et al.*, 2007). Menores raios de curvas não permitem que os motoristas tenham muito tempo para visualizar os pedestres que possam estar nas vias para evitar sinistros (Roudsari *et al.*, 2006).

Da mesma forma, a segurança e o comportamento dos pedestres são afetados de maneira significativa pelo número de faixas de circulação para veículos observado em uma travessia, de maneira que quando há um número maior de faixas na via, os pedestres têm maior tendência a iniciar a sua travessia com menores brechas entre veículos e mais arriscadas (Kadari e Vedagiri, 2013). O número de conflitos entre pedestres e veículos nas travessias de duas mãos com seis

faixas de circulação é 5,96 vezes maior do que nas travessias de duas mãos e 2,04 vezes maior do que nas travessias de quatro vias (Zhang *et al.*, 2019).

Além disso, outras características geométricas quantificáveis, como largura da via e estacionamento na rua, podem afetar as velocidades nas quais os motoristas se sentem confortáveis ao dirigir (maiores larguras de faixas, podem resultar em maiores velocidades) e aumentar o tempo de travessia dos pedestres, gerando a gravidade e frequência dos ferimentos em pedestres como resultado (Zajac e Ivan, 2003). A presença de canteiros centrais ou refúgios para pedestres em vias com maiores números de faixas de rolagem pode oferecer um ponto onde o pedestre, no meio de sua travessia, seja possibilitado a se concentrar por vez em apenas um sentido de tráfego (Schneider *et al.*, 2010). Segundo o Manual de Projeto Geométrico do DNIT (Brasil, 2010), a largura mínima para canteiros centrais com refúgio de pedestre em vias arteriais primárias é 1,20 m e a largura desejável é de 3,00 m.

Normalmente, intervenções na infraestrutura podem ser usadas como forma de diminuir a potencialidade de sinistros com pedestres. Segundo Gitelman *et al.* (2012), para se obter um tratamento efetivo da infraestrutura para a segurança viária para pedestres, é necessário realizar uma abordagem sistema dos problemas na via ao invés de uma abordagem local, de forma que sejam diminuídas áreas de conflitos entre veículos e pedestres e reduzir de maneira significativa a velocidade de pedestres em locais com presença de pedestres. Dentre essas intervenções, as medidas de *traffic calming* (moderação de tráfego) se mostram especialmente efetivas, com potencial de reduzir até 15% de pedestres feridos ou mortos em países desenvolvidos (Bunn *et al.*, 2003).

Exemplos de *traffic calming* bastante efetivos para o controle de velocidade são as ondulações transversais (ou lombadas) e as faixas elevadas para travessia de pedestre, porém esses dispositivos apresentam restrições a veículos de emergência e dificuldades de operação em vias com velocidade acima de 40 km/h (Ribeiro e Calháo, 2017). No Brasil, as regulações de ondulações e de faixas elevadas para travessia de pedestres são estabelecidas pela Resolução Nº 600 (Brasil, 2018) e pela Resolução Nº 738 (Brasil, 2018), ambas redigidas pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Além dos dispositivos de *traffic calming*, Pulugurtha *et al.* (2012) citam os mais alguns, representados nas Figuras 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4:

- Faixas de pedestres de alta visibilidade;
- Refúgio em canteiro central;

- *Danish offset* (uso de barreiras em canteiro central para direcionar e proteger os pedestres);
- Canalização de pedestres.

Figura 3.1: Faixa de pedestre de alta visibilidade



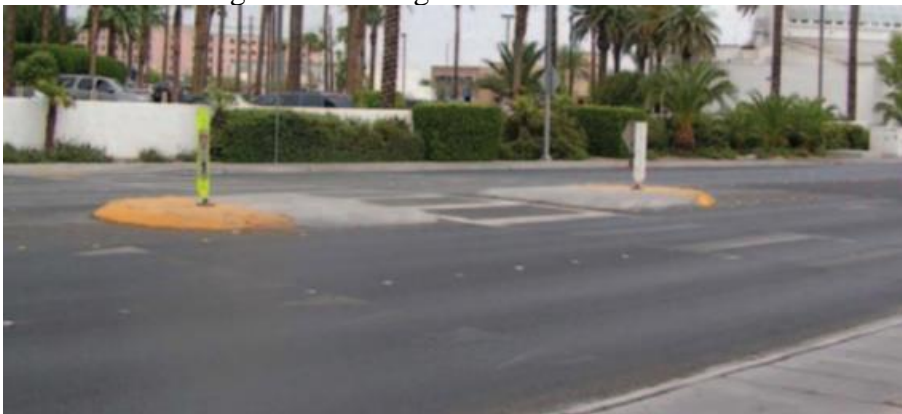
Fonte: Pulugurtha *et al.* (2012)

Figura 3.2: *Danish offset*



Fonte: Pulugurtha *et al.* (2012)

Figura 3.3: Refúgio em canteiro central



Fonte: Pulugurtha *et al.* (2012)

Figura 3.4: Canalização de pedestres



Fonte: Pulgurtha *et al.* (2012)

Também é válido mencionar os efeitos da sinalização transversal, cuja função é fornecer informações aos usuários das vias, para que eles possam adotar comportamentos adequados, aumentando a segurança e ordenando os fluxos de tráfego. No caso do Brasil, as placas de advertência (que advertem os usuários de riscos potenciais) direcionadas a pedestres no Brasil devem ser utilizadas em áreas urbanas quando a faixa de travessia de pedestres for de difícil percepção pelo condutor ou quando há comprometimento da segurança dos usuários (Brasil, 2007). Ainda segundo o Manual de Sinalização Vertical de Advertência do CONTRAN (2007), as placas direcionadas a pedestres no Brasil são:

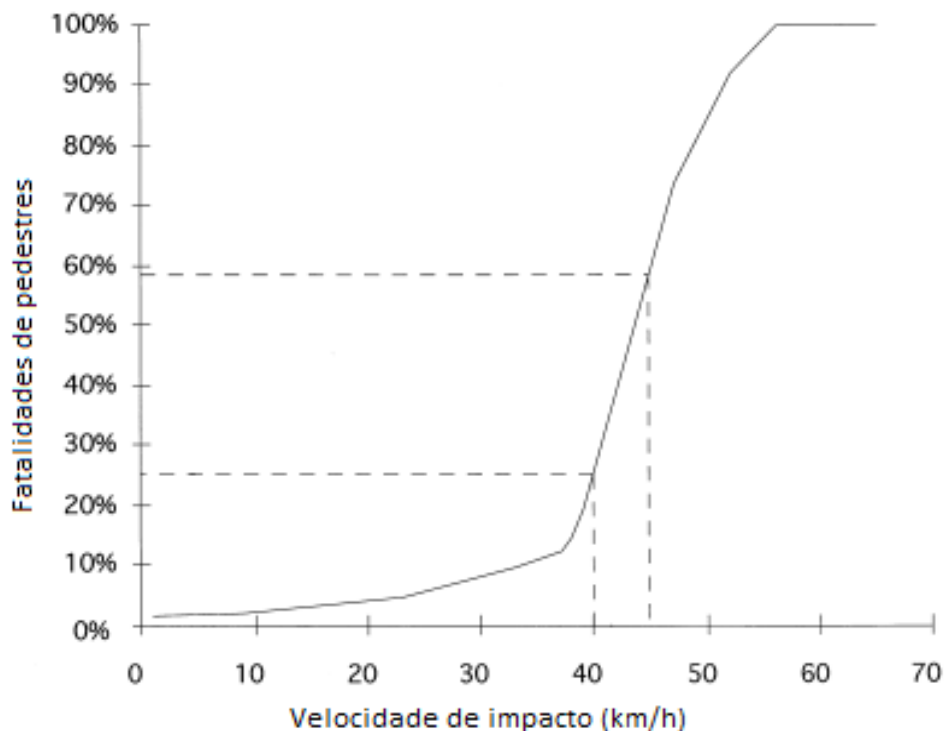
- A-32.a (Trânsito de pedestres): adverte o condutor da existência de trecho com trânsito de pedestres.
- A-32.b (Passagem sinalizada de pedestres): adverte o condutor da existência de local sinalizado com faixa de travessia de pedestres.
- A-33.a (Área escolar): adverte o condutor da existência de trecho de via com trânsito de escolares.
- A-33.b (Passagem sinalizada de escolares): adverte o condutor da existência de local sinalizado com faixa de travessia de pedestres com predominância de escolares
- A-34 (Crianças): adverte o condutor da existência de área adjacente utilizada para o lazer de crianças.

As velocidades dos veículos também exercem influência na frequência e severidade dos sinistros que envolvem pedestres (ITDP, 2019). O desenho convencional das vias arteriais tende a ter muitas interseções, simultaneamente operando em velocidades elevadas, trazendo

problemas de segurança (Li e Wang, 2017). A combinação de conflitos de tráfego e veículos em alta velocidade são fatores que contribuem para os riscos para pedestres, de forma que áreas onde há harmonia no trânsito de pedestres e veículos e onde há menores velocidades de tráfego, tendem a ser mais seguras para pedestres (Dumbaugh e Li, 2010). Rosén e Sander (2009) constataam que os riscos de fatalidades em atropelamentos a 50 km/h são duas vezes mais altos que em atropelamentos a 40 km/h e cinco vezes mais altos que a 30 km/h.

Com essas informações, verifica-se a importância das recomendações da Organização Mundial da Saúde (2018), que sugere que as velocidades nos centros urbanos sejam reduzidas a um máximo de 50 km/h. Anderson *et al.* (1997) também afirmam que pequenas reduções na velocidade de operação dos veículos, podem produzir grandes reduções na velocidade de colisão e podem evitar sinistros. Nestas situações, o motorista quase sempre tenta uma frenagem de emergência, onde a distância de parada durante essa frenagem é proporcional ao quadrado da velocidade. Portanto, quando a velocidade de circulação dos veículos é alta, os motoristas têm menos tempo de reação para realizar a frenagem e evitar o sinistro (Fambro *et al.*, 1998).

Figura 3.5: Fatalidades de pedestres em função da velocidade

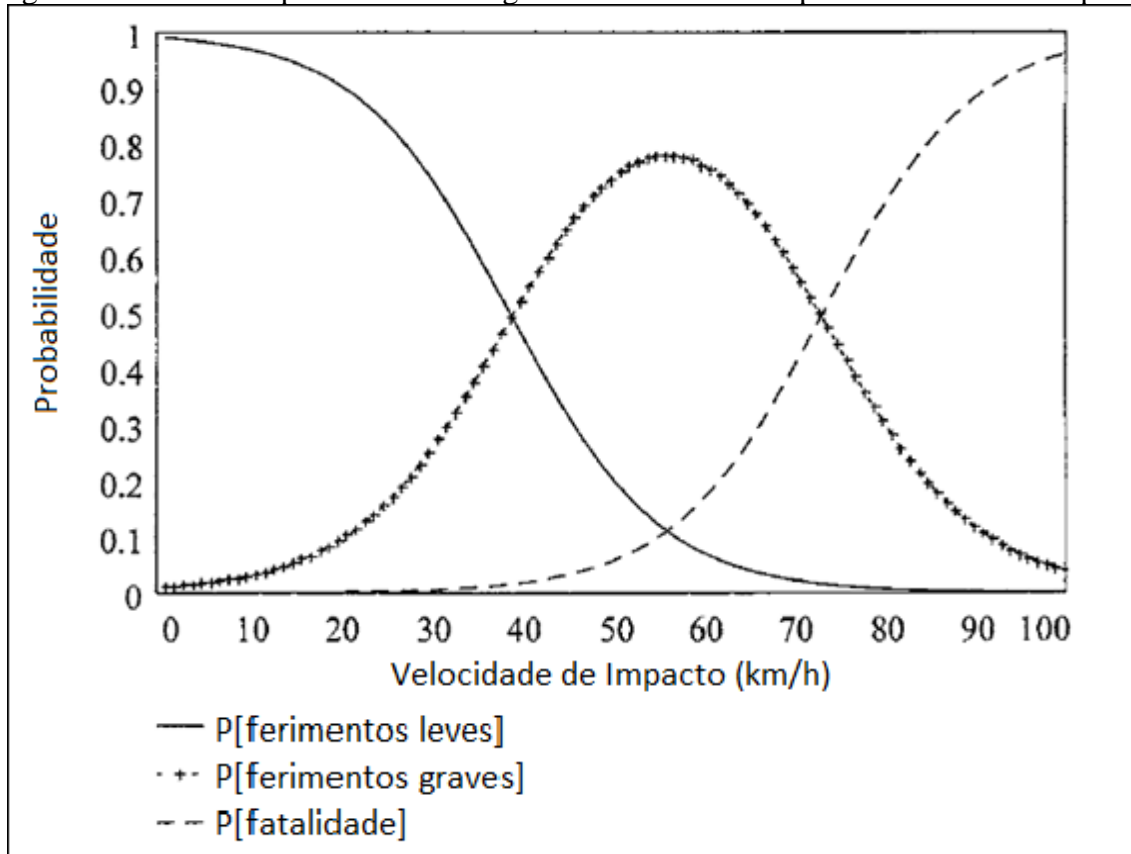


Fonte: Anderson *et al.* (1997)

Normalmente, quando ocorre um sinistro com pedestres em alta velocidade, a velocidade de colisão é muito próxima da velocidade antes de iniciar a manobra de frenagem. Segundo

Knoblauch *et al.* (1977), os sinistros de pedestres mais frequentes que ocorrem em áreas residenciais envolvem crianças ou adolescentes. Dessa forma, Davis (2001) sugere que um limite plausível em áreas residenciais para a velocidade máxima permitida seja de 40 km/h, tendo em vista as probabilidades de sinistros graves com crianças até 14 anos de idade nessa velocidade, conforme pode se verificar na Figura 3.6.

Figura 3.6: Curvas de probabilidade de gravidade em sinistros para velocidade de impacto



Fonte: Davis (2001)

O ambiente da via influencia na visibilidade dos pedestres para os motoristas e, conseqüentemente, nas condições de segurança no local. Por exemplo, as vias e faixas de pedestres onde há maior iluminação noturna têm uma redução considerável na redução de atropelamentos ocorridos durante a noite (Pollus e Katz, 1978). A distância de visibilidade é a extensão em uma via que seja vista à frente de um motorista e é extremamente importante para a segurança viária (Zhang *et al.*, 2008). Para a segurança de pedestres, é relevante a distância de visibilidade de frenagem, que é a distância percorrida pelo veículo durante o tempo de percepção e reação do motorista somado ao tempo efetivo para parar o carro (Pimenta e Oliveira, 2004).

Ademais, a permissão de estacionamentos de veículos nas vias pode bloquear a visão de pedestres e motoristas, sendo, dessa forma, recomendado que próximo a pontos de travessia seja estabelecida uma proibição de estacionamento, ou a implementação de estacionamento diagonal, onde veículos estacionem a um ângulo (normalmente 30 graus) em relação ao meio fio na direção do tráfego (Retting *et al.*, 2003). O mesmo ocorre com pontos de ônibus, que podem bloquear a visibilidade dos pedestres que atravessam as vias, sendo indicado sua realocação para pontos mais distantes das travessias, ou após as travessias em relação ao tráfego viandouro (Loukaitou-Sideris *et al.*, 2007).

Por fim, a falta de acessibilidade é um problema para pedestres nas grandes rodovias e vias arteriais. Silva Jr. e Ferreira (2008) pesquisaram a rodovia BR-050, em Uberlândia (MG), onde identificaram um efeito barreira (efeito de grandes estruturas de transporte no deslocamento de usuários não motorizados) para os pedestres nos cruzamentos urbanos, mostrando a existência de restrições aos deslocamentos de pedestres em uma área ocupada cortada por uma via arterial, apontando o risco de sofrer um sinistro como o motivo principal para as dificuldades de pedestres. A redução de conflitos entre pedestres e veículos é essencial para a redução do número de atropelamentos (Day *et al.*, 2007).

3.2 Segurança de pedestres e características do ambiente urbano

Existem fatores relacionados ao espaço urbano que estão diretamente ligados ao número de sinistros dos pedestres. Nesses casos específicos, esses fatores normalmente não são associados às características de tráfego ou da infraestrutura, mas às atividades desempenhadas no espaço urbano (Stoker *et al.* 2015). O uso do solo, por exemplo, é uma dessas características. O resultado de estudos de Dai e Jaworski (2016), indica que as vias que passam por áreas com maiores proporções de densidade populacional ou onde os moradores usam transporte público para realizar suas atividades têm maior probabilidade de ocorrer sinistros com pedestres envolvidos. Essas regiões normalmente contam com muitos pedestres trafegando por suas vias e devem ter uma atenção especial durante o planejamento de trânsito.

As atividades recorrentes em um determinado local podem alterar as suas condições de segurança. Por exemplo, o aumento da densidade da área comercial associa-se a maiores ocorrências de atropelamentos. Isso pode ser atribuído às atividades em vias locais e coletoras, que aumentam o risco potencial dos pedestres entrarem em conflito com o tráfego motorizado (Osama e Sayed, 2017). Su *et al.* (2021) também relatam que a presença de bares e restaurantes

ou hotéis em uma região aumentam o risco de sinistros tanto para veículos motorizados quanto para pedestres. Em todas essas situações há o aumento de exposição de pedestres. Ademais, com o embarque e desembarque nos hotéis, a quantidade de conflitos em um local se eleva, principalmente quando faltam estruturas adequadas para a sua realização (Su *et al.*, 2021).

Em seus estudos, Ukkusuri *et al.* (2012), utilizando dados de sinistros com pedestres em Nova Iorque, identificaram aumento de probabilidade de ocorrência de sinistros envolvendo pedestres em trechos com as seguintes características, que destacam a importância de intervenções em pontos críticos para a melhoria da segurança na mobilidade ativa, a saber:

- Trechos inseridos em áreas industriais e comerciais;
- Trechos com muitas viagens de transporte público e estações de metrô;
- Trechos com grande número de interseções com quatro ou cinco aproximações;
- Arteriais sem restrições de acesso;
- Vias com muitas faixas de rolamento ou pistas mais largas.

Esses problemas de segurança em vias urbanas diversas vezes são causados por infraestrutura inadequada para os pedestres. Em um estudo de Shresta e Liu (2018), foram usadas metodologias, como questionário a partes interessadas, para verificar situações e locais com riscos potenciais de segurança, visitas e avaliações dos locais, utilização de ferramenta de análise GIS na análise de dados de colisão e avaliação da geometria das estradas. Em áreas comerciais e residenciais com grande volume de pedestres, foram identificadas a falta de instalações para acomodar pedestres e ciclistas, a sinalização precária ou inconsistente em travessias de pedestres, e a necessidade de revisão de limites de velocidade e de geometria das vias.

3.3 Segurança de pedestres em interseções

As interseções são consideradas locais muito perigosos para os pedestres na rede viária, pois nelas a separação modal muitas vezes é impossível. Os elementos de geometria, controle de tráfego e ambiente construído potencializam o risco de colisões, pois operam com maiores exposições a risco para o usuário e são ambientes de difícil organização do trânsito (Stipancic *et al.*, 2020). Para se avaliar como as características de uma interseção impactam os pedestres, é necessário quantificar as relações entre os diferentes fatores relacionados a essa interseção e os sinistros que ocorram com esses usuários (Quistberg *et al.*, 2015). As interseções aumentam

o número de conflitos tanto veículo-veículo quanto veículo-pedestre, tornando maiores, consequentemente, as chances de sinistros (Sayed e Zein, 1999).

Chin e Quek (1997) descrevem os conflitos de tráfego como incidentes críticos que ocorrem no trânsito, não necessariamente ocorrendo colisões e que são constantemente usados em estudos de tráfego para se identificar locais com problemas de segurança viária em vias e interseções. Segundo a definição de Parker Jr. e Zegeer (1989), na ocorrência desses eventos, dois usuários devem estar em rota de colisão, (sejam em situações entre dois veículos, veículo-pedestre ou veículo-ciclista) e ao menos um dos usuários envolvidos faz uma manobra evasiva para evitar uma possível colisão.

Interseções que permitem curvas à esquerda são especialmente complicadas, pois ao realizar a curva, os veículos muitas vezes a iniciam no mesmo instante ou pouco depois que os pedestres atravessam a via, gerando conflitos. Essa área de conflito se torna um local com grande potencial de colisões com pedestres (Cheng *et al.*, 2014). Segundo Petritsch *et al.* (2005), além das curvas à esquerda, os movimentos de curva à direita durante o vermelho em interseções são percebidos como mais arriscados pelos pedestres, hipótese que é explicada, pois os movimentos de seguir adiante e curvas à direita no verde são esperados pelos pedestres, enquanto as curvas à esquerda e à direita no vermelho são imprevisíveis.

Em vias onde há tráfego intenso de veículos, é essencial para a redução de atropelamentos a redução de conflitos pela adequada programação semaforica e a separação temporal e espacial entre pedestres e veículos (Khisty, 1994). Para esses fins, uma atenção ao número de vias que acessam a interseção deve ser devidamente tomada, visto que Pulughurta e Sambhara (2011) examinaram interseções semaforizadas na Carolina do Norte (EUA), chegando à conclusão que o perigo de sinistros para pedestres é relativamente alto em cruzamentos sinalizados de quatro aproximações, em comparação com cruzamentos sinalizados de três aproximações. As interseções do centro de Belo Horizonte comumente são o encontro de três vias quando envolvem ao menos uma avenida, podendo ter até seis aproximações, como é o caso da interseção entre Avenida Bias Fortes, Rua dos Timbiras e Rua Curitiba, representada na Figura 3.7.

Figura 3.7: Interseção Av. Bias Fortes / R. dos Timbiras / R. Curitiba (Hipercentro de Belo Horizonte)



Fonte: Google Earth (2022)

Nas interseções, a observação do tempo semafórico é importante para a segurança de pedestres. De acordo com Tiwari (2007), a probabilidade de um pedestre atravessar uma via, em um momento que ela não está segura, como quando as luzes semafóricas apresentam verde ou amarelo para os veículos motorizados, varia de acordo com o tempo de espera, pois as pessoas, em geral, não estão dispostas a esperar por um longo período para realizarem a travessia das vias. Conforme o tempo de espera do sinal aumenta, os pedestres ficam impacientes e violam o sinal de trânsito, aumentando o risco de serem atingidos por um veículo (Papadimitriou *et al.*, 2009). Quanto à travessia no vermelho, Liu *et al.* (2000) classificam os pedestres em três categorias. Os obedientes à lei são aqueles que atravessam as vias apenas no vermelho. Os oportunistas tipo 1 e tipo 2 tendem a atravessar durante o vermelho. A diferença entre os dois tipos é o tempo de espera para iniciar a travessia.

Gårder (1989) afirma que quanto maior a cidade, maior o número de pedestres que atravessam durante o vermelho, sendo difícil diminuir esse número através de alterações das características da via. As medidas que podem ajudar nessa redução normalmente prejudicam a segurança de

pedestres de alguma forma, como criação de vias mais largas ou remoção de canteiros centrais e refúgios, de maneira que a forma mais eficaz de reduzir os pedestres que não respeitam o vermelho é por medidas educativas. Assim, recomenda-se que, em interseções cujas travessias sejam curtas, os tempos de vermelho para pedestres devem ser reduzidos para se evitar que os pedestres atravessem em tempo inadequado (Yang e Sun, 2013). Segundo o Guia Global de Desenhos e Ruas, elaborado pela NACTO e GDCI (2013), os ciclos semafóricos com mais de 90 segundos de duração fazem com que as avenidas se tornem barreiras e tornam as travessias frustrantes e perigosas, de forma que, para as travessias urbanas, ciclos entre 60 e 90 segundos são ideais para minimizar atrasos e criar oportunidades de travessias para pedestres com menores intervalos.

O tempo de verde em semáforos para pedestres possui igual importância na determinação da segurança, pois usuários com dificuldades de locomoção, como idosos, pessoas com deficiência ou pais com criança(s) se locomovem mais vagarosamente e podem não terminar a travessia a tempo, quando a luz verde for muito breve (Bennett *et al.*, 2001). Gualberto (2016) entrevistou pedestres em Belo Horizonte, que demonstraram sentir-se pressionados com o tempo oferecido para travessia nos semáforos da cidade. O autor também realizou diversas medições de velocidade de pedestres e a avaliação de tempos semafóricos em travessias, onde foi usada a velocidade de pedestres mínima registrada (0,43 m/s) para cálculo do tempo de verde ideal (em relação à distância de travessia). Em contradição com essa definição de velocidades mínima e ideal, a NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (ABNT, 2020) define que o tempo de travessia de pedestres deve estar adequado à marcha de pessoas com mobilidade reduzida de 0,4 m/s, sendo esse considerado o valor ideal.

De maneira geral, nas travessias em locais não semaforizados, o que mais influencia o tempo de espera (atraso) e o número de tentativas de travessia dos pedestres são a aproximação do volume de tráfego e as velocidades dos veículos, de forma que os pedestres que mais assumem riscos na travessia têm um tempo de espera mais reduzido (Hamed, 2021). Em uma análise de aceitação de brechas de pedestres Jain *et al.* (2014) determinaram alguns padrões de comportamentos de pedestres durante travessias, de maneira que se verifica que a maioria dos pedestres adotam margens de segurança entre 1 a 4 segundos e aceitação de brechas entre veículos em aproximação entre 2 a 6 segundos.

3.4 Métodos de avaliação de segurança de pedestres na literatura

Em geral, observar o comportamento de pedestres e de motoristas, verificar as características das vias e locais de circulação de pedestres ou mapear locais com maiores incidências de atropelamentos são formas usuais de se identificar locais com necessidades de melhorias na segurança de pedestres. Outras formas existentes para se acessar a segurança de pedestres são a aplicação de *checklists* de indicadores de adequação aos pedestres e cálculos de nível de serviço de pedestres (Zegeer, 2002). Internacionalmente, pode-se encontrar alguns desenvolvimentos de métodos de avaliação de segurança de pedestres em vias urbanas, que serão comentados neste trabalho, com fins de verificação de quais tipos de dados são mais usuais em pesquisas da literatura, que serão brevemente descritos a seguir.

Gomes (2010) construiu modelos que se baseiam em variáveis como volumes de tráfego de veículos e pedestres, características da infraestrutura viária e estatísticas de sinistros com pedestres na cidade de Lisboa para a estimativa de frequência de sinistros em áreas urbanas, usando distribuição binomial negativa. Esses dados foram coletados e mapeados em plataformas GIS e os modelos desenvolvidos por ele permitiram estimar a frequência de sinistros em um segmento ou interseção.

Por sua vez, o índice desenvolvido por Zegeer *et al.* (2006) priorizou a segurança de faixas de pedestres em interseções na Filadélfia, Pensilvânia e Flórida. O Ped ISI (*Pedestrian Intersection Safety Index*) é um modelo preditivo desenvolvido principalmente com base nas classificações de interseção e nas manobras de prevenção, no qual foram usadas variáveis como velocidade dos veículos, número de faixas, tipo de controle de interseção (semáforo, placa de pare) e volume de tráfego. O Ped ISI permite ao avaliador priorizar um grupo de interseções, dando a oportunidade de trabalhar com trechos perigosos dentro de limitações orçamentárias.

Basile *et al.* (2010) desenvolveram um método para mensurar a segurança de pedestres em interseções (sinalizadas e não sinalizadas) de áreas urbanas sem usar informações de tráfego, com a justificativa que as informações de características de tráfego são frequentemente difíceis de se obter. Foram categorizados hierarquicamente diversos fatores, os quais foram divididos em quatro categorias principais (concepção espacial e temporal, visibilidade diurna, visibilidade noturna e acessibilidade), que influenciam a segurança de pedestres. Após essa etapa, foi desenvolvido um índice composto para o cruzamento de segurança e índices específicos para os principais aspectos incluídos na avaliação. Posteriormente às análises, a categoria visibilidade noturna é a que mais influência na ocorrência de atropelamentos na via.

Asadi-Sheraki *et al.* (2015) formularam um índice de segurança de pedestres, denominado PSI (*Pedestrian Safety Index*). Os autores optaram por realizar as suas avaliações em nível macroespacial, ou seja, nos segmentos das vias. Dessa forma, o PSI trata-se de um sistema de pontuação, utilizando 24 indicadores, com foco em segurança para pessoas idosas e com deficiência em vias contínuas. A sua pontuação é dada pelo somatório dos indicadores corrigidos com um coeficiente de segurança (que se assemelha a um sistema de pesos).

De maneira semelhante, o índice de segurança desenvolvido por Marisamynathan e Vedagiri (2018) é focado em faixas de pedestres em cruzamentos semaforicos sob condições de tráfego misto, onde coletaram os dados de oito cruzamentos em Mumbai, na Índia, e realizaram questionários on-line com auxílio de vídeos dos trechos pesquisados. Realizou-se um teste de correlação de Pearson para identificar os fatores mais relevantes relacionados à percepção dos usuários. Fatores de características viárias foram considerados, tais como largura de canteiro central, volume de pedestres e volume de tráfego.

O trabalho de Montella e Mauriello (2010) também contempla a criação de um índice de segurança de pedestres voltado para travessias. Esse índice foi formulado a partir da combinação de dois fatores de risco: a exposição dos usuários aos riscos de sinistros, obtido com o volume médio diário de veículos e o volume médio diário de pedestres na travessia; e a probabilidade de envolvimento em um sinistro, obtido por meio da pontuação em um *checklist* de diversos indicadores distribuídos em seis categorias (características do local, distância de visibilidade, acessibilidade, sinalização horizontal e vertical, iluminação e características do tráfego), abordagem semelhante à proposta desta dissertação. Todas as categorias e indicadores têm pesos diferenciados na equação.

O índice concebido no trabalho de Cheng *et al.* (2014), batizado de SCI (*Safety Conflict Index*), é voltado para a análise de conflitos entre pedestres e veículos que fazem conversões à esquerda em cruzamentos. Dessa forma, foram utilizados dados das travessias de pedestres nos horários de pico, como: volume de pedestres, densidade de pedestres, volume de veículos e a velocidade dos veículos. O índice categoriza o nível de segurança das travessias de A (mais seguro em com menos conflitos) a D (mais perigoso e com mais conflitos).

Pulughurta e Sambhara (2011) examinam a relação entre atropelamentos e algumas variáveis, tais como características demográficas, características socioeconômicas, uso do solo, características das vias e acessibilidade ao sistema de transporte público. Dessa forma, os

autores desenvolveram modelos lineares generalizados, onde se calcula uma estimativa de atropelamentos pelo nível de atividade de pedestres e características das proximidades espaciais para extrair dados específicos do local em cruzamentos semaforizados. Para o desenvolvimento desse modelo, foram extraídos dados de 176 interseções semaforizadas, selecionadas aleatoriamente na cidade de Charlotte, nos Estados Unidos.

Soilán *et al.* (2018) buscaram desenvolver uma metodologia com a avaliação de diversos indicadores de segurança em locais com travessia de pedestres, com uso de informações geométricas e radiométricas extraídas de nuvens de pontos 3D coletadas por um Sistema de Mapeamento Móvel (MMS). O trabalho foi dividido em quatro módulos, que analisam a acessibilidade da área onde a travessia se localiza, a presença de semáforos e sinais de trânsito (controle de tráfego) e a visibilidade dos motoristas e pedestres nas proximidades da travessia. Os resultados da análise foram exportados para um Sistema de Informação Geográfica (GIS), para posterior processamento no contexto da gestão da cidade e para facilitação de visualização de resultados. O método foi testado em aproximadamente 30 faixas de pedestres em ambientes urbanos congestionados de duas cidades diferentes.

Diogenes e Lindau (2010) propuseram um método de avaliação de riscos de atropelamentos em travessias em meio de quadra voltado para vias em países em desenvolvimento. O trabalho compreendeu a análise dos atropelamentos registrados na cidade de Porto Alegre (RS) entre 1998 e 2006, e a identificação das travessias em meio de quadra com maior número de atropelamentos, de forma que 21 travessias foram selecionadas para avaliação. Um modelo de regressão de Poisson foi desenvolvido para encontrar a relação dos atropelamentos com as características operacionais e físicas predominantes dos pontos selecionados. Foi determinado que o risco de atropelamento é influenciado majoritariamente pela presença de vias e pontos de ônibus, largura da via, número de faixas de tráfego e volume de pedestres e veículos.

López *et al.* (2019) buscaram propor uma avaliação de segurança para faixa de pedestres para vias arteriais na Cidade do México, e, em seguida, fizeram a comparação do seu indicador com as taxas de sinistros de trânsito, a fim de determinar a associação entre a qualidade da faixa de pedestres e a incidência de sinistros de trânsito. Os autores identificaram critérios a serem usados no sistema de classificação por meio de uma revisão da literatura, os quais foram usados para a montagem do modelo de avaliação multicritério. Foi verificado que 91,3% das faixas de pedestres avaliadas não mostraram dispor das condições necessárias para a travessia segura dos

pedestres. Os resultados da modelagem indicaram que o uso misto do solo e o comprimento da faixa de pedestres são as variáveis mais importantes na previsão de sinistros de trânsito.

No HSM (*Highway Safety Manual*), publicado pela AASHTO (2010), estão disponíveis vários modelos de predição de sinistros, incluso modelo para previsão de sinistros veículo-pedestre, tanto para interseções quanto para segmentos de vias. O modelo considera em seus cálculos o volume de veículos, volume de pedestres e número de faixas que devem ser atravessadas pelos pedestres e a aplicação de diversos coeficientes e fatores de modificação, que variam de acordo com a proximidade de pontos de ônibus, escolas e comércios de bebidas.

O trabalho de Antov *et al.* (2011) descreve um projeto iniciado em Tallinn (Estônia), cujos objetivos principais foram, em primeiro lugar, elaborar um método para mapear os sinistros viários em cruzamentos e em suas proximidades e, em seguida, desenvolver um método que pudesse estimar quantitativamente os riscos potenciais das travessias de pedestres, utilizando fatores considerados influenciadores de perigo para pedestres, tais como velocidade, largura de via e geometria por exemplo.

O artigo de Wang *et al.* (2011) foca em interseções da região metropolitana de Pequim, China. Baseado em dados de pesquisa e dados de tráfego, os autores afirmam que seu trabalho demonstra que os principais fatores que levam aos conflitos de tráfego de pedestres são as infrações de trânsito, assim como a falta de instalações razoáveis para as travessias. Trabalha com medidas como instalações de tráfego, volume de veículos motorizados, volume de pedestres, conflito de tráfego de pedestres, taxas de violação da lei de tráfego de pedestres e realiza pesquisas. No texto, são propostas medidas adequadas para a melhoria da segurança de pedestres, incluindo uma melhor taxa de conformidade do tráfego de pedestres, assim como mais facilidades de travessia para pedestres.

Kraidi e Evdorides (2020) procuraram desenvolver um modelo de avaliação de segurança de pedestres e verificar o efeito da intensidade das atividades de pedestres nas imediações das vias. Ao estudar os diversos fatores, os autores constatam quais são os que mais mostraram influenciar os riscos para pedestres, sendo esses: proximidade de muitas paradas de transporte público, número de cruzamentos, velocidade do tráfego, volumes de tráfego, volume de pedestres e número de cruzamentos. Buscou-se associação dos fatores citados aos riscos de atropelamento por meio de modelos de Poisson.

A apresentação desses trabalhos desenvolvidos para avaliar a segurança de pedestres, em conjunto com os métodos de avaliação de acessibilidade em travessias de pedestres apresentados no tópico 2.3, tem o objetivo de buscar entender melhor os métodos empregados em literaturas anteriores e identificar os indicadores mais usuais e como são empregados nas suas avaliações. Dessa forma, os índices e outras metodologias aqui citados ainda serão discutidos no próximo capítulo, que define o IMS.

4 METODOLOGIA: DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE MICROACESSIBILIDADE POR SEGURANÇA DE PEDESTRES (IMS)

A realização deste trabalho consiste na construção de um índice de microacessibilidade sob a ótica da segurança de pedestres, específico para as interseções semaforizadas em vias urbanas que identifique as deficiências e potencialidades espaciais de acessibilidade e segurança de pedestres. Desenvolveu-se este índice para poder ser aplicado em interseções de vias de centros urbanos brasileiros, sendo direcionado, principalmente, ao Hipercentro de Belo Horizonte. A avaliação proposta neste índice deve levar em consideração os riscos de interação (conflitos) entre pedestres e motoristas, bem como as necessidades de pessoas com deficiência. O índice foi nomeado de IMS (Índice de Microacessibilidade por Segurança de Pedestres).

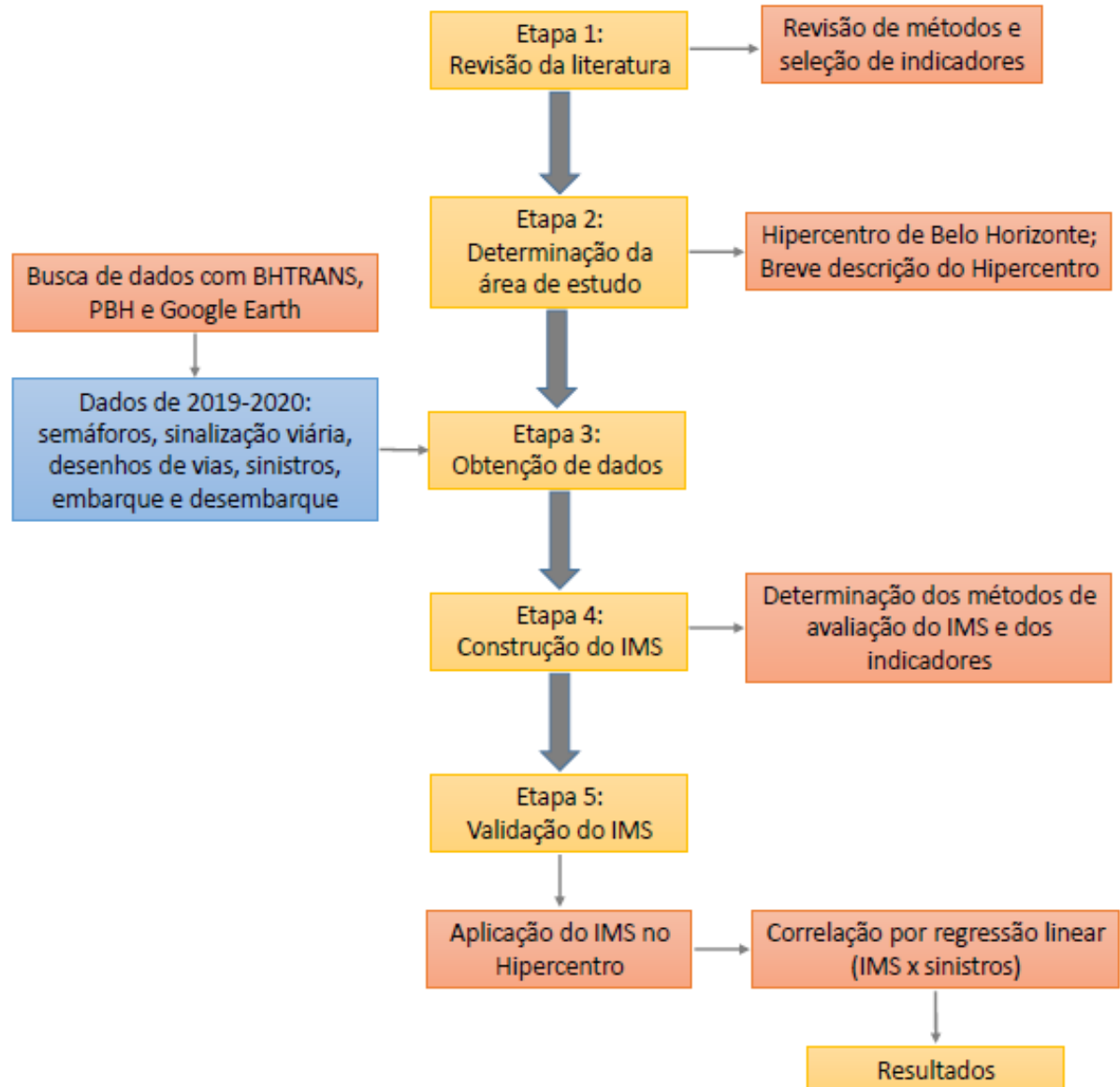
O IMS foi construído com o princípio de ser de simples aplicação, considerando a possível replicação em grandes áreas dos centros urbanos brasileiros. Buscou-se concebê-lo para que, possivelmente, seja incluído no Sistema Local de Monitoramento de Indicadores da ODS, monitorada pela Prefeitura de Belo Horizonte, dentro do Objetivo 11, como complementação ao indicador 011-I10 (Percentual de interseções semaforizadas com travessia total para pedestres em relação ao total de interseções semaforizadas). Percebe-se que esse indicador, por ser apenas uma proporção de interseções com faixas de travessias, precisa de melhorias para se ter uma real avaliação da situação dos pedestres na capital mineira.

A concepção do índice que avalie quantitativamente a microacessibilidade em interseções semaforizadas com base em indicadores que descrevem a segurança viária dos pedestres fundamenta-se em princípios como a definição dada pela LBI (Brasil, 2015). Essa legislação que estabelece que a acessibilidade é alcançada com segurança e autonomia. Essa definição também é corroborada pelos diversos métodos de avaliação de acessibilidade em interseções descritos nos capítulos anteriores deste trabalho, que utilizam parâmetros de segurança de pedestres para quantificar a microacessibilidade. O risco de sinistros e aumento de conflitos em uma via ou interseção podem aumentar atrasos e acarretar efeitos barreira aos pedestres, gerando locais menos acessíveis. Sendo assim, pode-se argumentar que um índice de microacessibilidade em interseções deve considerar as condições de segurança de pedestres no local onde é aplicado.

Para a criação de um índice nessas condições, concebe-se este trabalho, que está dividido em cinco etapas, organizadas no fluxograma da Figura 4.1 e resumidas nas linhas que seguem. As

etapas 1, 2 e 3 estão descritas mais detalhadamente nos tópicos 4.1, 4.2 e 4.3 e as Etapas 4 e 5 são detalhadas nos capítulos 5 e 6, respectivamente.

Figura 4.1: Fluxograma



Fonte: Elaborado pelo autor

A Etapa 1 compreende a revisão da literatura. Nessa etapa, realizou-se análise dos métodos na literatura para verificar as variáveis mais utilizadas e os métodos de pontuações de indicadores mais usuais, que permitiram a definição dos indicadores para o IMS. Na Etapa 2, determinou-se da área de estudo a partir da disponibilidade de dados nessa região, foi finalizada a escolha dos indicadores. A Etapa 3 apresenta a obtenção de dados para o trabalho, encontrados nas plataformas de dados *on-line* da Prefeitura de Belo Horizonte, Google Earth fornecidos por funcionários da BHTRANS. A partir dessas ferramentas, os dados relacionados aos desenhos

das vias, estatísticas de sinistros, sinalização semafórica, pesquisa de embarque e desembarque e características de sinalização viária foram coletados. Na Etapa 4, realizou-se a construção do IMS, e foram determinadas a sua forma de avaliação e dos indicadores. Na Etapa 5, foi feita a aplicação e validação do IMS, na qual o índice foi aplicado na área selecionada na Etapa 2 (Hipercentro de Belo Horizonte), cujos resultados foram testados com regressão linear (usando como eixo y, dados de sinistros dos anos de 2019 e 2020 relacionados à quantidade de viagens das regiões) e analisados.

4.1 Revisão da literatura

A revisão da literatura (Etapa 1 do trabalho) serviu para realizar as análises de trabalhos anteriores, ao passo que sejam identificados os indicadores que tem potencial para serem usados na composição do IMS e as metodologias que sirvam como base para o desenvolvimento deste trabalho.

Para atingir este objetivo, vários documentos que descrevem acessibilidade e segurança de pedestres em vias com travessias e interseções (descritos nos capítulos 2 e 3) foram revisados e os indicadores neles apresentado foram anotados e registrados em planilha. Dos indicadores ligados a interseções semaforizadas, que se relacionam com acessibilidade e segurança de pedestres, 12 foram identificados nos trabalhos revisados e se encontram representados na Tabela 4.1 com todas as suas fontes.

Seguindo a premissa que o índice deve ser de fácil aplicação, procurou-se indicadores que possam ser acessados remotamente, com fácil disponibilidade nos bancos on-line da Prefeitura de Belo Horizonte (e que possam ser de fácil acesso em qualquer município ou entidade que venha a aplicá-lo) e que ao mesmo tempo apresentem significativa importância e relevância para a segurança de pedestres, de forma que devam exercer influência na determinação de conflitos entre pedestres e veículos e no conforto de travessia.

Ao mesmo tempo, foi estabelecido que o índice não deve ser composto por muitos indicadores, o que pode dificultar a sua replicação em múltiplas interseções e trazer complicações aos resultados. Nesses critérios, seis dos indicadores encontrados se encaixam para coleta de dados no município de Belo Horizonte.

Tabela 4.1: Indicadores presentes nos trabalhos revisados

Indicadores	Fontes
Velocidade de veículos	Asadi-Sheraki <i>et al.</i> (2015); Zegeer <i>et al.</i> (2006); Montella e Mauriello (2010); Pulughurta e Sambhara (2011); Diogenes e Lindau (2010); Wang <i>et al.</i> (2011); Kraidi e Evdorides (2020); Salamanti <i>et al.</i> (2011), Patil <i>et al.</i> (2021)
Volume de pedestres	Gomes (2010); Marysamynathan e Vedagiri(2018); Cheng <i>et al.</i> (2014); Pulughurta e Sambhara (2011); Diogenes e Lindau (2010); Kraidi e Evdorides (2020); AASHTO (2010); Kadali e Vedegiri (2015) ; Roupail <i>et al.</i> (2005)
Volume de veículos	Gomes (2010); Marysamynathan e Vedagiri (2018); Cheng <i>et al.</i> (2014); Pulughurta e Sambhara (2011); Diogenes e Lindau (2010); Kraidi e Evdorides (2020); AASHTO (2010); Patil <i>et al.</i> (2021)
Condições de faixas de pedestres	Patil <i>et al.</i> (2021); Asadi-Sheraki <i>et al.</i> (2015); Zegeer <i>et al.</i> (2006); Basile <i>et al.</i> (2010); Gomes (2010); Marysamynathan e Vedagiri(2018); Montella e Mauriello (2010); Cheng <i>et al.</i> (2014); Pulughurta e Sambhara (2011); Soilán <i>et al.</i> (2018); Diogenes e Lindau (2010); López <i>et al.</i> (2019); Antov <i>et al.</i> (2011); Wang <i>et al.</i> (2011)
Condições de canteiros centrais / ilhas de refúgio	Asadi-Sheraki <i>et al.</i> (2015); Basile <i>et al.</i> (2010); Marysamynathan e Vedagiri (2018); Montella e Mauriello (2010); Diogenes e Lindau (2010); Antov <i>et al.</i> (2011); Wang <i>et al.</i> (2011); Patil <i>et al.</i> (2021)
Número de vias / movimentos de veículos na interseção	Montella e Mauriello (2010); Pulughurta e Sambhara (2011); López <i>et al.</i> (2019); Kraidi e Evdorides (2020); Patil <i>et al.</i> (2021)
Largura de via / distância de travessia / velocidade de travessia	Kadali e Vedegiri (2015); Leonardi <i>et al.</i> (2021); Salamanti <i>et al.</i> (2011)
Semaforização	Asadi-Sheraki <i>et al.</i> (2015); Zegeer <i>et al.</i> (2006); Basile <i>et al.</i> (2010); Gomes (2010); Montella e Mauriello (2010); Soilán <i>et al.</i> (2018); Diogenes e Lindau (2010); López <i>et al.</i> (2019); Wang <i>et al.</i> (2011); Kadali e Vedegiri (2015); Patil <i>et al.</i> (2021)
Número de faixas de rolamento na via	Salamanti <i>et al.</i> (2011); Kadali e Vedegiri (2015); Asadi-Sheraki <i>et al.</i> (2015); Zegeer <i>et al.</i> (2006); Basile <i>et al.</i> (2010); Gomes (2010); Marysamynathan e Vedagiri(2018); Montella e Mauriello (2010); Cheng <i>et al.</i> (2014); Pulughurta e Sambhara (2011); Soilán <i>et al.</i> (2018); Diogenes e Lindau (2010); López <i>et al.</i> (2019); Antov <i>et al.</i> (2011); Wang <i>et al.</i> (2011); Kraidi e Evdorides (2020); AASHTO (2010)
Visibilidade e iluminação	Asadi-Sheraki <i>et al.</i> (2015); Zegeer <i>et al.</i> (2006); Basile <i>et al.</i> (2010); Gomes (2010); Marysamynathan e Vedagiri (2018); Montella e Mauriello (2010); Cheng <i>et al.</i> (2014); Pulughurta e Sambhara (2011); Soilán <i>et al.</i> (2018); Diogenes e Lindau (2010); López <i>et al.</i> (2019); Antov <i>et al.</i> (2011); Wang <i>et al.</i> (2011); Kraidi e Evdorides (2020); Patil <i>et al.</i> (2021)
Condições de calçada e meio-fio	Asadi-Sheraki <i>et al.</i> (2015) Zegeer <i>et al.</i> (2006) Basile <i>et al.</i> (2010) Gomes (2010) Marysamynathan e Vedagiri(2018) Montella e Mauriello (2010) Cheng <i>et al.</i> (2014) Pulughurta e Sambhara (2011) Soilán <i>et al.</i> (2018) Diogenes e Lindau (2010) López <i>et al.</i> (2019) Antov <i>et al.</i> (2011) Wang <i>et al.</i> (2011); ABNT (2015); ABNT (2016).
Sinais sonoros para deficientes visuais	(Bentzen e Tabor, 1998).

Fonte: Elaborado pelo autor

Sendo assim, não foi possível a inclusão de alguns indicadores para fazer parte do IMS, seja pela restrição de números de indicadores no índice ou por motivos específicos. As velocidades de veículos não foram incluídas, pois como o perfil das vias estudadas é muito homogêneo, desconsiderou-se a velocidade regulamentada como indicador.

Os indicadores Condições de meio-fio, calçadas e canteiros centrais foram desconsiderados, pois podem mostrar diferentes resultados ao longo do ano (devido a manutenções, não registradas nos dados), com dificuldade de se verificar as eventuais manutenções e degradações e por necessidade de grande esforço ao se checar in loco em todas as interseções.

Por sua vez, o indicador Condições de visibilidade de motoristas e de pedestres: descartado por dificuldades de medição in loco, similar à situação dos indicadores Volumes de veículos e Volumes de pedestres, que foram desconsiderados devido à sua necessidade de extensas contagens de tráfego nos locais estudados.

Dessa forma, identificou-se os seis indicadores remanescentes na Tabela 4.1, cujos dados podem ser obtidos remotamente em Belo Horizonte e que foram adequados para as suas avaliações no município.

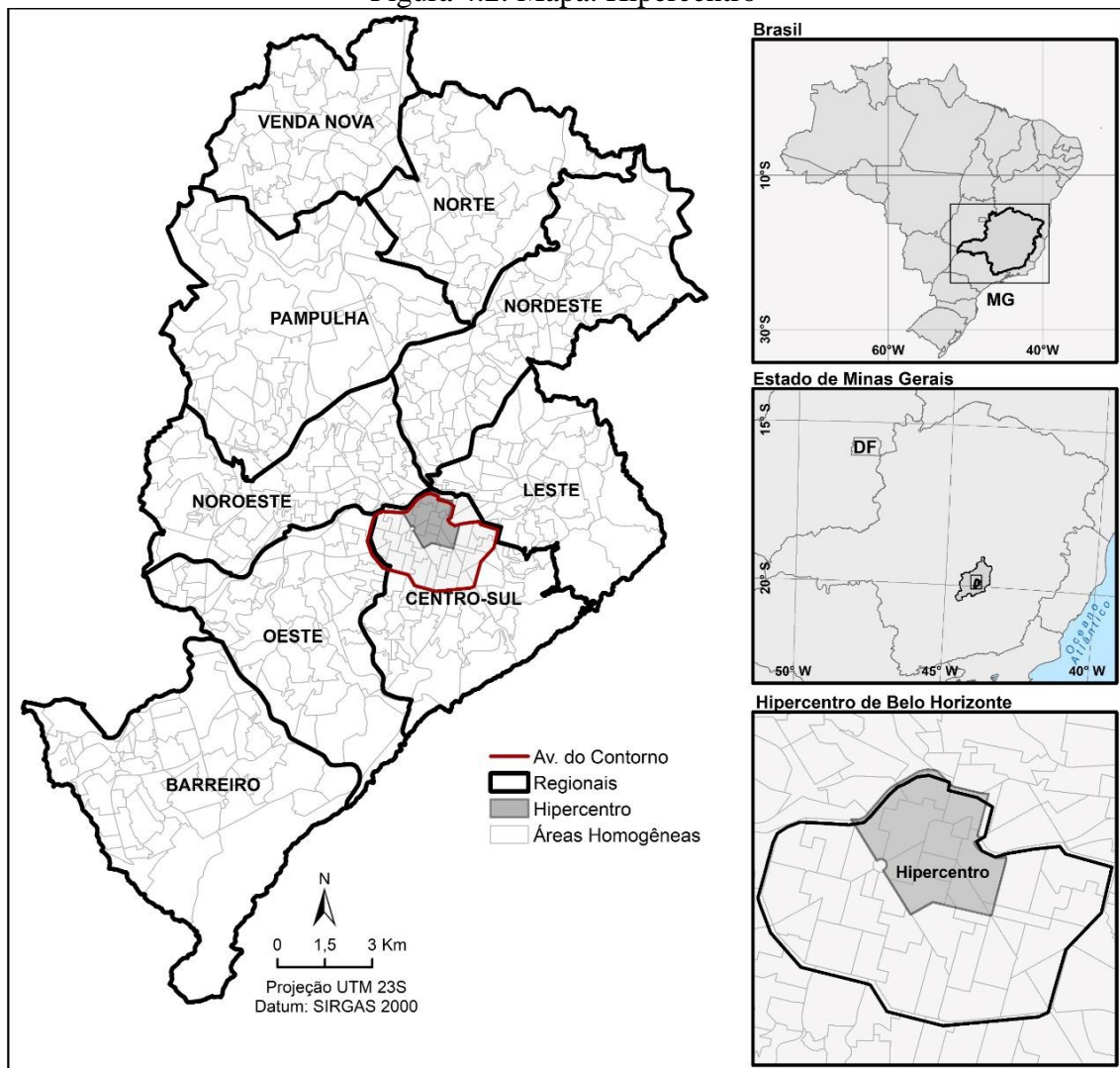
- O “Indicador 1 – Velocidade de travessia dos semáforos de pedestres” verifica a velocidade disponível nos semáforos que o pedestre tem para a travessia. Este indicador é obtido em função de dados de tempos de travessia dos pedestres nos semáforos e as distâncias de travessias nas interseções.
- O “Indicador 2 – Configuração das interseções” identifica a presença de infraestrutura adequada para pedestre em todos os movimentos da interseção, sendo esses semáforo e faixas. Este indicador se relaciona com Semaforização e Condição das faixas de pedestres, identificados na Tabela 4.1.
- O “Indicador 3 – Continuidade de travessia nas interseções” mede parâmetros também relacionados à semaforização sendo a presença de interrupções na travessia, causados pela falta de sincronização dos semáforos divididos por um canteiro central.
- O “Indicador 4 – Presença de sinais sonoros para pedestres com deficiência visual”, identifica se há ou não os sinais sonoros nas interseções.
- O “Indicador 5 – Número de movimentos veiculares nas faixas de pedestres” avalia as interseções quanto ao número de movimentos de entrada de veículos presentes nela.
- O “Indicador 6 – Número de faixas para circulação de veículos perpendiculares às travessias” identifica a travessia com maior número de faixas de veículos.

4.2 Definição da área de estudo: Hipercentro de Belo Horizonte

O presente tópico relata os processos de obtenção de dados da Etapa 2 desta dissertação. Para a aplicação e validação do índice desenvolvido, foi proposta a escolha das interseções de vias de Belo Horizonte na região central da capital a serem analisadas. A região escolhida para o estudo foi o Hipercentro de Belo Horizonte (representado em mapa na Figura 4.2 com detalhe de sua localização na capital e em Minas Gerais), tendo as suas interseções semaforizadas como objeto de análise.

Justifica-se essa escolha pois, dentre as divisões territoriais do município, esta é uma localidade com grande importância econômica e social e de posicionamento estratégico na capital mineira, com relativa facilidade de obtenção de dados e com a presença de grandes corredores como a Avenida Amazonas, Avenida Afonso Pena e Avenida Augusto de Lima.

Figura 4.2: Mapa: Hipercentro

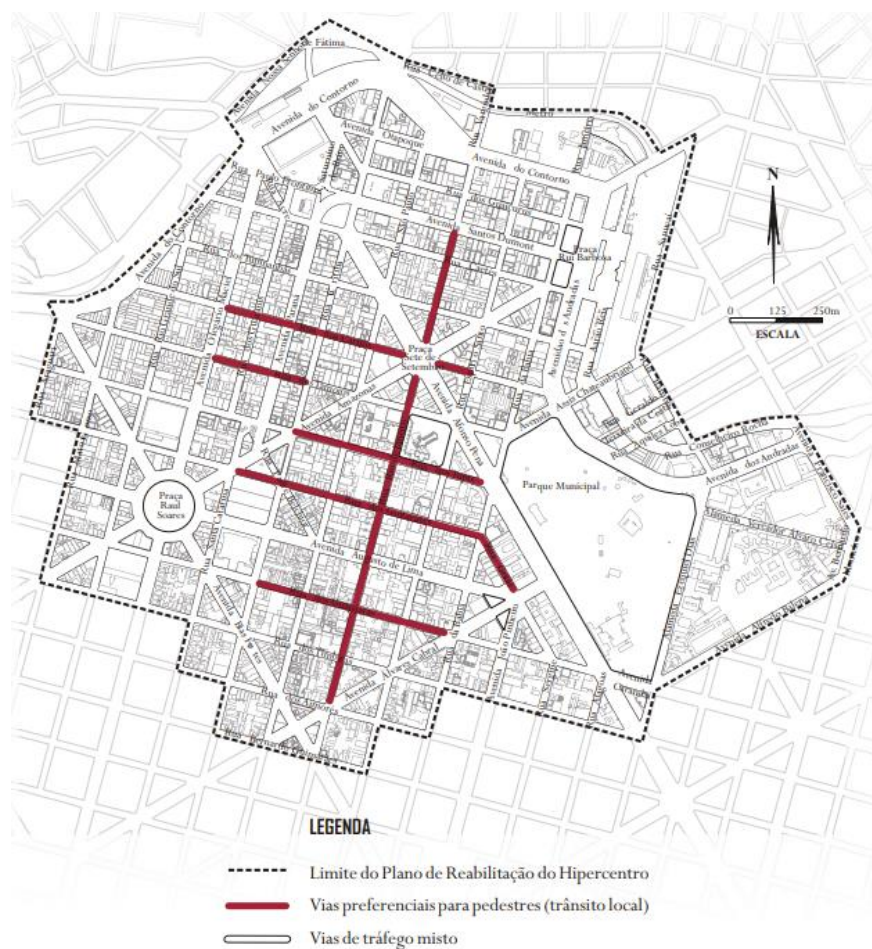


Fonte: ANTP (2013)

As interseções características entre as avenidas e ruas do centro de Belo Horizonte são com frequência compostas do cruzamento de três vias. Essa configuração normalmente se caracteriza pela alta presença de conflitos entre pedestres e veículos. Por esse motivo, esses cruzamentos foram recebendo intervenções ao longo dos anos, que pudessem minimizar os riscos potenciais causados por esses conflitos.

Diversas dessas intervenções foram resultados do Plano de Reabilitação do Hipercentro de Belo Horizonte (Belo Horizonte, 2007). Esse plano determinou a requalificação de vias com a prioridade do deslocamento de pedestres na Figura 4.3 objetivando uma rede viária mais segura e confortável (observa-se que, os bairros marcados no mapa como preferenciais adjacentes à Praça Sete, são, na realidade de circulação exclusiva de pedestres). Dessa forma, até 2010, foram reconfigurados 40 trechos de 13 ruas da área central de Belo Horizonte (Belo Horizonte, 2007).

Figura 4.3: Intervenções de vias preferenciais para pedestres segundo o Plano de Reabilitação do Hipercentro de Belo Horizonte



Fonte: (Belo Horizonte, 2007)

Essas ações, que não foram feitas de modo uniforme em todas as vias, trazem características únicas para cada interseção. Os resultados nas análises de segurança viária em cada uma delas, devem ser, então, diversos, devido à sua heterogeneidade. Exemplos de algumas das soluções adotadas (Belo Horizonte, 2007):

- Proibição de circulação de veículos em uma mão das ruas que cruzam a avenida;
- Extensão ou implantação de canteiros centrais ou refúgios para pedestres;
- Criação de áreas de circulação exclusiva de pedestres.

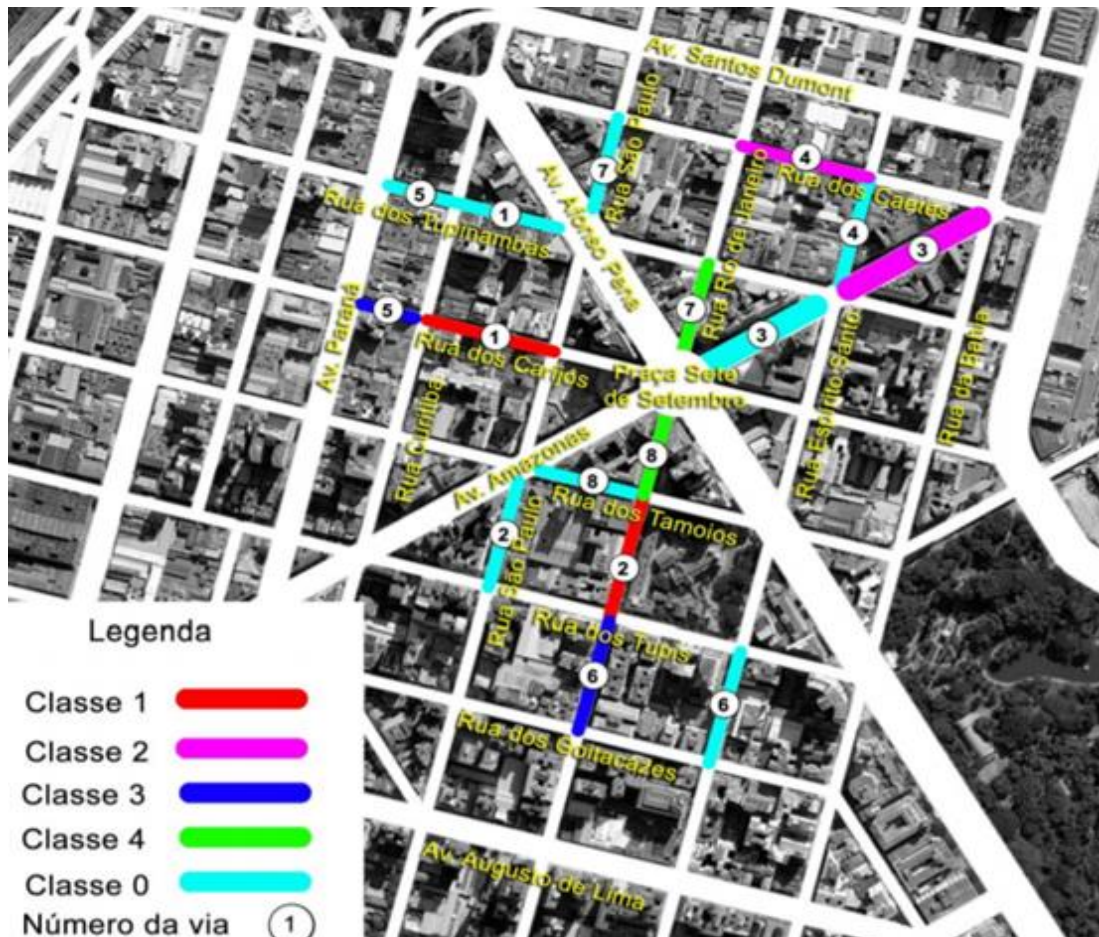
Evidenciando as variadas situações de compatibilidade com pedestres na região do Hipercentro de Belo Horizonte, o método desenvolvido na dissertação de Baptista Neto (2012), propõe avaliar a relação da atratividade de vias do centro com intervenções físicas de moderação de tráfego. Para tanto, as vias foram divididas em classes, de acordo com o nível de adequação para pedestres. A escolha de interseções pertencentes a diferentes classificações pode trazer a variedade necessária para atestar a efetividade do IMS. As classes determinadas no trabalho de Baptista Neto (2012) e representadas na Figura 4.4 são:

- Classe 0: Áreas originais, sem tratamento para os pedestres, mantendo suas características originais;
- Classe 1: Áreas com alargamento de calçada e manutenção dos estacionamentos de automóveis e pista de rolamento com pavimentação convencional, e seção reduzida pelo alargamento de calçada;
- Classe 2: Áreas com alargamento de calçada, supressão de estacionamento de automóveis e pista de rolamento com pavimentação convencional;
- Classe 3: Áreas com alargamento de calçada, supressão de estacionamento de automóveis e pista de rolamento com pavimentação especial, com redução de seção transversal e traçado sinuoso;
- Classe 4: Áreas de fechamento total ao tráfego.

A seleção do município de Belo Horizonte para área de estudo se justifica pela boa disponibilidade e facilidade de acesso dos dados relativos às vias e ao espaço urbano do município, disponibilizados online no Portal de Dados Abertos da Prefeitura de Belo Horizonte, ferramenta disponibilizada pelo governo municipal para permitir o acesso e utilização de dados e informações públicas do município de Belo Horizonte (Belo Horizonte, 2020a) e na página

BHMap, onde se pode acessar mapas e ferramentas relacionados a variadas áreas de interesse acerca do município (Belo Horizonte, 2020b).

Figura 4.4: Classificação de nível de intervenção em via de Belo Horizonte



Fonte: Baptista Neto (2012).

De acordo com o Working Paper Belo Horizonte, em uma Década de Ação pela Segurança no Trânsito (Instituto Cordial, 2022), durante o período da primeira Década de Ação pela Segurança no Trânsito (2011 – 2020), o município de Belo Horizonte conseguiu reduzir o número de fatalidades por sinistros de trânsito de 335 mortes (em 2011) para 153 (em 2020), sendo uma redução de 54%. O número de ferimentos graves teve uma redução de 35%.

As localidades em Belo Horizonte onde ocorreram mais sinistros no período, segundo o Instituto Cordial (2022), foram o Anel Rodoviário e o Hipercentro, onde houve a redução de fatalidades, assim como na contagem total do município. Tendo essas duas regiões os problemas mais graves de segurança viária, especialmente para pedestres, e como não há semáforos no Anel Rodoviário, identifica-se o Hipercentro como a melhor região para se conduzir um estudo de microacessibilidade e segurança viária no município de Belo Horizonte.

Essa situação corrobora com a justificativa de escolha da região como área de estudo para o trabalho, em adicional ao status de importância do Hipercentro.

4.3 Obtenção de dados necessários para o trabalho

Neste tópico, e exposta a Etapa 3 do trabalho, que consiste na obtenção de dados utilizados nas fases seguintes do trabalho definidos na Etapa 1. Sendo assim, descreve-se como foram realizadas as coletas e obtenção de dados secundários junto a órgãos públicos municipais. Esses dados devem detalhar as áreas e interseções escolhidas para serem utilizadas nas análises propostas e no desenvolvimento do IMS.

4.3.1 Obtenção de dados dos indicadores

A Prefeitura de Belo Horizonte disponibiliza de forma on-line o acesso ao BH Map (Belo Horizonte, 2022a), uma ferramenta que permite o acesso a diversas informações públicas de natureza cartográfica referentes ao Município de Belo Horizonte. Os mapas ficam disponíveis em diversos formatos, incluso em *shapefiles* e visualização *on-line* em navegador. Para este trabalho, os mapas com alinhamentos de meio-fio e de ilhas de pedestres e canteiros centrais foram obtidos pelo BH Map, inicialmente em *shapefiles* para plataformas GIS e foram exportados para arquivos de AutoCAD, onde se possibilitou a medição e registro das distâncias de travessias, de maneira remota (sem necessidade de realizá-las em campo), dados que corroboram com o Indicador 1 do IMS. No BH Map também foi possibilitado o acesso da localização em mapa de todos os semáforos de Belo Horizonte.

A Prefeitura de Belo Horizonte também mantém um Portal de Dados Abertos (Belo Horizonte, 2022b), uma ferramenta disponibilizada pelo governo municipal para que todos possam encontrar e utilizar dados e informações públicas do município de Belo Horizonte, onde se pode acessar informações geográficas do município de diferentes naturezas. A partir desse portal, obteve-se uma planilha em Excel denominada Localização das Sinalizações Semafóricas, a qual permitiu o acesso das Configurações das interseções, ou seja, informações se todas as travessias de cada interseção contam com semáforo ou não (Indicador 2). Também foram obtidos aqui os dados que descrevem as interseções que contam com presença de sinais sonoros para pedestres com deficiência visual (Indicador 4).

Os dados de programação semafórica das interseções (Belo Horizonte, 2021c), que servem para calcular os indicadores 1, 3 e 5, foram cedidos pela BHTRANS. Estes contêm informações de movimentos veiculares nas interseções, bem como fases e ciclos semafóricos, tempos de verde,

vermelho e amarelo. As informações estão registradas em diversas planilhas de Excel, cada qual referente a uma interseção e às suas programações, que foram elaboradas e colocadas em prática a partir de 2019. Sendo assim, os estudos deste trabalho foram realizados para o período entre 2019 e 2021. Um exemplo de planilha de programação semafórica da BHTRANS pode ser conferido no Anexo A.

Os dados dessas planilhas são importantes para a determinação de estudos de conflitos entre pedestres e veículos nas interseções, já que são determinantes nos tempos de espera e de travessia dos pedestres e, por consequência, para o comportamento dos usuários. O Indicador 5, que conta número de movimentos permitidos a veículos em cada faixa de pedestre na interseção (decisivo para cálculo de possibilidade de conflitos) também foi registrado a partir desses dados, incluindo informações se estes movimentos são em curva ou linha reta.

O último meio de obtenção de dados, por fim, foi o Google Earth, que foi usado para se conferir o número de faixas de veículos perpendiculares a cada faixa de pedestres, dados do Indicador 6, além de ter sido útil para se verificar alguns dos outros dados, como larguras de vias (Indicador 1) e movimentos dos veículos (Indicador 5).

4.3.2 Obtenção de dados usados para a validação do IMS

Como o histórico de registros de sinistros é um importante medidor de segurança de um local, foram usados para realizar a validação do índice. Dessa forma, os dados de sinistros das vias da região central de Belo Horizonte foram fornecidos pela BHTRANS em planilha denominada “Relação de ocorrências de acidentes de trânsito com vítima”. Trata-se de estatísticas registradas por boletins de ocorrência pela Polícia Militar de Minas Gerais dos sinistros ocorridos entre 2014 e 2020. Esses dados estão detalhados em uma planilha de Excel, contendo informações que descrevem o tipo de sinistro, número e tipo de veículos envolvidos, número de vítimas e data e local do sinistro com coordenadas geográficas e foram trabalhados e georreferenciados para melhor compreensão da situação dos trechos.

Nesse período foram registrados 4.407 sinistros na região do Hipercentro de Belo Horizonte, sendo destes, 1.512 atropelamento de pedestres, dos quais 26 tiveram vítimas fatais. A tabela 4.2 apresenta a distribuição anual dos sinistros na região estudada e as Figuras 4.5 e 4.6, representam os mapas de calor (Mapas de Kernel) da densidade de todos os sinistros ocorridos por todo o período (2014 a 2020) e dos atropelamentos de pedestres, respectivamente.

Tabela 4.2: Contagem de sinistros no Hipercentro (2014-2020)

Ano:	Total de sinistros:	Atropelamentos de pedestres:	Fatalidades:
2014	928	348	5
2015	741	239	4
2016	710	245	4
2017	689	245	4
2018	588	205	3
2019	751	230	1
2020	482	155	5
Total	4.889	1.667	26

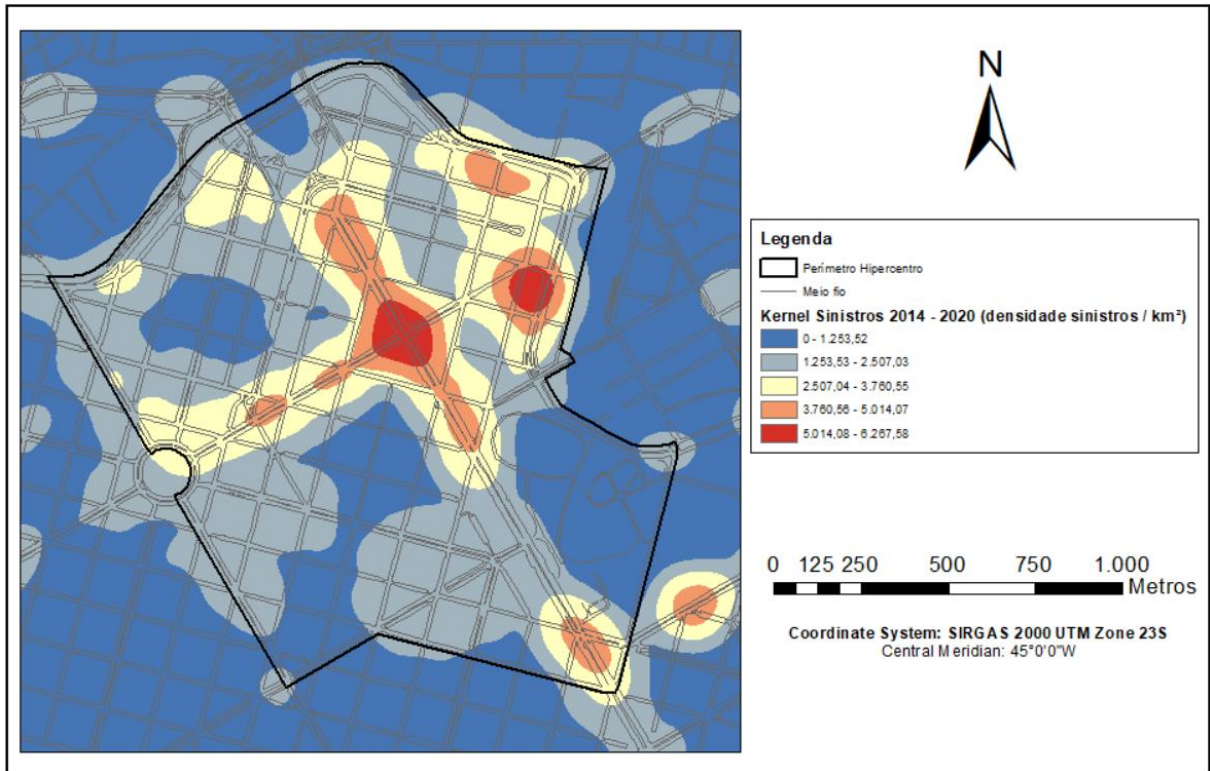
Fonte: Elaborado pelo autor com dados de Belo Horizonte (2022)

Nota-se uma aparente diminuição nos registros anuais de sinistros ocorridos durante o período entre 2014 e 2018, tanto referentes ao total registrado, quanto referentes apenas aos casos de atropelamento de pedestres. Esse decréscimo pode ser resultado do esforço da Prefeitura de Belo Horizonte e da BHTRANS para melhorar a segurança tanto de pedestres, quanto de motoristas no Centro da cidade. No ano de 2019, o número de sinistros registrados voltou a aumentar. Em 2020, registram-se 482 sinistros de trânsito, o menor número dentre todos os anos analisados. Entretanto, este é um ano atípico, tendo em vista as medidas de prevenção de infecções de covid-19, que diminuiu consideravelmente as viagens em Belo Horizonte. O ano de 2020 foi o único que registrou mais fatalidades de pedestre que no ano anterior.

Como se pode verificar nas Figuras 4.5 e 4.6 e, os sinistros, tanto com pedestres envolvidos, quanto de modo geral, se concentram, em maior parte nos principais corredores que cortam o Hipercentro, sendo esses a Avenida Amazonas, Avenida Afonso Pena e Avenida dos Andradas. As taxas de sinistros mais altas nessas vias condizem com o previsto, já que os corredores normalmente registram maiores velocidades de tráfego de veículos, maiores possibilidades de conflitos, tanto veículo-veículo, quanto veículo-pedestre e maiores taxas de circulação de veículos e pedestres.

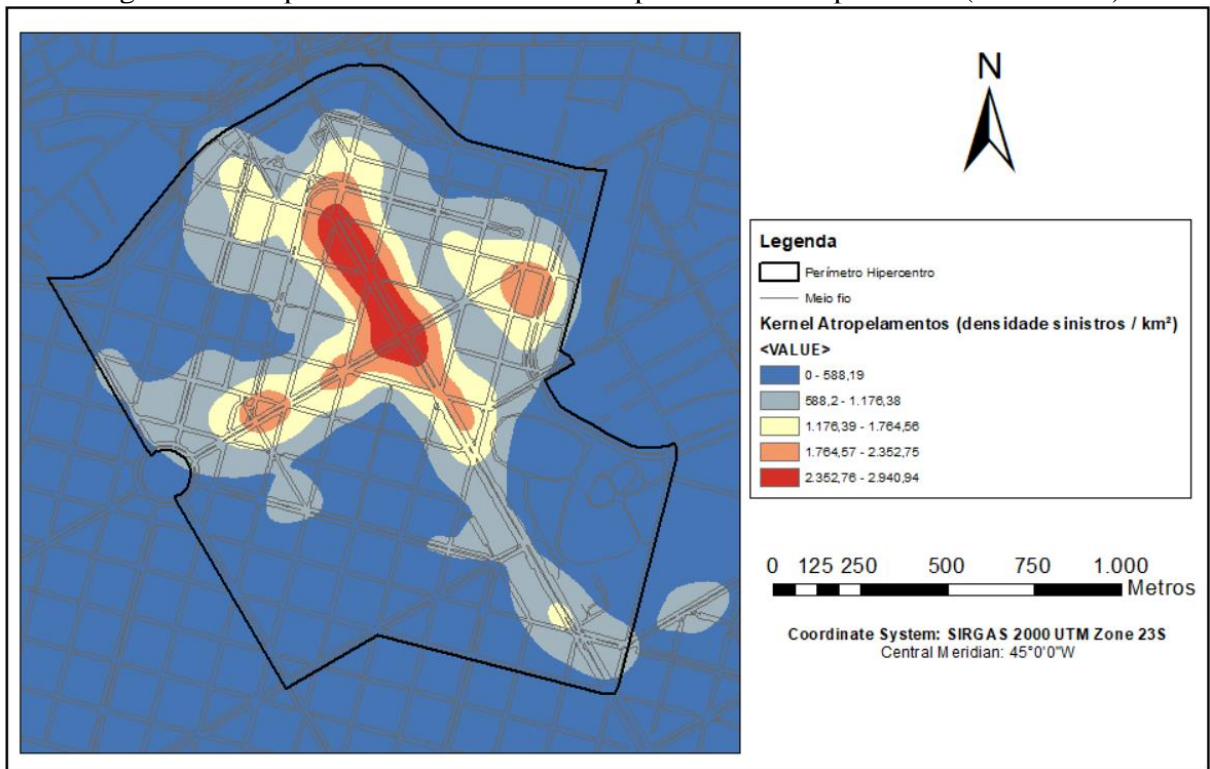
Para ajudar na validação do índice, utilizou-se, também, dados de demarcações das áreas homogêneas (AHs) inseridas no Hipercentro. Por definição, as áreas homogêneas são um conjunto de setores censitários agregados, de acordo com critérios socioeconômicos e de ocupação, em unidades espaciais definidas para serem unidades de coleta adequada a fim de estabelecer amostras mínimas em pesquisas socioeconômicas (Minas Gerais, 2012).

Figura 4.5: Mapa de calor – sinistros totais no Hipercentro (2014-2020)



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4.6: Mapa de calor – sinistros com pedestres no Hipercentro (2014-2020)



Fonte: Elaborado pelo autor

Coletou-se, também as Pesquisas de Origem e Destino da Região Metropolitana de Belo Horizonte, para se determinar quantidade de viagens em cada AH. Esses dados tem origem no portal da Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Agência RMBH), órgão da administração do Governo Estadual de Minas Gerais.

5 CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE

Uma vez obtidos e catalogados os dados na Etapa 3, iniciou-se a construção do IMS. Conforme mencionado, procurou-se elaborar um índice que ressaltasse a significância dos indicadores escolhidos, além de manter a premissa de ser uma metodologia de fácil aplicação. O IMS é composto por seis indicadores, que foram listados e descritos a seguir.

As unidades de estudo do IMS são as interseções semaforizadas em áreas urbanas. No entanto, a análise de indicadores, em alguns casos, é realizada em uma primeira fase nas faixas de pedestres da interseção. Assim, nesses casos, a coleta de dados e as avaliações foram feitas primeiramente para as travessias que a compõem e, posteriormente, para as interseções, considerando os valores encontrados que sejam mais desfavoráveis aos pedestres. Se na travessia existir um canteiro central ou refúgio para pedestres, considera-se cada lado da travessia (sentido de fluxo) como uma unidade de análise distinta. Esse método foi definido, para se ter maior facilidade de análise no IMS, pois quando analisadas as situações das faixas de pedestres individualmente, há melhor compreensão da interseção que em uma análise mais ampla de uma interseção inteira. Os critérios de avaliação escolhidos para os indicadores foram justificados na revisão da literatura onde são explicados.

5.1 Descrição dos indicadores

5.1.1 Indicador 1 (i1) – Velocidade de travessia dos semáforos de pedestres

Este indicador visa comparar o tempo disponível para travessia dos pedestres em cada interseção com o tempo necessário ao pedestre com mobilidade reduzida (idoso ou pessoa com deficiência, por exemplo) para atravessar a faixa. Os semáforos de Belo Horizonte têm uma programação com vários planos que dependem do horário e do dia da semana, nesta análise deve-se considerar o valor menos favorável aos pedestres dentre todos os ciclos. Para cada semáforo de pedestres, deve-se selecionar o menor tempo de travessia referente a todos os planos e as distâncias de travessia de todas as faixas de pedestres. Em seguida, obtém-se a velocidade de travessia (velocidade mínima necessária para o pedestre atravessar a via) pela Equação 1. O pior resultado será aplicado como a nota do indicador para o índice:

$$V_t = \frac{d_t}{t_t} \quad (1)$$

Sendo:

- V_t = Velocidade de projeto para travessia de pedestres nas interseções
- d_t = Distância de travessia
- t_t = Tempo de travessia (soma entre tempo de verde e vermelho piscante no semáforo de pedestres na pior situação para os pedestres)

Para a avaliação do i_1 , utilizou-se como parâmetro o valor de velocidade de 0,4 m/s, estabelecido na NBR 9050:2020 (Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos) como uma velocidade adequada à marcha de pessoas com essas condições (ABNT, 2020). Nesse sentido, foi verificada a adequação quanto à velocidade parâmetro em todas as faixas de pedestres existentes na interseção. Nesse sentido, as faixas de pedestre com velocidade de travessia menor que 0,4 m/s receberam pontuação total, outras pontuações foram determinadas com base nas velocidades mais recorrentes nas interseções do Hipercentro. Os valores de velocidade crítica de travessia nas interseções semaforizadas do Hipercentro, que variam de aproximadamente 0,1 até 1,1 m/s (valor observado na interseção entre Avenida Carandaí e Avenida Alfredo Balena), foram listados em planilhas no Apêndice B. Verificou-se as possibilidades de divisão desses valores para se ter pontuações que variem em 0,25 ponto. Foi determinado que, a cada 0,15 adicionais aos 0,4 m/s (que recebe pontuação máxima), a interseção avaliada perderia 0,25 ponto. A avaliação individual para cada faixa de pedestre seguiu os valores da Tabela 5.1. Para a avaliação da interseção, utilizou-se a pior nota calculada das faixas de travessia que a compõem.

Tabela 5.1: Pontuação do Indicador 1

Desempenho do indicador	i_1
$V_t \leq 0,4 \text{ m/s}$	1,0 ponto
$0,4 \text{ m/s} < V_t \leq 0,55 \text{ m/s}$	0,75 ponto
$0,55 \text{ m/s} < V_t \leq 0,7 \text{ m/s}$	0,5 ponto
$0,7 \text{ m/s} < V_t \leq 0,85 \text{ m/s}$	0,25 ponto
$V_t > 0,85 \text{ m/s}$	0,0 ponto

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.2 Indicador 2 (i_2) – Configuração das interseções para pedestres

Esse indicador registrou se a interseção continha foco (terminologia usada pela Prefeitura de Belo Horizonte para semáforo) e faixa em todos os movimentos (deslocamento de um ponto ao outro da interseção) de pedestres possíveis. A Prefeitura de Belo Horizonte (Belo Horizonte, 2022^a) descreve as possibilidades de configuração das interseções com tipo de travessias para pedestres:

- Somente pedestre - semáforo exclusivo para travessia de pedestres;
- Travessia incompleta - travessia onde existem focos para pedestre na interseção, mas nem todos movimentos de pedestre são contemplados;
- Travessia total - travessia onde existem focos para pedestre na interseção onde todos movimentos de pedestre são contemplados, sempre pelo o menor caminho;
- Travessia sem foco de pedestre - travessia onde não tem focos semafóricos de pedestre na interseção;
- Travessia parcial - travessia onde existem focos para pedestre na interseção onde todos movimentos de pedestre são contemplados, nem sempre pelo o menor caminho.

Dessa forma, avalia-se o i_2 como visto na Tabela 5.2:

Tabela 5.2: Pontuação do Indicador 2

Desempenho do indicador	i_2
Travessia total ou Somente pedestre	1,0 ponto
Travessia parcial	0,5 ponto
Travessia incompleta ou Travessia sem foco de pedestre	0,0 ponto

Fonte: Elaborado pelo autor

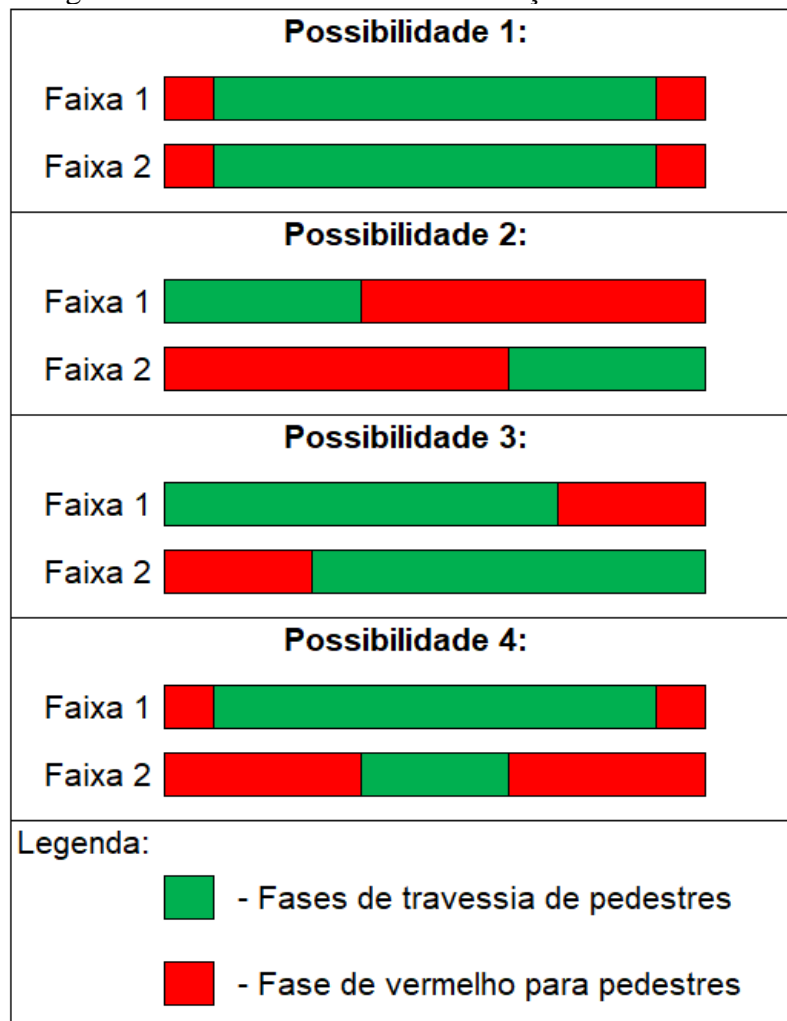
5.1.3 Indicador 3 (i_3) – Continuidade de travessia nas interseções

De acordo com a Lei Nº 10.407 (Belo Horizonte, 2012), que institui o Estatuto do Pedestre em Belo Horizonte, o pedestre tem direito à sinalização que lhe permita realização da travessia de um lado a outro da via, sem interrupção. Dessa forma, o objetivo desse indicador é identificar se o tempo semafórico é suficiente para uma travessia contínua e sem interrupções aos pedestres.

Este é um indicador avaliado em primeira análise isoladamente nas faixas de travessia da interseção. Assim, uma faixa foi analisada levando em consideração a sincronização semafórica da(s) faixa(s) que a segue(m) ou procede(m) na travessia dos pedestres (quando divididas por um canteiro central ou ilha de refúgio). A nota da interseção foi definida pela pior nota dentre as suas faixas de pedestres. A Figura 4.7 indica as possibilidades de combinação de tempo semafórico voltados para a travessia em duas faixas contíguas que existem no Hipercentro de Belo Horizonte. Dessa forma, a avaliação do i_3 foi dada pelas seguintes possibilidades (todas elas estão presentes no Hipercentro):

- Possibilidade 1: ambas as faixas iniciam e terminam o tempo de travessia no mesmo momento.
- Possibilidade 2: a fase de travessia de ambas as faixas não coincide.
- Possibilidade 3: as fases de travessias das duas faixas coincidem parcialmente, configurando maior tempo para quem iniciou a travessia em uma faixa, porém desfavorecendo quem iniciou a travessia em outra.
- Possibilidade 4: a fase permitida para travessia da Faixa 2 coincide inteiramente com parte da fase de travessia da Faixa 1.
- Caso na interseção não haja faixas de pedestres separadas por canteiros centrais, a interseção recebe 1,0 ponto, pois nessa situação a travessia é feita sempre sem interrupções.

Figura 5.1: Possibilidades de combinações em semáforos



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 5.3: Pontuação do Indicador 3

Situação do indicador	I3
Possibilidade 1 ou sem canteiro central	1,0 ponto
Possibilidade 3 e Possibilidade 4	0,5 ponto
Possibilidade 2	0,0 ponto

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.4 Indicador 4 (i4) – Presença de sinais sonoros para pedestres com deficiência visual

Os sinais sonoros são dispositivos instalados nas interseções onde há semáforos para pedestres que servem para permitir ao pedestre com mobilidade reduzida a identificação do verde para pedestres. Assim, este usuário consegue determinar quando é permitido o início da travessia com segurança e a direção por onde ele deve seguir (se dirigindo ao sinal sonoro do outro lado). São dispositivos bastante úteis para melhorar a acessibilidade nas interseções semaforizadas, em especial em travessias amplas e não perpendiculares (Bentzen e Tabor, 1998).

Em Belo Horizonte, os sinais sonoros atualmente são caixas amarelas fixadas nos postes dos semáforos para pedestres que emitem sons, indicando que a via está apta para a travessia segura do pedestre. Quando o tempo da travessia para pedestres estiver próximo de terminar, o aviso sonoro se acelera. Já a ausência dos sons do aparelho indica que o semáforo está aberto para os veículos e fechado para os pedestres (Belo Horizonte, 2017b). A instalação de sinais sonoros no município se iniciou em 2017 (Belo Horizonte, 2022c).

Considerou-se nas análises que todos os sinais sonoros presentes estavam em pleno funcionamento ao longo do período do estudo (2019 e 2020), mesmo se algum tenha estado desligado ou danificado. A avaliação desse indicador considerou unicamente a existência (ou não) de tais dispositivos na interseção, conforme Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Pontuação do Indicador 4

Desempenho do indicador	i3
Existem sinais sonoros na interseção	1,0 ponto
Não existem sinais sonoros na interseção	0,0 ponto

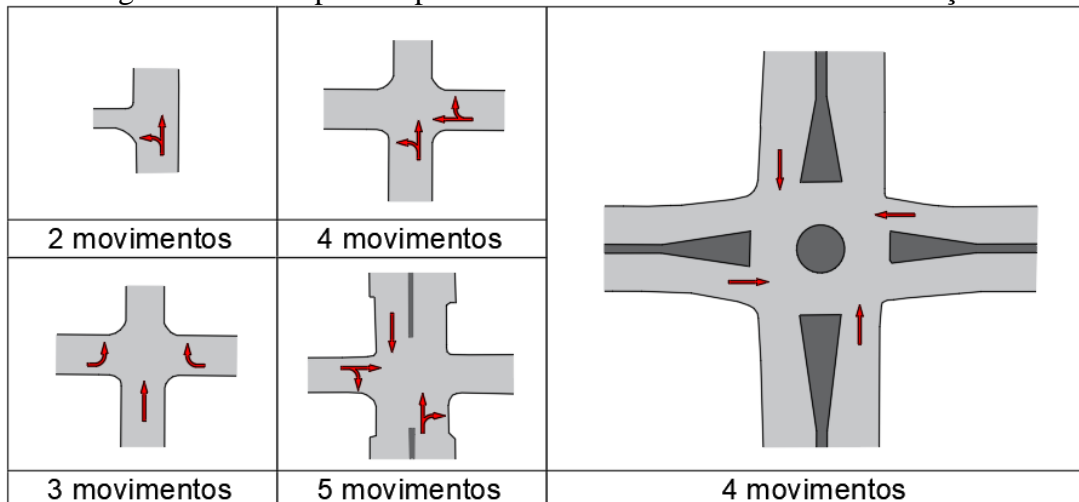
Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.5 Indicador 5 (i5) – Número de possibilidades de movimentos

Para a determinação deste indicador, definiu-se a quantidade de movimentos de veículos que são permitidos dentro da interseção. Na Figura 5.2, estão apresentadas algumas possibilidades

de movimento em interseções do Hipercentro de Belo Horizonte (não sendo restrito aos exemplos da imagem).

Figura 5.2: Exemplos de possibilidades de movimentos nas interseções



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 5.5: Pontuação do indicador 5

Número de movimentos veiculares	i5
Um ou dois movimentos permitidos	1,0 ponto
Três ou quatro movimentos permitidos	0,67 ponto
Cinco ou seis movimentos permitidos	0,33 ponto
Sete ou mais movimentos permitidos	0,0 ponto

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.6 Indicador 6 (i6) – Número de faixas para circulação de veículos perpendiculares às travessias

A avaliação deste indicador foi feita a partir da contagem de quantidade de faixas destinadas à circulação de veículos que cortam as faixas de pedestres, conforme descrito por Kadari e Vedagiri (2013). As travessias de pedestres neste indicador são avaliadas individualmente e quando divididas por um canteiro central, considerou-se como duas travessias separadas. A travessia que é cortada pelo maior número de faixas de veículos, é a considerada para a avaliação do i6. A distribuição de pontos do i6 ocorre conforme explicado na Tabela 5.6.

Tabela 5.6: Pontuação do indicador 6

Número de faixas de circulação de veículos	i6
Uma ou duas faixas	1,0 ponto
Três faixas	0,5 ponto
Quatro faixas ou mais	0,0 ponto

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Equação do IMS

O IMS, assim como seus indicadores tem sua escala variando de 0,0 a 1,0 ponto. A equação para seu o cálculo, na qual é obtida a média das avaliações de todos os indicadores, está descrita na Equação 2. A Tabela 5.7 contém os conceitos dados a cada faixa de avaliação do IMS.

Tabela 5.7: Conceituação do IMS

Pontuação:	Conceito:
0,00 - 0,199	Péssimo
0,20 - 0,399	Ruim
0,40 - 0,599	Regular
0,60 - 0,799	Bom
0,80 - 1,00	Ótimo

Fonte: Elaborado pelo autor

$$I_{Seg} = \frac{\sum_{n=1}^6 i_n}{6} \quad (2)$$

Sendo:

- IMS = Nota final do índice
- I_n = Pontuação do indicador

6 APLICAÇÃO DO ÍNDICE NO HIPERCENTRO DE BELO HORIZONTE E RESULTADOS

No desenvolvimento da Etapa 5 do trabalho, parte-se para a sua aplicação do IMS na área de estudo definida, o Hipercentro de Belo Horizonte. A região selecionada apresenta grande circulação de pedestres e veículos ao longo do dia (especialmente na Praça Sete e seus arredores), além de ser composta majoritariamente por interseções semaforizadas, sendo a região com mais semáforos do município. No Hipercentro de Belo Horizonte existem 111 interseções semaforizadas, cujos códigos e localizações estão detalhados em mapa no Apêndice B.

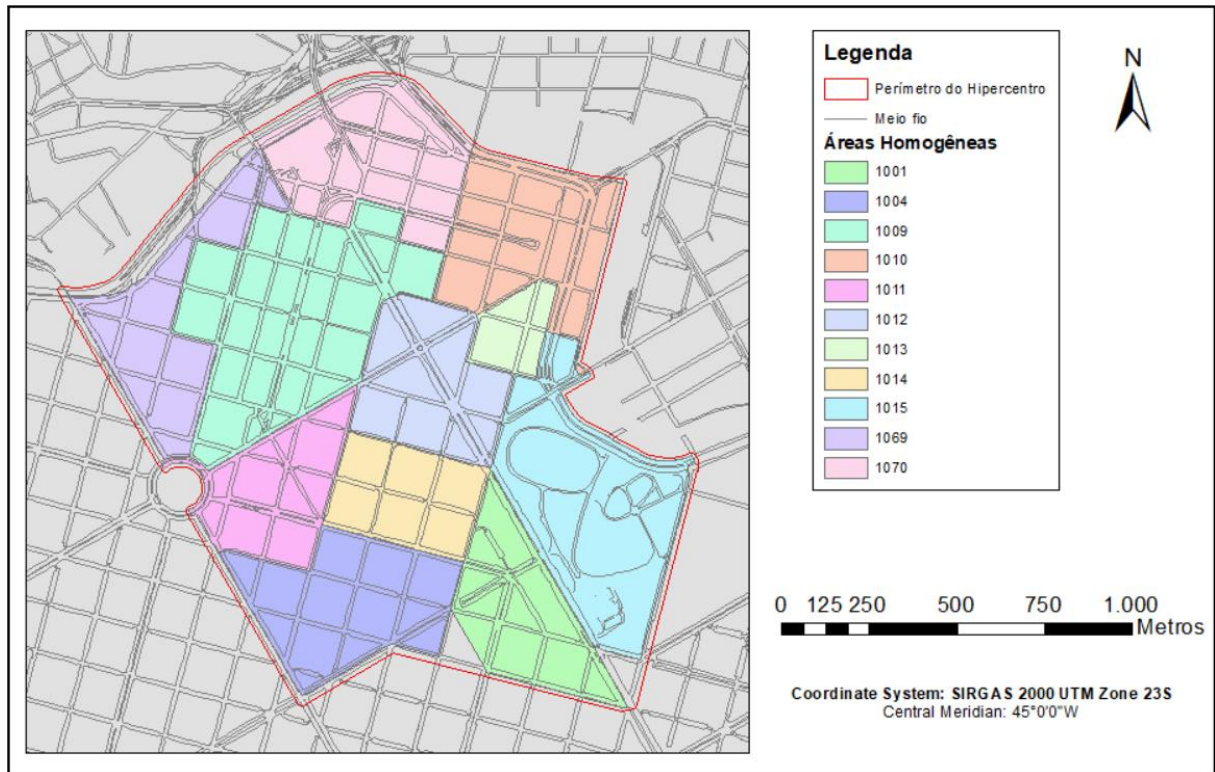
Seis dessas 111 interseções foram deixadas fora do estudo, pois os arquivos de planilhas das suas programações semaforizadas se mostraram inconsistentes com a sua configuração viária e/ou não foi possível obter remotamente as larguras das suas faixas de travessia de pedestres. São interseções onde, no período de análise (entre 2019 e 2020), ocorreram diversas obras e alterações nas vias, que podem trazer resultados falsos às análises. Ademais, são localizadas no limite da área de estudo e com baixa incidência de sinistros, justificando a exclusão dessas interseções do estudo. As interseções excluídas são:

- Rua São Paulo / Rua Oiapoque;
- Avenida do Contorno / Rua Paulo de Frontin;
- Avenida Olegário Maciel / Rua Paulo de Frontin;
- Avenida do Contorno / Rua Curitiba;
- Avenida do Contorno / Rua 21 de Abril;
- Avenida do Contorno / Rua Araguari.

O Plano Diretor de Belo Horizonte (2019) estabelece que todas as vias da região central de Belo Horizonte (ou seja, aquelas inseridas dentro do perímetro da Avenida do Contorno) sejam consideradas vias arteriais. Portanto, tendo em vista este contexto da região, a classificação de vias não foi considerada no trabalho, pois a inclusão desse critério não faria diferença. Durante as análises, usou-se no lugar, a diferenciação entre vias com denominação ‘rua’ ou ‘avenida’.

Na Área do Hipercentro de Belo Horizonte, existem 11 Áreas homogêneas, que estão representadas em mapa na Figura 6.1 e cujas informações de viagens diárias de destino se encontram descritas e resumidas na Tabela 6.1.

Figura 6.1: Áreas homogêneas do Hipercentro



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6.1: Resumo de relação de viagens diárias com destino às áreas homogêneas do Hipercentro

Área Homogênea (destino)	Viagens a pé por dia	Porcentagem viagens (%)	Viagens Motorizadas por dia	Porcentagem viagens (%)	Total de viagens	Porcentagem viagens (%)
1001	14.966	14%	34.955	9%	49.921	11%
1004	9.821	9%	17.415	5%	27.236	6%
1009	19.199	18%	79.505	21%	98.704	21%
1010	8.543	8%	41.896	11%	50.439	11%
1011	10.864	10%	25.351	7%	36.214	8%
1012	14.407	14%	85.786	23%	100.193	21%
1013	3.530	3%	11.713	3%	15.243	3%
1014	13.977	13%	31.119	8%	45.096	10%
1015	2.884	3%	10.079	3%	12.963	3%
1069	2.900	3%	12.746	3%	15.646	3%
1070	2.979	3%	19.557	5%	22.536	5%
Total Geral	104.069	100%	370.122	100%	474.191	100%

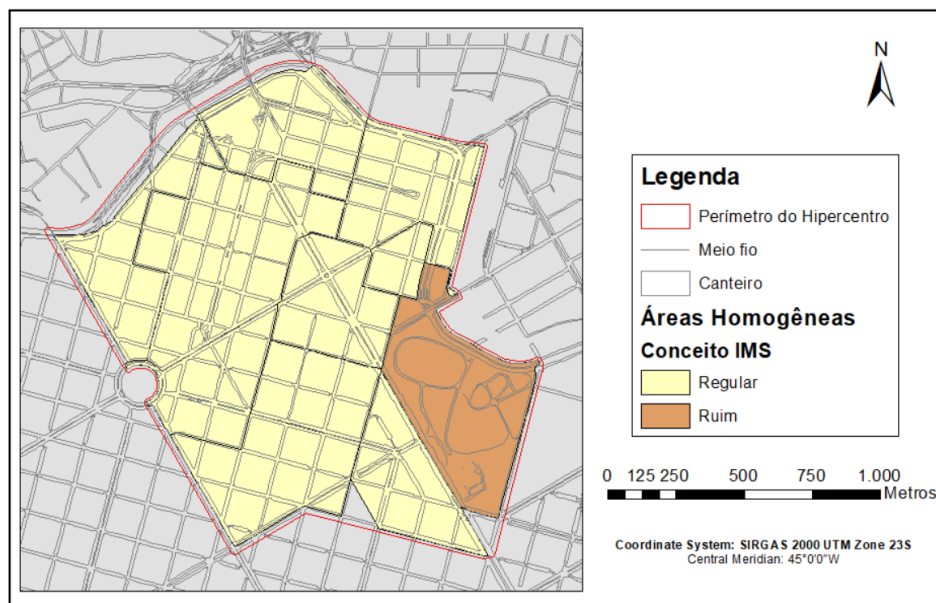
Fonte: Elaborado pelo autor

6.1 Resultados do IMS por interseções e por áreas homogêneas

Uma vez realizada a aplicação do IMS nas interseções do Hipercentro, foram detalhadas as pontuações resultantes de forma territorial (áreas homogêneas) e unitária (interseções semaforizadas).

Inicialmente, são apresentados aqui, resultados das avaliações no nível das áreas homogêneas, que podem representar as condições de acessibilidade por segurança dos pedestres no Hipercentro de Belo Horizonte por um ponto de vista territorial. Os valores do IMS calculados para as áreas homogêneas foram obtidos pelas médias dos valores das análises resultantes da aplicação do índice nas interseções, que se encontram dentro das áreas de cada AH. Revelou-se que, como ilustrado na Figura 6.2 e na Tabela 6.2, todas as áreas homogêneas alcançaram resultados similares uma das outras na aplicação do IMS, já que todas as unidades ficaram com valores do índice entre 0,4 e 0,6, exceto a AH 1015, que conceituou 0,396, alcançando classificação Ruim.

Figura 6.2: Mapa de resultados das avaliações por áreas homogêneas



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6.2: Resultados das avaliações do IMS por áreas homogêneas

Área Homogênea	Índice	Conceito
1001	0,467	Regular
1004	0,458	Regular
1009	0,546	Regular
1010	0,491	Regular
1011	0,489	Regular
1012	0,544	Regular
1013	0,569	Regular
1014	0,597	Regular
1015	0,396	Ruim
1069	0,431	Regular
1070	0,506	Regular

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 6.3 apresenta as médias das pontuações de cada interseção nas avaliações dos indicadores em separado. Enquanto o i4 tem resultado com conceito Péssimo e o i6 alcançou conceito Ruim, os outros quatro indicadores estão com conceito Bom. Isso pode se explicar pela ausência de sinais sonoros na maior parte das interseções semaforizadas em Belo Horizonte, em apenas 4 interseções do Hipercentro e que na região, a maior parte das vias têm mais três ou mais faixas de rolamento para veículos, o que significa que essas são as duas maiores deficiências do Hipercentro em Belo Horizonte. As planilhas com notas individuais das interseções para cada indicador e figuras com representações em mapa das Pontuações individuais dos indicadores para todas as interseções semaforizadas contempladas no trabalho estão representadas em tabela no Apêndice C.

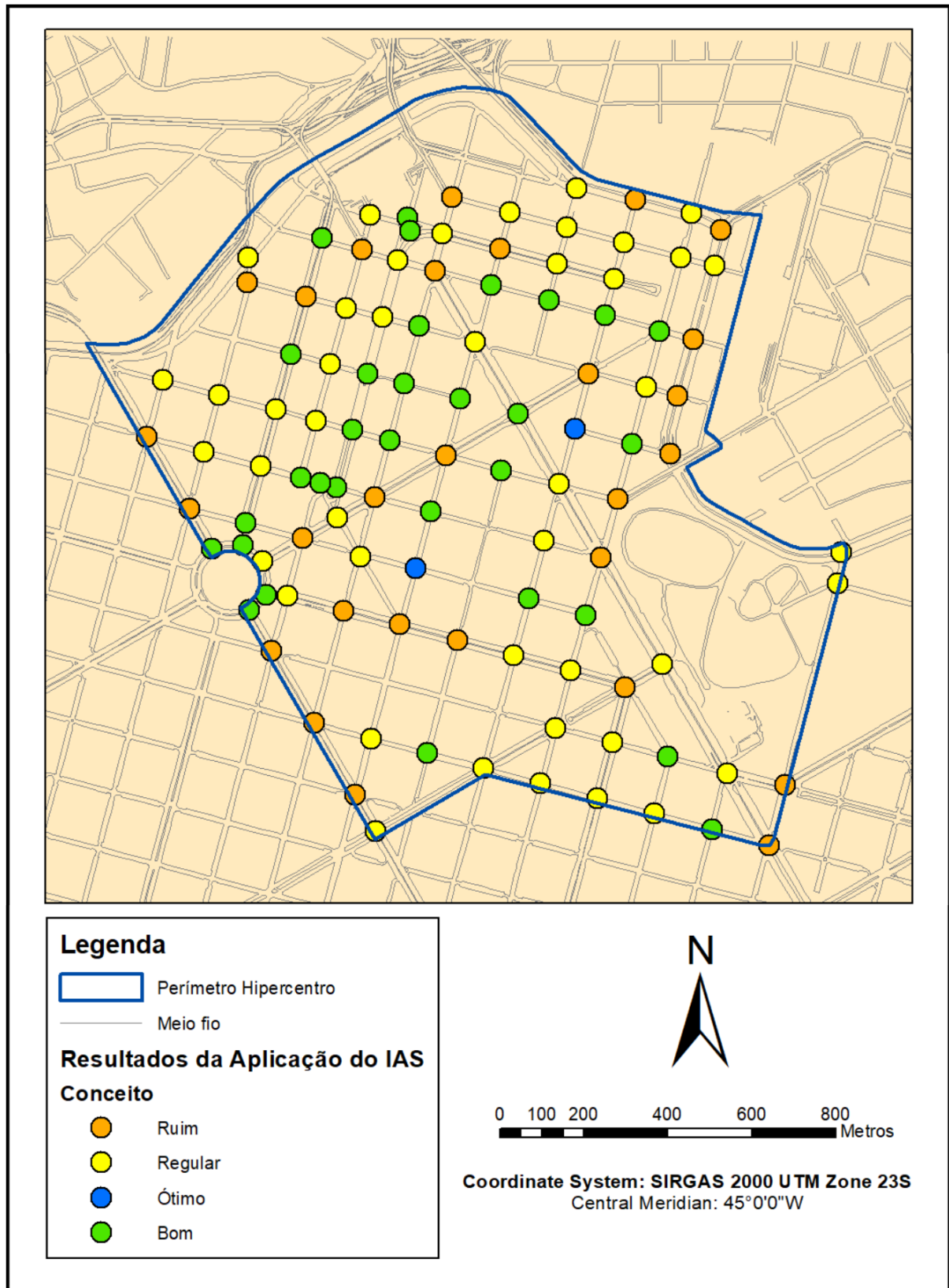
Tabela 6.3: Médias das notas das avaliações dos indicadores nas interseções do Hipercentro

Indicador	Média das notas de todas as interseções	Conceito
Velocidade de travessia dos pedestres (i1)	0,652	Bom
Configuração das interseções (i2)	0,648	Bom
Continuidade de travessia nas interseções (i3)	0,743	Bom
Presença de sinais sonoros para pedestres com deficiência visual (i4)	0,0381	Péssimo
Número de possibilidade de movimentos de veículos (i5)	0,579	Bom
Número de faixas para circulação de veículos perpendiculares às travessias (i6)	0,365	Ruim

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a extensiva avaliação de todos os indicadores nas interseções semaforizadas propostas no estudo, gerou-se os resultados do IMS que são apresentados na tabela no Apêndice D e no mapa na Figura 6.3 de acordo com conceitos estabelecidos na Tabela 5.4. Quanto à distribuição de conceitos do índice nas interseções semaforizadas do Hipercentro, nenhuma das interseções que receberam a aplicação do índice obteve o conceito Péssimo (0,0 a 0,2); ao passo que 28 delas ficaram conceituadas como ruins), equivalendo a aproximadamente 27% das interseções. 44 interseções alcançaram o conceito Regular (0,4 a 0,6), sendo 42% do total; enquanto 31 receberam conceito Bom (0,6 a 0,8), totalizando 29% do total. Apenas duas delas alcançaram o conceito Ótimo (0,8 a 1,0), sendo 2% do total.

Figura 6.3: Resultados dos índices nas interseções em mapa



Fonte: Elaborado pelo autor

De modo geral, a média das avaliações de todas as interseções pelo índice é de 0,501, um valor mediano, que daria o conceito de Regular para o Hipercentro em uma avaliação geral. Apesar da situação mediana e de não haver nenhuma interseção considerada péssima na contagem do índice, a região ainda carece de melhorias para obter padrões de excelência de acessibilidade e segurança para os pedestres, já que grande maioria das suas interseções semaforizadas (42%) são conceituadas com pontuação regular e que apenas duas delas conseguiram a nota acima de 0,8 no índice que garantiria conceito Ótimo (Rua São Paulo com Rua Goitacazes e Rua Espírito Santo com Rua Carijós).

6.2 Validação do IMS

Para se verificar o potencial do IMS desenvolvido e descrito no capítulo anterior, procurou-se validar os seus resultados. Pensando neste objetivo, o método de regressão linear foi aplicado. As análises de regressão linear ajudam a entender a dependência estatística entre duas ou mais variáveis. Trabalha-se com variáveis aleatórias, que têm uma distribuição de probabilidade. Na regressão linear simples, a variável dependente ou endógena (y) é explicada pela variável explicativa (x). A dependência entre as duas é explicada por uma reta de tendência, descrita por uma equação $y = a + bx$. O foco da análise, é, portanto, encontrar os valores das constantes a e b dessa equação, sendo que b determina a inclinação da reta e a dependência entre as variáveis (Chein, 2019).

Dois valores usados para entender o ajuste de uma regressão são o R^2 e os erros padrões. O R^2 varia entre 0 e 1 e mede qual a fração da variância de y é explicada por x . Já o erro padrão de uma regressão mede o quão distante a variável dependente y está do seu valor predito (Chein, 2019). O valor de R^2 foi o parâmetro utilizado para determinar a validação do método aplicado nesta dissertação.

Na validação do IMS, a ferramenta presente no ArcGIS de regressão geograficamente ponderada (GWR – *Geographically Weighted Regression*) também foi usada. O GWR é uma forma de regressão usada para modelar relações espacialmente variáveis e fornece um modelo local da variável ou processo que ajustando uma equação de regressão a cada recurso no conjunto de dados (ArcGIS Pro, 2022).

Para a análise do trabalho, pensou-se, em caráter inicial, em utilizar como variável dependente, os dados com sinistros ocorridos nas áreas das interseções. Para se contar os sinistros atribuídos a cada interseção, considerou-se como área de influência das unidades do estudo: em um raio

de 30 metros a partir do centroide para as interseções sem avenidas; e em um raio de 60 metros a partir do centroide para interseções com avenidas (exemplo: Avenida Amazonas, Avenida Afonso Pena, Avenida Bias Fortes), ambos valores suficientes para cobrir todos os sinistros das interseções. Essa diferença foi estabelecida, principalmente devido às diversas dimensões das vias. Sendo assim, foram contados e atribuídos às interseções os sinistros ocorridos nos anos de 2019 e 2020 (período de operação da programação semafórica aplicada no trabalho) dentro das áreas estabelecidas para cada interseção.

Apenas as contagens de sinistros nessas áreas de influências não são suficientes para determinar a segurança pela infraestrutura e características físicas e viárias de uma interseção, já que a recorrência dos sinistros depende de outras variáveis, mais difíceis de se coletar (principalmente em interseções complexas como muitas que há no Hipercentro de Belo Horizonte), tais como contagens de veículos, contagens de pedestres e fatores psicológicos e comportamentais dos usuários.

Defrontando a impossibilidade de realizar contagens de tráfego em cada das 105 interseções estudadas, foi preciso utilizar outra solução, que se aproxime o número de sinistros a uma proporção adequada à real quantidade de deslocamentos de pedestres e veículos na interseção. A solução encontrada foi o uso de dados provenientes de pesquisas de origem-destino nas Áreas Homogêneas onde se encontram as interseções do estudo, trabalhadas na plataforma ArcGIS (Figura 6.1). Para representar o número de viagens em cada área homogênea, usou-se as informações da coluna “total de viagens” na Tabela 6.1.

Dessa forma, a variável dependente da regressão linear, foi determinada pela Equação 3.

$$y = \frac{N_s}{\text{viag}_d} * 1000 \quad (3)$$

Sendo:

- y = Variável dependente (sinistros / 1000 viagens diárias);
- N_s = Número de sinistros na área de influência da interseção;
- viag_d = Número de viagens diárias totais na área homogênea onde se encontra a interseção.

A regressão linear foi usada para analisar a dependência desta variável y com as pontuações do índice em três momentos: na validação dos indicadores, na validação do IMS no ponto de vista das áreas homogêneas e na validação do IMS no ponto de vista das interseções. Já o GWR foi usado na validação do IMS no ponto de vista das áreas homogêneas e das interseções semaforizadas.

6.2.1 Resultados da validação dos indicadores

Na primeira parte das análises do índice cada um dos seis indicadores escolhidos para compor o índice de microacessibilidade desenvolvido no trabalho foi aplicado individualmente nas interseções estudadas para que sejam aplicadas as regressões lineares usando a ferramenta Excel e os resultados dos indicadores como eixo x e como eixo y , a proporção de sinistros / 1000 viagens diárias. Os gráficos relativos às análises estatísticas dos indicadores se encontram no Apêndice E.

Os valores de R^2 que se resultam das análises dos indicadores estão na Tabela 6.4. Nota-se que, sendo todos abaixo de 0,2, esses valores se revelaram baixos para demonstrar a relação de forma individual dos indicadores com a recorrência de sinistros nas interseções semaforizadas. O indicador que apresentou pior desempenho foi “Presença de sinais sonoros para pedestres com deficiência visual”, o que pode ser explicado por estar presente no momento apenas em pequena parte das interseções do Hipercentro. O indicador com maior R^2 é o “Número de possibilidades de movimentos”, já que ele indica a complexidade das interseções estudadas e pode apontar um aumento na recorrência de conflitos entre pedestres e veículos.

Tabela 6.4: Resumo das análises de regressão linear dos indicadores individualmente

Indicador	R^2
1 Velocidade de travessia dos semáforos de pedestres	0,026
2 Configuração das interseções para pedestres	0,007
3 Continuidade de travessia nas interseções	0,08
4 Presença de sinais sonoros para pedestres com deficiência visual	0,003
5 Número de possibilidades de movimentos	0,152
6 Número de faixas para circulação de veículos perpendiculares às travessias	0,074

Fonte: Elaborado pelo autor

As linhas de tendência nos gráficos gerados para todos os indicadores apresentam traçado decrescente, que indica uma inclinação negativa. Esse valor é o previsto nas análises realizadas, já que se espera que quanto maior a nota do índice nos indicadores, menor a possibilidade de sinistros. Este resultado pode refletir na análise do IMS, pois se as retas das análises de todos

os seus indicadores têm tendências no mesmo sentido, esses valores podem se aglomerar, fortalecendo o índice.

6.2.2 Resultado da validação do IMS em regressão linear sob o ponto de vista das áreas homogêneas

Na fase primeira fase de validação do índice, no nível das áreas homogêneas (análise no nível territorial), ao se realizar a regressão linear, considerou-se o eixo x, as médias dos resultados das interseções em cada unidade espacial. O eixo y, por sua vez foi considerado sendo a soma de todos os sinistros ocorridos entre 2019 e 2020 em áreas de influência das interseções semaforizadas dividido pelo número de viagens diárias.

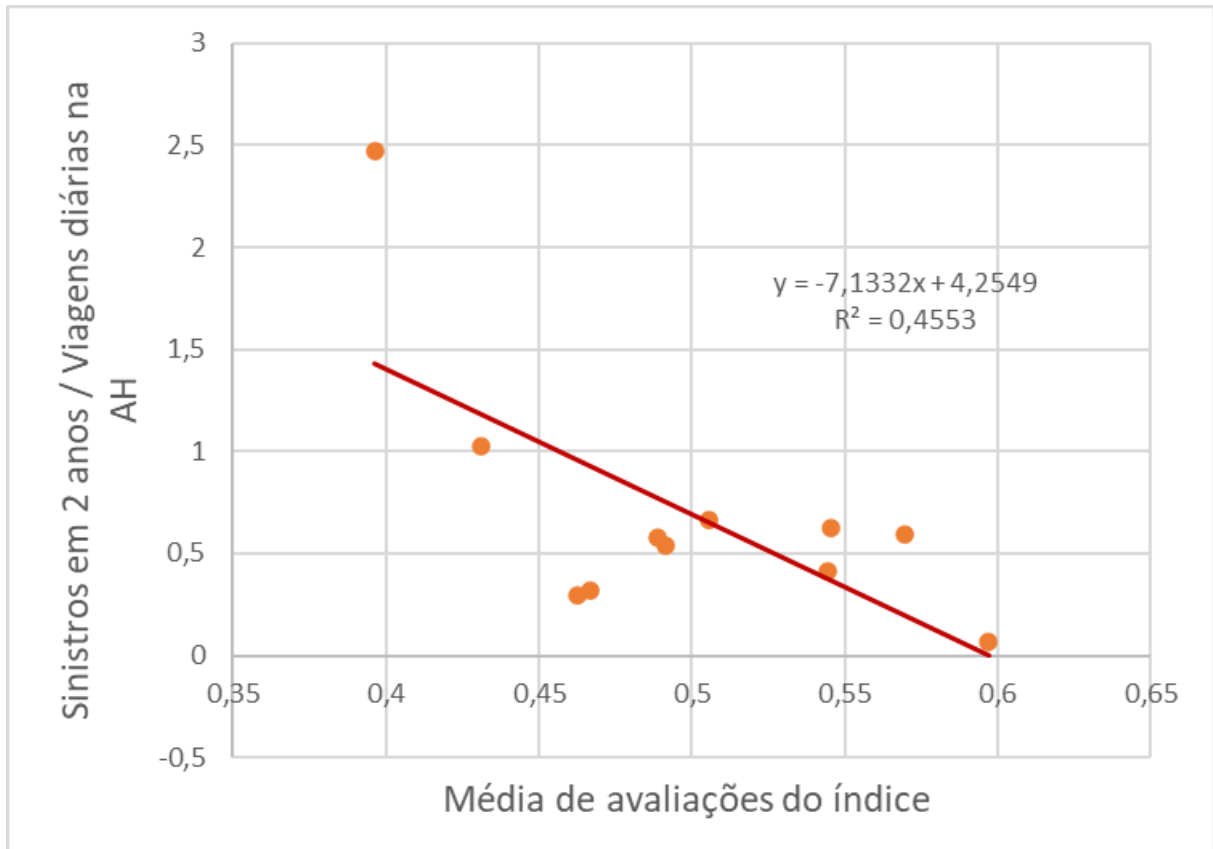
Os valores resultantes dos cálculos dos eixos estão registrados na Tabela 6.5. O gráfico de dispersão com linha de tendência está ilustrado na Figura 6.3. Na análise do índice pelas áreas homogêneas, o índice alcançou um R^2 de 0,455. Esse é um resultado, sendo abaixo de 0,5, na escala de 0,0 a 1,0 é insuficiente para se determinar os níveis de relação entre as duas variáveis, apesar de ser melhor que os resultados da análise de regressão linear simples no nível das interseções semaforizadas, apresentadas a nos itens a seguir.

Tabela 6.5: Valores para a validação em áreas homogêneas

Área Homogênea	Média nota	Soma sinistros / 1000 viagens
1001	0,467	0,321
1004	0,463	0,294
1009	0,546	0,628
1010	0,491	0,535
1011	0,489	0,580
1012	0,544	0,409
1013	0,570	0,590
1014	0,597	0,067
1015	0,396	2,469
1069	0,431	1,023
1070	0,506	0,666

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 6.4: Gráfico de validação do IMS em regressão linear por áreas homogêneas



Fonte: Elaborado pelo autor

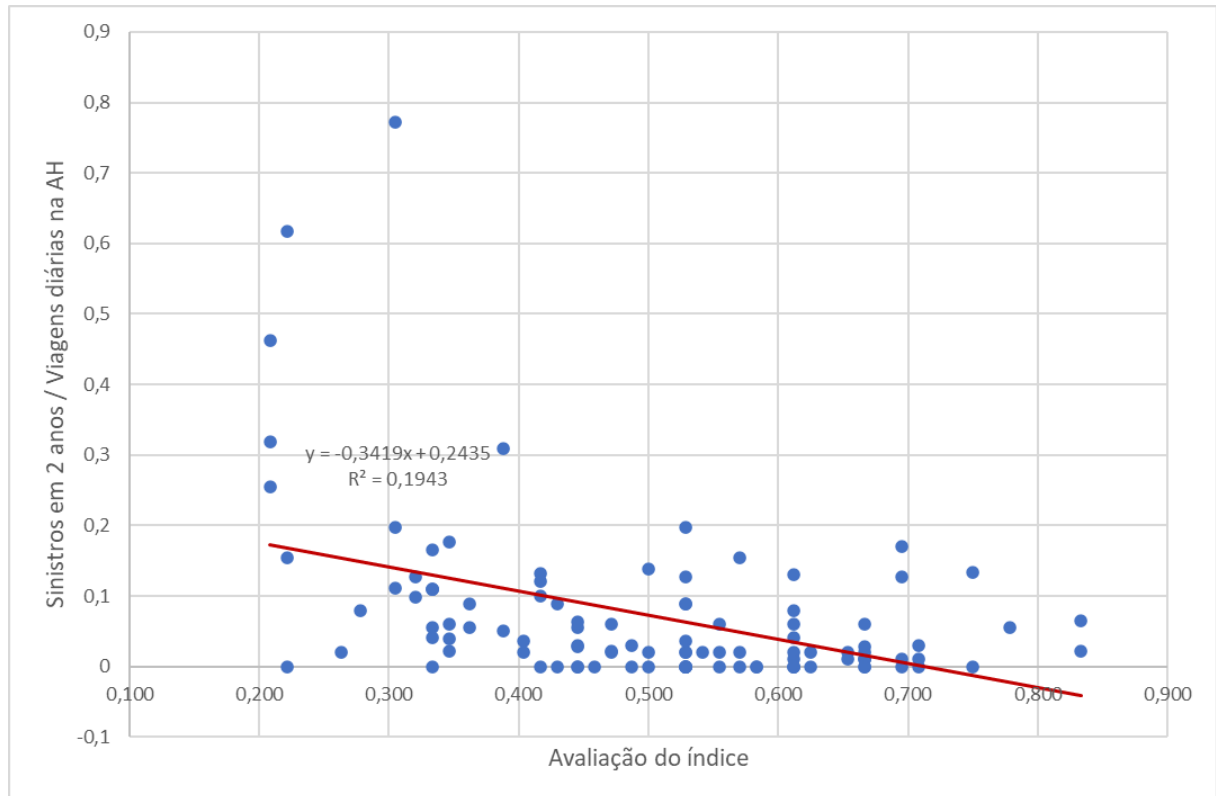
6.2.3 Resultado da validação do IMS em regressão linear sob o ponto de vista das interseções

Foi feito o mesmo processo de validação estatística para os resultados finais do índice nas interseções. Quando se junta todos os indicadores selecionados em um único indicador (o índice de microacessibilidade), nota-se que o resultado se mostra um pouco melhor, mas ainda baixo estatisticamente. A Figura 6.4 ilustra o gráfico, gerado em Excel com nuvem de pontos da análise do índice pelos dados de sinistro e viagens e a reta que representa a relação dessas variáveis. Dada a plotagem da reta de tendência, que se resulta da situação dos pontos da tabela, é obtido um R^2 no valor de 0,194.

A Equação 4 define a reta de dispersão:

$$y = -0,3422x + 0,2445 \quad (4)$$

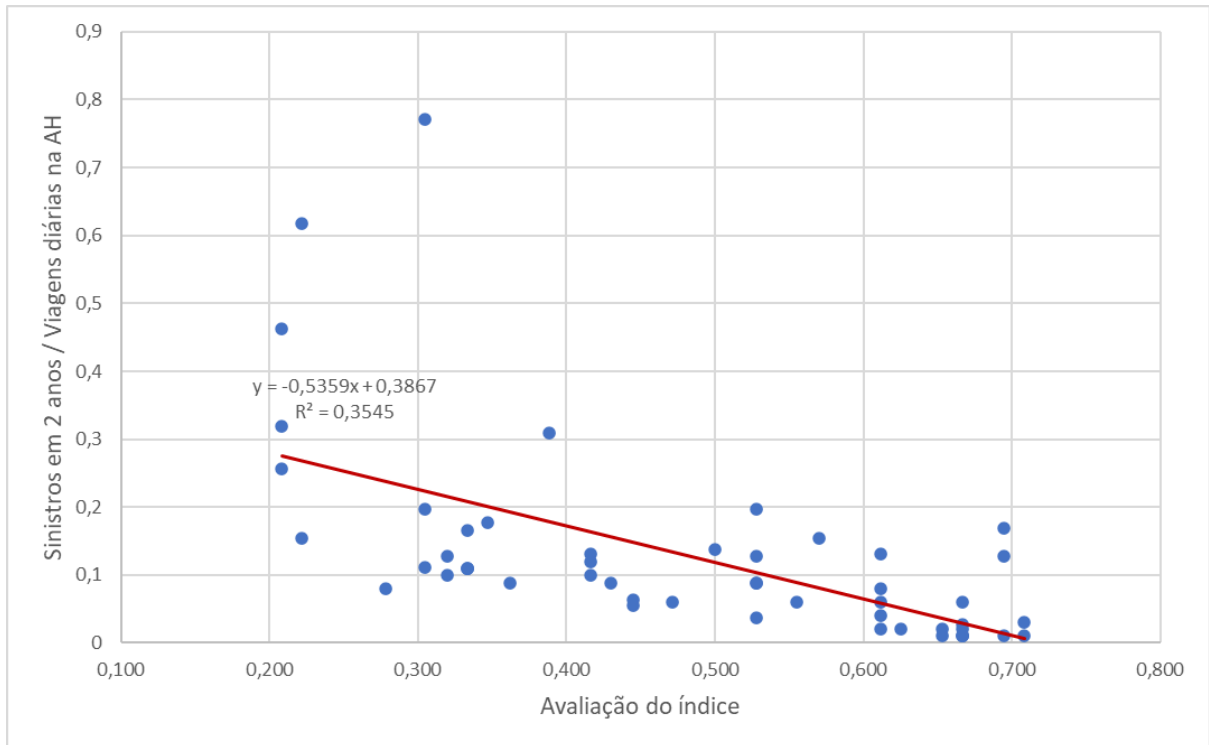
Figura 6.5: Gráfico de validação do IMS em regressão linear por interseções



Fonte: Elaborado pelo autor

Com esses valores iniciou-se um processo de correção dos resultados. Calculou-se o y predito de todas as interseções, ao usar os resultados do índice na Equação 4. Em seguida, foi efetuada a subtração do y resultante (relação entre sinistros e viagens) e y predito, a fim de se encontrar os erros residuais. Por fim, dividiu-se os erros pelo y resultante, obtendo o erro percentual. As interseções que estiverem com erro percentual acima de 100% foram removidas para nova validação do índice, adicionalmente as interseções que não registraram sinistros também foram retiradas, para evitar erros demasiadamente grandes nas análises (interseções removidas e remanescentes podem ser vistas no Apêndice F). Após a correção, o novo R^2 da validação do índice é de 0,355, com uma ligeira melhora em relação ao resultado anterior (0,194), porém ainda insuficiente para considerar um bom resultado na validação do IMS. O novo gráfico está representado na Figura 6.5.

Figura 6.6: Gráfico de validação do IMS em regressão linear por interseções (corrigido)



Fonte: Elaborado pelo autor

6.2.4 Resultado das análises em GWR

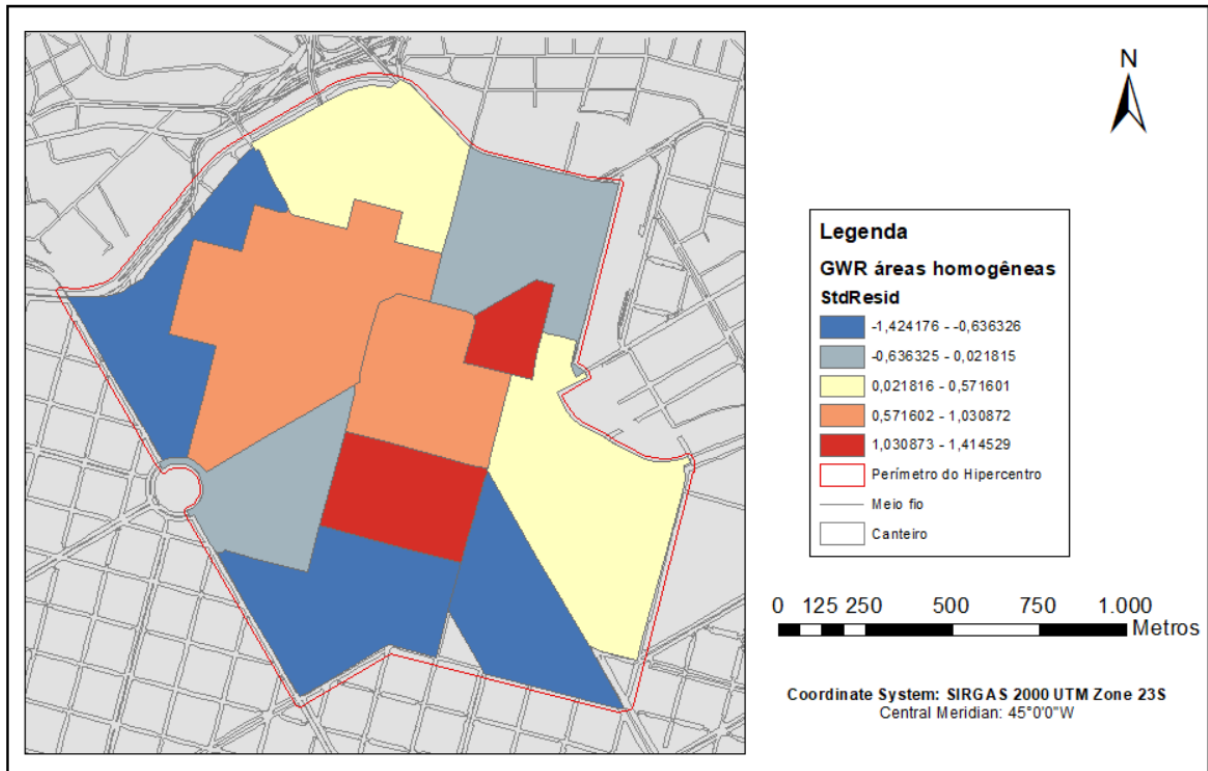
Após as análises em regressão linear simples, aplicou-se uma análise das áreas homogêneas e das interseções semaforizadas por regressão geograficamente ponderada (GWR), usando as mesmas variáveis determinadas para as análises anteriores..

A Figura 6.6 apresenta o mapa com resultados dos intervalos de resíduos padronizados da análise GWR do IMS para as áreas homogêneas do Hipercentro. Áreas homogêneas representadas em vermelho significam altos resíduos padronizados com valores positivos e áreas homogêneas representadas em azul significam altos resíduos padronizados com valores negativos, enquanto as representadas em amarelo significam resíduos padronizados mais próximos de zero.

Os resíduos padronizados de uma análise são os desvios normalizados pelos valores observados das variáveis. Isso significa que representam o distanciamento entre o y observado e o y previsto e que, quanto mais distante de zero, negativa ou positivamente, pior é o modelo. No caso da análise pelas áreas homogêneas, o resíduo padrão varia de -1,422 a 1,415. A AH 1013 apresentou o melhor resultado de desvio padrão, com valor de 0,094. Essa área homogênea tem a menor área dentre as do Hipercentro e obteve pontuação de 0,570 no IMS. Sua proporção de

sinistros por viagens também é mediana (0,590 sinistros / 1000 viagens). A soma residual dos quadrados na análise GWR por áreas homogêneas é de 0,357.

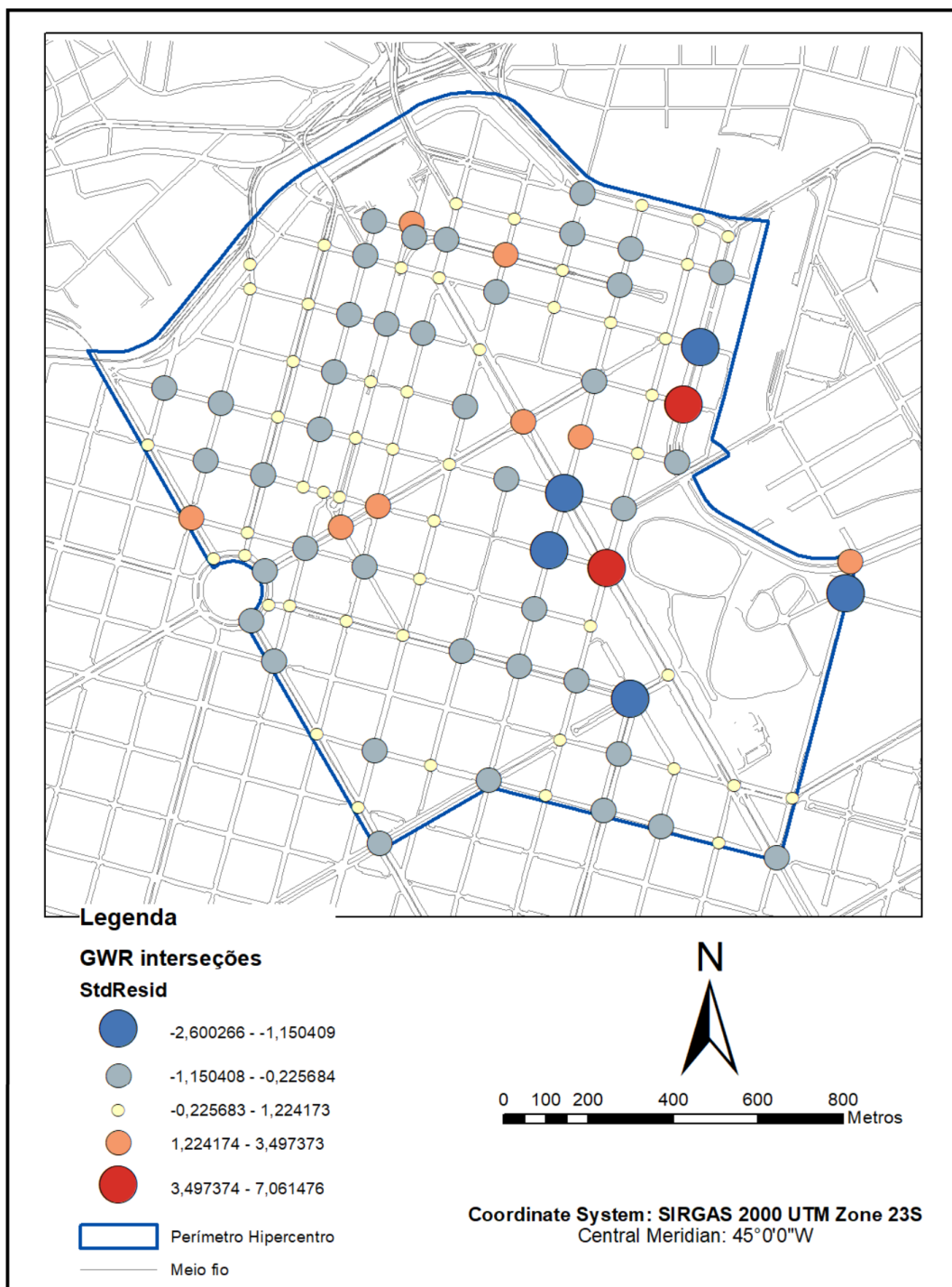
Figura 6.7: Resíduos padronizados da GWR por áreas homogêneas



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 6.7 apresenta o mapa com resultados dos intervalos de resíduos padronizados da análise GWR do IMS para as interseções semaforizadas do Hipercentro. Os resíduos padronizados nesta análise variam de -2,6 até 7,06, uma variação consideravelmente maior que na análise das áreas homogêneas. Entretanto, a soma residual dos quadrados é de 0,02, sendo este um valor mais desejável que o da análise por que na análise territorial.

Figura 6.8: Resíduos padronizados da GWR por interseções semaforizadas

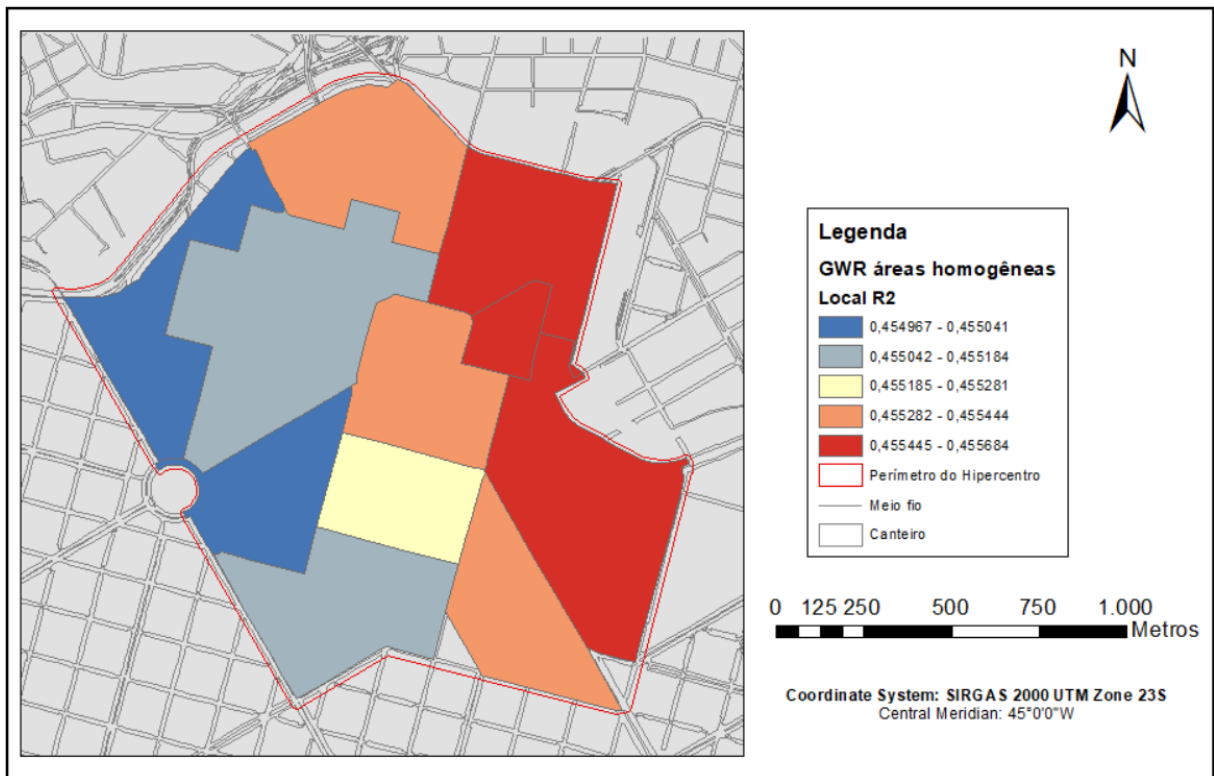


Fonte: Elaborado pelo autor

O cartograma na Figura 6.8 apresenta os resultados de R^2 locais na análise em GWR das áreas homogêneas. Todas as áreas homogêneas tiveram R^2 locais resultantes com valores por volta de 0,455. Com esses valores, O R^2 geral para a análise das áreas homogêneas é de 0,456, valor

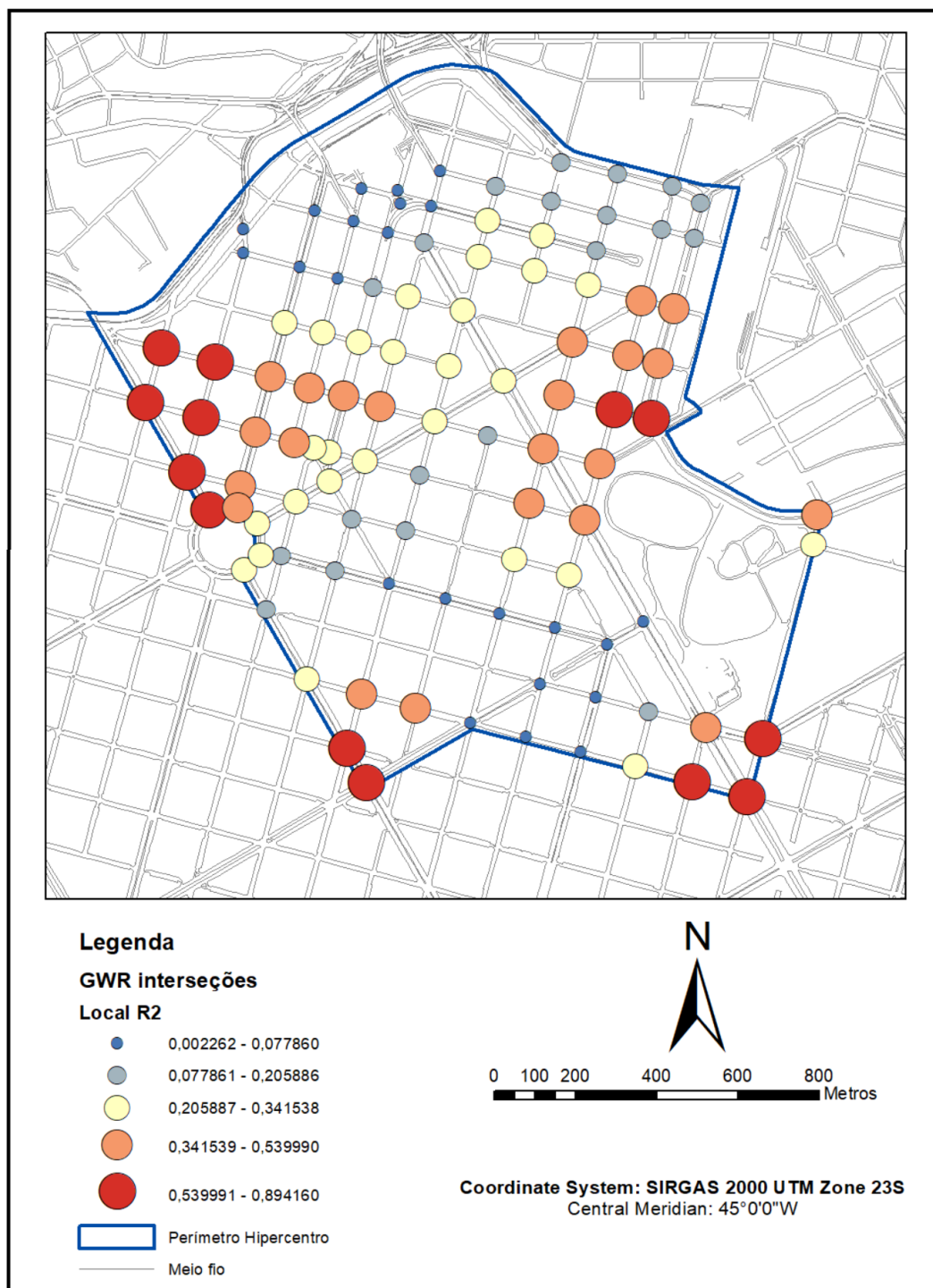
similar ao encontrado na mesma análise em regressão linear simples. O R^2 ajustado é de em 0,395. Esses valores ainda são estatisticamente insatisfatórios.

Figura 6.9: R^2 locais da GWR por áreas homogêneas



Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados de R^2 nas análises em GWR no ponto de vista das interseções semaforizadas, representadas na Figura 6.9 obtiveram resultados melhores. Enquanto os R^2 locais nas 105 interseções dessa análise tiveram uma variação de 0,0023 até 0,894, mais diversa que a das áreas homogêneas, o R^2 geral nas interseções semaforizadas é de 0,75 e o R^2 geral ajustado de 0,623. Esse não é apenas um resultado melhor que os de todas as outras análises até então realizadas, como pode ser considerado um resultado satisfatório para a validação do IMS, atestando, agora a sua validação.

Figura 6.10: R² locais da GWR por interseções semaforizadas

Fonte: Elaborado pelo autor

6.3 Interpretação dos resultados

As retas geradas nas análises têm inclinação negativa, o que se era esperado, pois o número de sinistros deve ser menor nas interseções que mostraram melhor desempenho nas avaliações do índice.

Apesar das análises em regressão linear individuais de cada indicador terem resultados, que apontam baixa relevância estatística para uma relação entre variáveis x e y , quando esses indicadores são aglomerados em um índice (IMS), consegue-se uma expressiva melhora nos resultados, em especial. Na validação por regressão linear, do IMS, apesar de maior relação entre resultado do índice com as estatísticas de sinistros, ainda é considerado insuficiente, porém na análise por GWR, são alcançados bons indicadores de relação entre as variáveis, por um R^2 de 0,75. Para se entender melhor os resultados, deve-se levar em conta alguns pontos relativos à natureza da análise.

Quando a análise estatística conta com dados relativos ao comportamento humano, as análises tendem a obter valores estatísticos mais baixos. Esse é o caso dos dados de sinistros, que, além da influência das variáveis espaciais, também dependem das atitudes de motoristas e pedestres. Além disso, a incidência de sinistros pode também ser influenciada por uma variedade de fatores. Pode-se citar alguns fatores que não se ligam às características de interseções ou com uma impossibilidade de coleta de informações para uma análise ampla em uma grande área urbana, tais como condições de visibilidade, condições climáticas, tipos de zoneamento, proximidades de escolas, restaurantes ou bares, dentre outros.

Outro ponto é que os dados de sinistros foram adaptados por informações macroespaciais de demanda de viagens nas áreas homogêneas, que, apesar de ter sido suficiente para correção e validação do índice, se fossem corrigidos por contagens de tráfego e contagens de pedestres, poderia ter apresentado resultados estatísticos melhores. Ainda, o ano de 2020, cujos registros de sinistros no Hipercentro foram usados no estudo, coincide com o período determinado para isolamento social em Belo Horizonte, devido a medidas de proteção à covid-19. Isso pode reduzir a confiabilidade de dados coletados da incidência de sinistros do ano referido.

Alguns indicadores (como velocidade de projeto ou sinais sonoros) se relacionam mais com a parte de acessibilidade, não contando positiva ou negativamente para análise com sinistros. A acessibilidade, por sua vez, não pode ser facilmente avaliada quantitativamente, não sendo usada desta forma como parâmetro de validação para o índice.

Tendo em vista os resultados e todos os fatores que os podem influenciar, considera-se que o desenvolvimento do índice proposto atingiu seus objetivos, com boas indicações estatísticas de relação negativa das notas das interseções com as incidências de sinistros. Dessa forma, o

método, com simples aplicação em grandes áreas urbanas, é indicado e pode ser usado para avaliação de interseções semaforizadas em centros urbanos.

7 CONCLUSÃO

Durante as últimas décadas do século XX, a maior parte das grandes cidades do mundo observaram o surgimento de problemas, que se resultam da popularização e priorização dos veículos motorizados, tais como insegurança no trânsito, congestionamentos, poluição do ar e sonora, sinistros de trânsito, dependência do petróleo, dentre outros.

Existem formas de se combater e evitar esses problemas que podem ser aplicadas pelo poder público ou pela sociedade em geral, sendo uma delas as ações voltadas para o transporte ativo, que se define pelos meios de locomoção não motorizados, sendo os mais usuais o deslocamento a pé e uso de bicicletas. Ao longo do trabalho foram descritas, várias ações e políticas públicas que podem beneficiar o transporte de pedestres, bem como foram apresentados alguns parâmetros de caminhabilidade.

Foi proposto neste trabalho o desenvolvimento de um método para avaliar as condições de microacessibilidade em interseções semaforizadas, sob a ótica da segurança de pedestres, chamado de IMS, visto que esses usuários estão entre os mais vulneráveis a sinistros no trânsito e que as interseções configuram com alta probabilidade de conflitos e sinistros, especialmente para pedestres. Pensando nos parâmetros que possam melhor representar a situação de microacessibilidade sob as condições visadas, com facilidade de aplicação desejada, selecionou-se seis indicadores para fazer parte do índice, sendo eles: velocidade de travessia dos pedestres; configuração das interseções; continuidade de travessia nas interseções; presença de sinais sonoros para pedestres com deficiência visual; número de possibilidade de movimentos de veículos; número de faixas para circulação de veículos perpendiculares às travessias.

Os indicadores e o índice foram aplicados nas interseções do Hipercentro de Belo Horizonte, um dos locais com maior recorrência de atropelamentos no município e análises estatísticas dos resultados foram realizadas, de forma que, de modo geral, obteve-se avaliações medianas da região, tanto quando se avalia as interseções separadamente, quanto quando se avalia de maneira macroespacial, pelas áreas homogêneas. Quando se trata das avaliações dos indicadores, o i4 (Sinais sonoros) e o i6 (faixas de veículos) tiveram as piores médias do Hipercentro, representando pontos para melhoria.

O Hipercentro foi avaliado com nota média de 0,501 na Avaliação do índice, que indica necessidade de melhorias, sendo as interseções semaforizadas com vias denominadas avenidas

com um desempenho ligeiramente pior que as demais. As áreas homogêneas também obtiveram, em geral, conceito Regular na avaliação do índice, com exceção da AH 1015.

Nos testes de validação do índice, ao se usar a regressão linear simples, os resultados de R^2 em todos casos foi considerado baixo (abaixo de 0,5), excetuando-se pela GWR no nível das interseções individualmente. Este último resultado é estatisticamente suficiente para atestar a validação do índice.

Apesar de muitos resultados esperados da aplicação do IMS, ao se identificar os pontos das interseções mais deficientes e pelas diferenciações de ruas e avenidas, a baixa relação apresentada pelo índice em algumas das análises, pode ser especulada pelas ações de outras variáveis que não podem ser consideradas no trabalho, tais como comportamento humano, que pode reger a incidência de sinistros, principalmente pois a proposta do IMS é trazer uma avaliação de aplicação simples, com poucos indicadores. Dessa forma, se faz importante a elaboração de novos trabalhos na área para melhorar entendimento geral sobre o assunto.

7.1 Sugestão para trabalhos futuros

Com base nas questões levantadas durante a pesquisa e redação deste trabalho, sugere-se que em trabalhos futuros, sejam realizadas as seguintes pesquisas:

- Estudo acerca da percepção dos pedestres quanto à segurança e acessibilidade nas interseções semaforizadas;
- Estudo do comportamento dos pedestres e motoristas durante a travessia em interseções semaforizadas;
- Uso ou inclusão de outros indicadores nos estudos de interseções semaforizadas;
- Realização do cálculo do IMS em todas as interseções do município de Belo Horizonte.

REFERÊNCIAS

- AASHTO (2010) Highway Safety Manual – 1st Edition.
- ABNT (2016) ABNT NBR 16537: Acessibilidade — Sinalização tátil no piso — Diretrizes para elaboração de projetos e instalação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 52 p.
- ABNT (2020) ABNT NBR 10697: Pesquisa de sinistros de trânsito — Terminologia. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 20 p.
- ABNT (2020) ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 163 p.
- Anderson, R.W.G.; McLean, A.J.; Farmer, M.J.B, Brooks, C.G. (1997) Vehicle travel speeds and the incidence of fatal pedestrian crashes. *Accident analysis and prevention*, 29(5), 667–674. [https://doi.org/10.1016/s0001-4575\(97\)00036-5](https://doi.org/10.1016/s0001-4575(97)00036-5)
- Antov, D.; Rõivas, T.; Antso, I.; Sürje, P. (2011) A method for pedestrian crossing risk assessment. *WIT Transactions on The Built Environment*, 116, 587-598. <https://doi.org/10.2495/UT110501>
- ArcGIS Pro (2022) Geographically Weighted Regression (GWR) (Spatial Statistics). Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.9/tool-reference/spatial-statistics/geographicallyweightedregression.htm>. Acessado em: 01/08/2022
- Asadi-Shekari, Z.; Moeinaddini, M.; Shah, M. Z. (2015) Pedestrian safety index for evaluating street facilities in urban. *Safety Science*, 74, 1-14.
- Baker, S.P.; Robertson, L.S.; O’Neill, B. (1974) Fatal Pedestrian Collisions – Driver Negligence. *American Journal of Public Health*, 64(4), 318-325.
- Baptista Neto, O. (2012) Impactos da moderação de tráfego na vitalidade urbana. Dissertação (Mestrado em Transportes), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Barlow, J.M.; Franck, L.; Bentzen B.L.; Sauerburger, D. (2001) Pedestrian clearance intervals at modern intersections: *Implications for the safety of pedestrians who are visually impaired*. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 95, 663–667. <https://doi.org/10.1177/0145482X0109501105>
- Barlow, J.M.; Bentzen, B.L.; Bond, T. (2005). Blind Pedestrians and the Changing Technology and Geometry of Signalized Intersections: Safety, Orientation, and Independence. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 99(10), 587–598. <https://doi.org/10.1177/0145482x0509901003>

- Barros, R.M. (2021) A infância e o pedestrianismo: um estudo exploratório da percepção de crianças sobre indicadores de caminhabilidade. Dissertação (Mestrado em Transportes), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Barroso Jr., G.T.; Bertho, A.C.S.; Veiga, A.C. (2019) A letalidade dos sinistros de trânsito nas rodovias federais brasileiras em 2016. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 36. <https://doi.org/10.20947/s0102-3098a0074>
- Basile, O.; Persia, L.; Usami, D.S. (2010) A methodology to assess pedestrian crossing safety. *European Transport Research Review*, 2, 129-137. <https://doi.org/10.1007/s12544-010-0036-z>
- Belo Horizonte (2007) Plano de Reabilitação do Hipercentro de Belo Horizonte. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.
- Belo Horizonte (2012) Lei nº 10.407, de 12 de janeiro de 2012, que institui o Estatuto do Pedestre em Belo Horizonte.
- Belo Horizonte (2013) Decreto nº 15.317, de 02 de setembro de 2013 - institui o plano diretor de mobilidade urbana de belo horizonte - PlanMob-bh - e estabelece as diretrizes para o acompanhamento e o monitoramento de sua implementação, avaliação e revisão periódica. Prefeitura de Belo Horizonte.
- Belo Horizonte (2017a) Plano diretor de mobilidade urbana de belo horizonte PlanMob-BH revisão 2015 relatório - plano de implantação, gestão e monitoramento. BHTRANS.
- Belo Horizonte (2017b) BHTrans implanta tecnologia de avisos sonoros em semáforos. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/bhtrans-implanta-tecnologia-de-avisos-sonoros-em-semaforos>. Acessado em: 12/07/2022.
- Belo Horizonte (2018) Vida no Trânsito. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/bhtrans/informacoes/seguranca-e-educacao/vida-no-transito>. Acessado em: 17/03/2022.
- Belo Horizonte (2019a) Portaria BHTRANS DPR N.º 004/2019 de 25 de janeiro de 2019. Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura – BHTRANS.
- Belo Horizonte (2019b) Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019 - aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Prefeitura de Belo Horizonte.
- Belo Horizonte (2020) Relatório de acompanhamento dos objetivos de desenvolvimento sustentável de Belo Horizonte.

- Belo Horizonte (2021a) Novo projeto de Zona 30 chega ao bairro de Santa Tereza. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/novo-projeto-de-zona-30-chega-ao-bairro-de-santa-tereza>. Acessado em: 25/07/2022.
- Belo Horizonte (2021b) Relatório de Sinistros de Trânsito com Vítimas em Belo Horizonte – Ano-base 2020. BHTRANS.
- Belo Horizonte (2021c) Planilhas de Programação Semafórica de Belo Horizonte. BHTRANS
- Belo Horizonte (2022a) Dados Abertos. Disponível em: <https://dados.pbh.gov.br/>. Acessado em: 03/01/2022.
- Belo Horizonte (2022b) BH Map. Disponível em: <http://bhmap.pbh.gov.br/>. Acessado em: 03/01/2022.
- Belo Horizonte (2022c) Semáforos com avisos sonoros. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/bhtrans/informacoes/acessibilidade-para-todos/semaforos-com-avisos-sonoros>. Acessado em: 12/07/2022.
- Bennett, S.; Felton, A.; Akçelik, R. (2001) Pedestrian movement characteristics at signalised intersections. In *23rd Conference of Australian Institutes of Transport Research*, Melbourne.
- Bentzen, B.L.; Tabor, L.S. (1998) Accessible Pedestrian Signals. Washington: U.S. Access Board.
- Bentzen, B.L.; Barlow, J.M; Franck, L. (2000) Addressing barriers to blind pedestrians at signalized intersections. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 70(9), 32-35.
- Blecic, I.; Cecchini, A.; Congiu, T.; Pazzola, M.; Trunfio, G.A. (2013) Design and Planning Support System for Walkability and Pedestrian Accessibility. *International Conference on Computational Science and its Applications*. 284-293.
- Brasil (1987) Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros. Departamento Nacional de Trânsito.
- Brasil. (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal
- Brasil (2000a) Manual de Sinalização de Trânsito nas Áreas Escolares. Brasília: Departamento Nacional de Trânsito.
- Brasil (2000b). Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Brasília.

- Brasil (2001). Lei nº 5.788, de 10 de junho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências (Estatuto das Cidades). Brasília: Presidência da República.
- Brasil (2006) Caderno implementação do decreto Nº 5.296/04 - Para Construção da Cidade Acessível – Caderno 3. Brasília: Ministério das Cidades.
- Brasil (2007) Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. Volume II: Sinalização Vertical de Advertência. Brasília: Ministério das Cidades, Conselho Nacional de Trânsito.
- Brasil (2010) Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.
- Brasil (2015) Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), Brasília.
- Brasil (2016) Resolução nº 600, de 24 de maio de 2016. Brasília: Ministério das Cidades, Conselho Nacional de Trânsito.
- Brasil (2018) Anuário Estatístico de Segurança Rodoviária. Brasília: Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil.
- Brasil (2018) Resolução nº 738, de 6 de setembro de 2018. Brasília: Ministério das Cidades, Conselho Nacional de Trânsito.
- Brasil (2020) Condições das Rodovias: BR-040. Disponível em <http://servicos.dnit.gov.br/condicoes/condicoesdrf.asp?BR=040&Estado=Minas+Gerais&DRF=6>. Acessado em 14 out 2020.
- Brasil (2021) Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito 2021. Brasília: Secretaria Nacional de Trânsito.
- Bunn, F.; Collier, T.; Frost, C.; Ker, K.; Roberts, I.; Wentz, R. (2003). Traffic calming for the prevention of road traffic injuries: systematic review and meta-analysis. *Injury Prevention*, 9(3), 200–204. <https://doi.org/10.1136/ip.9.3.200>
- Cambra, P.J.; Gonçalves, A.; Moura, F. (2019). The digital pedestrian network in complex urban contexts: A primer discussion on typological specifications. *Finisterra*, 54(110), 155–170. <https://doi.org/10.18055/Finis16414>
- Carmo, C.L. (2019) Segurança Viária em Trechos Urbanos de Rodovias Federais. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Carmona, M., Magalhães, C., Hammond, L. (2008) Public Space: The Management Dimension. Abingdon: Routledge

- Carvalho, I.R.V. (2018) Caminhabilidade Como Instrumento de Mobilidade Urbana: Um Estudo de Caso em Belo Horizonte. Dissertação (Mestrado em Transportes), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Cervero, R. (2009) Public transport and sustainable urbanism: global lessons. In *Transit Oriented Development*. Londres: Routledge.
- Cervero, R.; Kockelman, K. (1997) Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity and Design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- Chein, F. (2019) Introdução aos modelos de regressão linear. Brasília: ENAP.
- Cheng, W.; Zhang, N.; Li, W.; Xi, J. (2014) Modeling and Application of Pedestrian Safety Conflict Index at Signalized Intersections. *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2014, 1-6. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/314207>
- Cheshmehzangi, A.; Thomas, S.M. (2016) Prioritizing Accessible Transit Systems for Sustainable Urban Development: Understanding and Evaluating the Parameters of a Transportation System in Mumbai. *Journal of Urban Planning and Development*, 142(4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000338](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000338)
- Chin, H.C.; Quek, S.T. (1997). Measurement of traffic conflicts. *Safety Science*, 26(3), 169–185. [https://doi.org/10.1016/s0925-7535\(97\)00041-6](https://doi.org/10.1016/s0925-7535(97)00041-6)
- City of Melbourne (1985) City of Melbourne strategy plan, 1985. Volume 1.
- City of Melbourne (2016) Places for people - Establishing a platform of evidence to shape Melbourne's future.
- Cysek-Pawlak, M.M.; Pabich, M. (2020): Walkability – the New Urbanism principle for urban regeneration. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*. <https://doi.org/10.1080/17549175.2020.1834435>
- Dai, D.; Jaworski, D. (2016) Influence of built environment on pedestrian crashes: A network-based GIS analysis. *Applied Geography*, 73, 53-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.06.005>
- Davis, G.A. (2001) Relating Severity of Pedestrian Injury to Impact Speed in Vehicle-Pedestrian Crashes: Simple Threshold Model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1773(1), 108-113. <https://doi.org/10.3141/1773-13>
- Day, K.; Anderson, C.; Powe, M.; McMillan, T.; Winn, D. (2007) Remaking Minnie Street: The impacts of Urban Revitalization on Crime and Pedestrian Safety. In *Journal of*

- Planning Education and Research*, 26, 315-331.
<https://doi.org/10.1177/0739456X06297257>
- Demerath, L.; Levinger, D. (2003) The Social Qualities of Being on Foot: A Theoretical Analysis of Pedestrian Activity, Community, and Culture. *City & Community*, 2(3), 217-237. <https://doi.org/10.1111/1540-6040.00052>
- Díaz, M.E. (2002). Theory of planned behavior and pedestrians' intentions to violate traffic regulations. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5(3), 169–175. [https://doi.org/10.1016/s1369-8478\(02\)00015-3](https://doi.org/10.1016/s1369-8478(02)00015-3)
- Diogenes, M.; Lindau, L. (2010). Evaluation of Pedestrian Safety at Midblock Crossings, Porto Alegre, Brazil. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2193, 37–43. <https://doi.org/10.3141/2193-05>
- Dörrzapf, L.; Kovács-Györi, A.; Resch, B.; Zeile, P. (2019) Defining and assessing walkability: a concept for an integrated approach using surveys, biosensors and geospatial analysis. *Urban Development Issues*, 62, 5-15. <https://doi.org/10.2478/udi-2019-0008>
- Dumbaugh, E.; Li, W. (2010) Designing for the Safety of Pedestrians, Cyclists, and Motorists in Urban Environments. *Journal of the American Planning Association*, 77(1), 69-88. <http://dx.doi.org/10.1080/01944363.2011.536101>
- Duranton, G.; Turner, M.A. (2001) The Fundamental Law of Road Congestion: Evidence from US Cities. *American Economic Review*, 101, 2616–2652. <https://doi.org/10.1257/aer.101.6.2616>
- Elvik, R. (2000). Which are the relevant costs and benefits of road safety measures designed for pedestrians and cyclists?. *Accident Analysis and Prevention*, 31, 37-45. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00046-9](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00046-9)
- Fambro, D.; Koppa, R.; Picha, D.; Fitzpatrick, K. (1998) Driver Perception-Brake Response in Stopping Sight Distance Situations. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1628, 1–7. <https://doi.org/10.3141/1628-01>
- Ferraz, A.C.P.; Raia Junior, A.A.; Bezerra, B.S.; Bastos, J.T.; Silva, K.C.R. (2012) *Segurança Viária*. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora.
- Fitzpatrick, K.; Avelar, R.; Turner, S. (2018) *Guidebook on Identification of High Pedestrian Crash Locations*. FHWA.
- Fontaine, H.; Gourlet, Y. (1997) Fatal pedestrian accidents in France: A typological analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 29(3), 303–312. [https://doi.org/10.1016/s0001-4575\(96\)00084-x](https://doi.org/10.1016/s0001-4575(96)00084-x)

- Forsyth, A. (2015) What is a walkable place? The walkability debate in urban design. *URBAN DESIGN International* volume, 20, 274-292. <https://doi.org/10.1057/udi.2015.22>
- Forsyth, A.; Southworth, M. (2008) Cities Afoot—Pedestrians, Walkability and Urban Design. *Journal of Urban Design*, 13(1), 1–3. <https://doi.org/10.1080/13574800701816896>
- Frank, L.D.; Sallis, J.F.; Saelens, B.E.; Leary, L.; Cain, K.; Conway, T.L.; Hess, P.M. (2009) The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study. *British Journal of Sports Medicine*, 44, 924–933. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.05870>
- Fregolente, R. (2008) Caracterização da acessibilidade em espaços públicos: a ergonomia e o desenho universal contribuindo para a mobilidade de pessoas portadoras de necessidades especiais: estudo de casos. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial), Universidade Estadual Paulista, Bauru.
- Gårder, P. (1989). Pedestrian safety at traffic signals: A study carried out with the help of a traffic conflicts technique. *Accident Analysis & Prevention*, 21(5), 435–444. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(89\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0001-4575(89)90004-3)
- Gehl, J. (2003) Winning Back the Public Spaces. In *(In)visible Cities. Spaces of Hope, Spaces of Citizenship*, Barcelona.
- Gehl, J. (2010) *Cities for People*, Washington: Island Press.
- Gemzoe, L. (2001) Copenhagen on foot: thirty years of planning & development. *World Transport Policy & Practice*, 7(4), 19-27.
- Ghandi, T.; Trivedi, M.M (2007) Pedestrian Protection Systems: Issues, Survey, and Challenges. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 8(3), 413-430. <https://doi.org/10.1109/TITS.2007.903444>
- Gitelman, V.; Balasha, D.; Carmel, R.; Hendel, L.; Pesahov, F. (2012) Characterization of pedestrian accidents and an examination of infrastructure measures to improve pedestrian safety in Israel. *Accident Analysis and Prevention*, 44(1), 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.11.017>
- Gomes, S. V. (2010) Avaliação da Influência da Infraestrutura na Segurança Rodoviária em Meio Urbano. Tese (Doutorado em Urbanismo, Ordenamento do Território e Transportes), Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- Gori, S.; Nigro, M.; Petrelli, M. (2014) Walkability Indicators for Pedestrian-Friendly Design. *Transportation Research Record: Journal of transportation Research Board*, 2464(1), 38-45. <https://doi.org/10.3141/2464-05>

- Greenwald, M.; Boarnet, M. (2001). Built Environment as Determinant of Walking Behavior: Analyzing Nonwork Pedestrian Travel in Portland, Oregon. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1780, 33–41. <https://doi.org/10.3141/1780-05>
- Gualberto, F.S. (2016) Estudo dos Fatores que Influenciam o Comportamento de Pedestres em Travessias de Vias Urbanas. Dissertação (Mestrado em Transportes), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Günther, H.; Neto, I.; Flores, G.R.; da Silva, F.M. (2018) Mobilidade Ativa e a Satisfação com o bairro Um estudo exploratório com moradores da Vila Planalto -Distrito Federal -Brasil. in *PNUM A Produção do Território: Formas, Processos, Desígnios*, Porto.
- Haleem, K.; Alhuri P.; Gan, A. (2015) Analyzing pedestrian crash injury severity at signalized and non-signalized locations. *Accident Analysis and Prevention*, 81, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.04.025>
- Hallenbeck, M.; Smith, B. (1997) Vehicle Volume Distributions by Classification. Seattle: Washington State Transportation Center.
- Hamed, M. M. (2001). Analysis of pedestrians' behavior at pedestrian crossings. *Safety Science*, 38(1), 63–82. [https://doi.org/10.1016/s0925-7535\(00\)00058-8](https://doi.org/10.1016/s0925-7535(00)00058-8)
- Harkey, D.L.; Carter, D.L.; Barlow, J.M.; Bentzen, B.M. (2007) Accessible Pedestrian Signals: A Guide to Best Practices. *National Cooperative Highway Research Program*.
- International Transport Forum (2012), Pedestrian Safety, Urban Space and Health, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789282103654-en>
- Instituto Cordial (2022) Belo Horizonte em uma Década de Ação pela Segurança no Trânsito.
- ITDP (2019) Índice de Caminhabilidade: Ferramenta Versão 2.0. Rio de Janeiro.
- ITDP e EMBARQ (2013) Vida e Morte das Rodovias Urbanas. Rio de Janeiro: ITDP e EMBARQ.
- Jacobs, J. (2011) Morte e vida de grandes cidades. Tradução de ROSA, C.S.M., 3ª ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes.
- Jain, A.; Gupta, A.; Rastogi, R. (2014) Pedestrian crossing behaviour analysis at intersections. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 4(1), 103-116. [https://doi.org/10.7708/ijtte.2014.4\(1\).08](https://doi.org/10.7708/ijtte.2014.4(1).08)
- James, S. (2017) Vancouver and the Walker: The Evolution of the Walkable City. In *Walking*. 289-315. <https://doi.org/10.1108/S2044-994120170000009017>

- Kadali, B.R.; Vedagiri, P. (2015). Evaluation of pedestrian crosswalk level of service (LOS) in perspective of type of land-use. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 73, 113–124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2015.01.009>
- Kadali, B.R.; Vedagiri, P. (2016) Review of Pedestrian Level of Service. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2581, 37–47. <http://dx.doi.org/10.3141/2581-05>
- Kelbaugh, D.S. (2002) Repairing the American Metropolis.
- Khisty, C.J. (1994) Evaluation of Pedestrian Facilities: Beyond the Level-of-Service Concept. *Transportation Research Record*, 1438, 45-50.
- Kitazawa, K.; Batty, M. (2004) Pedestrian Behaviour Modelling: An application to retail movements using a genetic algorithm. *Developments in Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning*, 111-126.
- Knoblauch, R.L.; Moore, W.; Schmitz, P.R.; Somers, B.J. (1977) Causative Factors and Countermeasures for Rural and Suburban Pedestrian Accidents: Accident Data Collection and Analysis. US. Department of Transportation Report.
- Kraidt, R.; Evdorides, H. (2020). Pedestrian safety models for urban environments with high roadside activities. *Safety Science*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104847>
- Krizek, K.J. (2003) Residential Relocation and Changes in Urban Travel - Does Neighborhood-Scale Urban Form Matter?. *Journal of the American Planning Association*, 69(3), 265-281. <https://doi.org/10.1080/01944360308978019>
- Leonardi, S.; Tesoriere, G.; Distefano, N.; Pulvirenti, G.; Canale, A.; Campisi, T. (2011) Crossing Conditions and Kerb Delay Assessment for Better Safety and Accessibility of Road Pedestrian Crossings at Urban Intersections. *Innovation in Urban and Regional Planning*, 146 623-632. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68824-0_66
- Lessa, D.A. (2019) Mobilidade e Acessibilidade ao Transporte Coletivo por Ônibus: Evidências e Contradições no caso de Belo Horizonte/MG. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- Li, J.; Wang, X. (2017). Safety analysis of urban arterials at the meso level. *Accident Analysis & Prevention*, 108, 100–111. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.08.023>
- Litman, T.A.; (2003) Economic Value of Walkability. *Transportation Research Record*, 1828(1), 3-11. <https://doi.org/10.3141/1828-01>

- Liu, R.; da Silva, J.P.C.; Seco, A.J.M. (2000) A Bi-Modal Microsimulation Tool for the Assessment of Pedestrian Delays and Traffic Management. In *9th International Association of Travel Behaviour Research Conference*, Gold Coast.
- Lo, R.H. (2009) Walkability: what is it?. *Journal of Urbanism*, 2(2), 145–166. <https://doi.org/10.1080/17549170903092867>
- Lobo, C.; Cardoso, L.; Magalhães, D.J.A.V.(2013) Acessibilidade e mobilidade espaciais da população na Região Metropolitana de Belo Horizonte: análise com base no censo demográfico de 2010. *Cadernos Metrôpoles*, 15(30), 513-533.
- Londres (2014) Pedestrian Safety Action Plan. Mayor of London.
- López, R.P.; Escamilla, J.A.M.; Cos, C.A.C.; Fabela, L.Y.V.; Meaney, T.S.; Gama, A.M.; Arreola, M.L.; Castañeda, M.L.D.S. (2019) Proposta de um índice de segurança de travessia de pedestres para a Cidade do México. *Revista Pan-americana de Saúde Pública*, 43(6). <https://doi.org/10.26633/rpsp.2019.6>.
- Loukaitou-Sideris, A.; Liggett, R.; Sung, H-G. (2007). Death on the Crosswalk: A Study of Pedestrian-Automobile Collisions in Los Angeles. *Journal of Planning Education and Research*, 26(3), 338–351. <https://doi.org/10.1177/0739456X06297008>
- Magagnin, R.C. (2017) cidades acessíveis: o planejamento da infraestrutura para a circulação de pedestres. *Arquitetura e Urbanismo: novos desafios para o século XXI*.
- Maghelal, P. (2011) Walkability: A Review of Existing Pedestrian Indices. *URISA Journal*, 23(2), 5-19.
- Malavasi, L.M. (2006) Escala de mobilidade ativa em ambiente comunitário (news - versão brasileira): validade e fidedignidade. Dissertação (Mestrado em Educação Física), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Margon, P.V. (2016) O comportamento dos pedestres durante a travessia de vias em faixas não semaforizadas. Tese (Doutorado em Transportes), Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- Maricato, E. (2000) As idéias fora do lugar e o lugar fora das idéias. In *A Cidade do pensamento único: desmanchando consensos*. Petrópolis: Vozes.
- Marisamynathan, S.; Vedagiri, P. (2018) Estimation of Pedestrian Safety Index Value at Signalized Intersections Under Mixed Traffic Conditions. *Transportation in Developing Economies*, 4(5), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s40890-018-0058-0>
- McNally, M.G.; Kulkarni, A. (1997) Assessment of Influence of Land Use–Transportation System on Travel Behavior. *Transportation Research Record*, 1607(1), 105-115. <https://doi.org/10.3141/1607-15>

- McNeill, D. (2011) Fine Grain, Global City: Jan Gehl, Public Space and Commercial Culture in Central Sydney. *Journal of Urban Design*, 16(2), 161–178. <https://doi.org/10.1080/13574809.2011.548977>
- Methorst, R. (2006) Pedestrian Quality Needs. In *19th ICTCT workshop*, Minsk.
- Millington, C.; Thompson, C.W.; Rowe, D.; Aspinall, P.; Fitzsimons, C.; Nelson, N.; Mutrie, N. (2009). Development of the Scottish Walkability Assessment Tool (SWAT). *Health & Place*, 15(2), 474-481. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2008.09.007>
- Minas Gerais (2012) Pesquisa Origem e Destino 2011-2012. Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte.
- Miranda-Moreno, L.; Morency, P.; El-Geneidy, A.M. (2011) The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian-vehicle collision occurrence at signalized intersections. *Accident; Analysis and Prevention*, 43(5):1624-34. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.02.005>
- Montella, A.; Mauriello, F. (2010) Pedestrian Crosswalks Safety Inspections: Safety Assessment Procedure. In *4th International Symposium on Highway Geometric Design*, Valencia.
- Morar, T.; Bertolini, L. (2013) Planning for Pedestrians: A Way Out of Traffic Congestion. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 81, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.06.483>
- Mukesh, M.S.; Katpatal, Y.B. (2020) Evaluation of pedestrian safety in fast developing Nagpur City, India. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 14(1), 52-60. <https://doi.org/10.4090/juee.2020.v14n1.052060>
- Mukherjee, D., Mitra, S. (2019) Impact of Road Infrastructure Land Use and Traffic Operational Characteristics on Pedestrian Fatality Risk: A Case Study of Kolkata, India. *Transportation in Developing Economies*, 5(6), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s40890-019-0077-5>
- Mukherjee, D.; Mitra, S. (2020) A comprehensive study on identification of risk factors for fatal pedestrian crashes at urban intersections in a developing country. *Asian Transport Studies*, 6, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2020.100003>
- NACTO e GDCI (2013) Guia Global de Desenho de Ruas. São Paulo: Editora Senac São Paulo.

- Mushule, N.K. (2010) Universal design of transportation systems: a case study of access and mobility of people with disabilities at selected intersections in Dar es Salaam. *Tanzania Journal of Engineering and Technology*, 33(2), 48-59.
- Ng, S.; Lau, W.; Brown, F.; Tam, E.; Lao, M.; Booth, V. (2012) Walkable City, Living Streets. In *Civic Exchange*, Hong Kong.
- Ni, Y.; Wang, M.; Sun, J. Li, K. (2016) Evaluation of pedestrian safety at intersections: A theoretical framework based on pedestrian-vehicle interaction patterns. *Accident Analysis and Prevention*, 96, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.07.030>
- Nova Iorque (2010) The New York City Pedestrian Safety Study & Action Plan. New York City Department of Transportation.
- OCDE (2001) Ageing with Transport: Mobility Needs and Safety Issues. Paris: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, OECD Publications Service.
- Olszewski, P.; Buttler, I.; Czajewski, W.; Dąbkowski, P.; Kraśkiewicz, C.; Szagała, P.; Zielińska, A. (2016) Pedestrian Safety Assessment with Video Analysis. *Transportation Research Procedia*, 14, 2044–2053. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.172>
- OMS (2013) Pedestrian safety: A road safety manual for decision-makers and practitioners. Geneva: Organização Mundial da Saúde, WHO Press.
- OMS (2018) Global Status Report on Road Safety. Geneva: Organização Mundial da Saúde, WHO Press.
- Osama, A.; Sayed, T. (2017). Macro-Spatial Approach for Evaluating the Impact of Socio-Economics, Land Use, Built Environment and Road Facility on Pedestrian Safety. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 44(12). <https://doi.org/10.1139/cjce-2017-0145>
- Paixão, L.M.M.M.; Gontijo, E.D.; Drumond, E.F.; Friche, A.A.L.; Caiaffa, W.T. (2015) Acidentes de trânsito em Belo Horizonte: o que revelam três diferentes fontes de informações, 2008 a 2010. *Revista brasileira de epidemiologia*, 18(1), 108-122. <https://doi.org/10.1590/1980-5497201500010009>
- Papadimitriou, E.; Yannis, G.; Golias, J. (2009). A critical assessment of pedestrian behaviour models. *Transportation Research Part F*, 12(3), 242–255. <https://doi.org/j.trf.2008.12.004>
- Parker Jr., MR.; Zegeer, C.V. (1989) Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations - Observers Manual. Federal Highway Administration.
- Patil M.; Majumdar, B.B.; Sahu, P.S.; (2021). Evaluating Pedestrian Crash-Prone Locations to Formulate Policy Interventions for Improved Safety and Walkability at Sidewalks and

- Crosswalks. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. <https://doi.org/10.1177/03611981211004127>
- Petritsch, T.A.; Landis, B.W.; McLeod, P.S.; Huang, H.F.; Challa, S.; Guttenplan, M. (2005) Level-of-Service Model for Pedestrians at Signalized Intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1939, 55-62. <https://doi.org/10.1177/0361198105193900107>
- Pimenta, C.R.T.; Oliveira, M.P. (2004) Projeto Geométrico de Rodovias. São Carlos: RiMa Artes e Textos.
- Pulugurtha, S.; Vasudevan, V.; Nambisan, S.; Dangeti, M. (2012). Evaluating Effectiveness of Infrastructure-Based Countermeasures for Pedestrian Safety. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2299, 100–109. <https://doi.org/10.3141/2299-11>
- Pushkarev, B.; Zupan, J.M. (1971) Pedestrian Travel Demand. In *50th Annual Meeting of the Highway Research Board*, Washington.
- Quistberg, D.A.; Howard, E.J.; Ebel, B.E.; Moudon, A.V.; Saelens, B.E.; Hurvitz, P.M.; Curtin, J.E.; Rivara, F.P. (2015) Multilevel models for evaluating the risk of pedestrian–motor vehicle collisions at intersections and mid-blocks. *Accident Analysis & Prevention*, 84, 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.08.013>
- Renne, J.L. (2008) From transit-adjacent to transit-oriented development. *Local Environment*, 14(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/13549830802522376>
- Retting, R.A.; Ferguson, S.A.; McCartt, A.T. (2003) A Review of Evidence-Based Traffic Engineering Measures Designed to Reduce Pedestrian–Motor Vehicle Crashes. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1456–1463. <https://doi.org/10.2105/ajph.93.9.1456>
- Ribeiro, H.A.S.; Calháo, F.M. (2017) Faixas de travessia de pedestre: proposta de traffic calming para redução de conflitos. In *21º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP)*, São Paulo.
- Ribeiro, K.C.R.R.; Ribeiro, R.A. (2019) Avaliação da Acessibilidade e Caminhabilidade em Centros de Bairro de São Carlos. *Revista Científica ANAP Brasil*, 12(25), 80-92.
- Rode, P.; Floater, G.; Thomopoulos, N.; Docherty, J.; Schwinger, P.; Mahendra, A.; Fang, W.; (2017) Accessibility in Cities: Transport and Urban Form. *Disrupting Mobility*, 239-273. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51602-8_15
- Rodrigue, J-P; Comtois, C.; Slack, B. (2013) *The Geography of Transport Systems*. Nova York: Routledge.

- Rosén, E.; Sander, U. (2009) Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 536-542. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.02.002>
- Roudsari, B.; Kaufman, R.; Koepsell, T. (2006) Turning at Intersections and Pedestrian Injuries. *Traffic Injury Prevention*, 7, 283–289. <https://doi.org/10.1080/15389580600660153>
- Roudsari, B.S; Mock, C.N.; Kaufman, R.; Grossman, D.; Henry, B.Y.; Crandall, J. (2004) Pedestrian crashes: higher injury severity and mortality rate for light truck vehicles compared with passenger vehicles. *Injury Prevention*, 10, 154-158. <https://doi.org/10.1136/ip.2003.003814>
- Rouphail, N.; Hughes, R.; Chae, K. (2005). Exploratory Simulation of Pedestrian Crossings at Roundabouts. *Journal of Transportation Engineering*, 131(3), 211–218. <https://doi.org/10.3141/2264-17>
- Salamati, K.; Schroeder, B.; Rouphail, N.; Cunningham, C.; Long, R.; Barlow, J. (2011). Development and Implementation of Conflict-Based Assessment of Pedestrian Safety to Evaluate Accessibility of Complex Intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2264, 148–155. <https://doi.org/10.3141/2264-17>
- Sant’Anna, R.M. (2006) Mobilidade e Segurança no Trânsito da População Idosa: Um Estudo Descritivo Sobre a Percepção de Pedestres Idosos e de Especialistas em Engenharia de Tráfego. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Santos, B.; Carvalheira, C. (2019) Pedestrian Road Accident Index for Municipalities: The Portuguese Case. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 603. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/4/042084>
- Santos, G.; Behrendt, H.; Maconi, L.; Shirvani, T.; Teytelboym, A. (2010). Part I: Externalities and economic policies in road transport. *Research in Transportation Economics*, 28(1), 2–45. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2009.11.002>
- São Paulo (2019) Vida Segura – Plano de Segurança Viária do Município de São Paulo. Prefeitura de São Paulo.
- São Paulo (2020) Plano de Segurança Viária – O plano na íntegra. Prefeitura de São Paulo. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/plano_seguranca_viaria/?p=262886. Acessado em 26 jun 2021

- Sayed, T.; Zein, S. (1999). Traffic conflict standards for intersections. *Transportation Planning and Technology*, 22(4), 309–323. <https://doi.org/10.1080/03081069908717634>
- Schlossberg, M.; Brown, N. (2004) Comparing Transit-Oriented Development Sites by Walkability Indicators. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1887, 34–42. <https://doi.org/10.3141/1887-05>
- Schneider, R.J.; Diogenes, M.C.; Arnold, L.S.; Attest, V.; Ragland, D.R (2010) Association Between Roadway Intersection Characteristics and Pedestrian Crash Risk in Alameda County, California. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2198, 41-51. <https://doi.org/10.3141/2198-06>
- Sharifi, E.; Palmer, J.; Lehmann, S. (2011). Utilizing Public Space and Local Community to Transform the City towards a more Healthy Environment. In *4 th Healthy Cities: Making Cities Liveable Conference*, Noosa, Australia.
- Shresta, S.; Liu, A. (2018) Traffic Safety Studies for Highway Sections through Small Urban Communities in Saskatchewan. In *Conference of the Transportation Association of Canada*, Saskatoon.
- Silva Jr., S.B.; Ferreira, M.A.G. (2008) Rodovias em áreas urbanizadas e seus impactos na percepção dos pedestres. *Sociedade & Natureza*, 20(1), 221-237. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000100015>
- Soares, D.F.P.P.; Soares, D.A. (2008). Características das vítimas pedestres traumatizadas em acidente de trânsito em Maringá - PR. *Ciência, Cuidado E Saúde*, 1(1), 61-66. <https://doi.org/10.4025/ciencuidsaude.v1i1.5642>
- Soilán, M.; Riveiro, B.; Sánchez-Rodríguez, A.; Arias, P. (2018) Safety assessment on pedestrian crossing environments using MLS data. *Accident Analysis and Prevention*, 111, 328–337. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.12.009>
- Southworth, M. (2005) Designing the Walkable City. *Journal of Urban Planning and Development*, 131, 246-257. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(2005\)131:4\(246\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(2005)131:4(246))
- Stipancic, J., Miranda-Moreno, L., Strauss, J., & Labbe, A. (2020). Pedestrian safety at signalized intersections: Modelling spatial effects of exposure, geometry and signalization on a large urban network. *Accident Analysis & Prevention*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105265>
- Stockton, J.C.; Oliver, D.; Emmanuel, S.; Mindell, J. S.; Brunner E. J., Shelton, E. J. (2016) Development of a novel walkability index for London, United Kingdom: cross sectional

- application to the Whitehall II Study. *BMC Public Health*, 16(416), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3012-2>
- Stoker, P.; Garfinkel-Castro, A.; Khayesi, M.; Odero, W.; Mwangi, M.N.; Peden, M.; Ewing, R. (2015) Pedestrian Safety and the Built Environment. *Journal of Planning Literature*, 30(4), 377–392. <https://doi.org/10.1177/0885412215595438>
- Su, J.; Sze, N.N.; Bai, L. (2021) A joint probability model for pedestrian crashes at macroscopic level: Roles of environment, traffic, and population characteristics. *Accident Analysis and Prevention*, 150, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105898>
- Tay, R.; Rifaat, S.M. (2010) Factors Contributing to the Severity of Intersection Crashes. *Journal of Advanced Transportation*. 41(3), 245-265. <https://doi.org/10.1002/atr.5670410303>
- Tennøy, A., Tønnesen, A., & Gundersen, F. (2019). Effects of urban road capacity expansion – Experiences from two Norwegian cases. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 69, 90–106. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.01.024>
- Tischer, V. (2019). O custo social e econômico dos sinistros de trânsito com pedestres e ciclistas: estudo de caso do estado de Santa Catarina, Brasil. *URBE - Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, 1-14. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.AO12>
- Tiwari, G.; Bangdiwala, S.; Saraswat, A; Gaurav, S. (2007) Survival analysis: Pedestrian risk exposure at signalized intersections. *Transportation Research Part F*, 10, 77–89. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2006.06.002>
- Tulu, G.S.; Washington, S.; Haque, M.M.; King, M.J. (2015) Investigation of pedestrian crashes on two-way two-lane rural roads in Ethiopia. *Accident Analysis and Prevention*, 78, 118-126. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2015.02.011>
- Turón, K.; Czech, P.; Juzek, M. (2017) The concept of a walkable city as an alternative form of urban mobility. In *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 95, 223-230. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2017.95.20>.
- Ukkusuri, S.; Miranda-Moreno, L.F. (2012) The role of built environment on pedestrian crash frequency. *Safety Science*, 50, 1141-1151. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.09.012>
- União Europeia (2021) No speed, no mass, and no protection. Disponível em https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/pedestrians/pedestrians_and_cyclists_unprotected_road_users/no_speed_no_mass_and_no_protection_en. Acessado em 04 fev 2021.

- Vancouver (1997) The City of Vancouver plan: transportation 1997. Vancouver (B.C.). Engineering Services.
- Vancouver (2004) City of Vancouver Transportation Plan. City of Vancouver.
- Vancouver (2012) Transportation 2040: Moving Forward. City of Vancouver.
- Vasconcellos, E.A. (1996) Transporte urbano, espaço e equidade; Análise das políticas públicas; 2ª ed. São Paulo: NetPress.
- Vieira, A.F.R.; Cavalcanti, A.; Alves, A.L. (2015) O direito de ir e vir: a acessibilidade do transporte público. *Caderno de Terapia Ocupacional da UFSCar*, 23(4), 775-780, 2015. <http://dx.doi.org/10.4322/0104-4931.ctoAO505A>
- Wang, S.; Yang, J.; Hu, C.; Chen, Y. (2011). Study on Pedestrian Safety Evaluation and Improvement at Urban Intersection. in *American Society of Civil Engineers First International Conference on Transportation Information and Safety*, Wuhan, China, 1492–1499. [https://doi.org/10.1061/41177\(415\)189](https://doi.org/10.1061/41177(415)189)
- Wey, W.; Chiu, Y. (2013) Assessing the walkability of pedestrian environment under the transit-oriented development. *Habitat International*, 38, 106-118. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.05.004>
- Wong, S.C.; Sze, N.N.; Li, Y.C. (2007) Contributory factors to traffic crashes at signalized intersections in Hong Kong. *Accident Analysis and Prevention*, 39, 1107–1113. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.02.009>
- Yang, Y.; Sun, J. (2013). Study on Pedestrian Red-Time Crossing Behavior. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2393, 117–124. <https://doi.org/10.3141/2393-13>
- Zacharias, J. (2001) Pedestrian Behavior Pedestrian Behavior and Perception in Urban Walking Environments. *Journal of Planning Literature*, 16(1), 3–18. <https://doi.org/10.1177/08854120122093249>
- Zajac, S.S.; Ivan, J.N. (2003) Factors influencing injury severity of motor vehicle–crossing pedestrian crashes in rural Connecticut. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 369–379. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00013-1](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00013-1)
- Zegeer, C.V. (2002) Pedestrian Facilities Users Guide: Providing Safety and Mobility.
- Zegeer, C.V.; Carter, D.L.; Hunter, W.W.; Stewart, J.R.; Sandt, L. (2006) Index for Assessing Pedestrian Safety at Intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1982, 76-83. <https://doi.org/10.1177/0361198106198200110>

- Zegeer, C.V.; Sandt, L.; Scully, M. (2009) How to Develop a Pedestrian Safety Action Plan. Federal Highway Administration.
- Zhang, C.; Chen, F.; Wei, Y. (2019) Evaluation of pedestrian crossing behavior and safety at uncontrolled midblock crosswalks with different numbers of lanes in China. *Accident Analysis and Prevention*, 123, 263–273. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.12.002>
- Zhang, H., Huang, Y.; Deng, K. (2008). Safety Analysis on Road Sight Distance. In *International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), Changsha*. <https://doi.org/10.1109/icit.2008.226>

ANEXO A – Exemplo de planilha de programação semafórica da BHTRANS (Praça Sete)

Figura A.1: Planilha de programação semafórica da Praça Sete

PROGRAMAÇÃO SEMAFÓRICA - SAINCO RMY				
CRUZAMENTO : Afonso Pena / Amazonas (Praça 7)		CODIGO S305-0	SUB-ÁREA Praça Sete	DATA 29/05/2019

Grupos de Tráfego				
Nº Grupos de Tráfego:	16			
Sub Regulador 01:	16			
Sub Regulador 02:	0			
Detectores Físicos				
Detetores estratégicos:	15			
Modo de Funcionamento				
Modo:	Tempos Fixos			
Seleção de plano:	Local Horário			
Tipos de Sincronismo:	Divisão de Ciclo			
TABELA HORÁRIA				
DIA	HORA	AÇÃO	M. FUN.	PLANO
2-6	05:30	Modo Fun.	T. Fixos	39
2-6	09:30	Modo Fun.	T. Fixos	22
2-6	11:30	Modo Fun.	T. Fixos	23
2-6	14:00	Modo Fun.	T. Fixos	26
2-6	17:00	Modo Fun.	T. Fixos	99
2-6	20:00	Modo Fun.	T. Fixos	25
1-7	00:00	Modo Fun.	T. Fixos	7
7	05:30	Modo Fun.	T. Fixos	31
7	12:30	Modo Fun.	T. Fixos	26
7	15:30	Modo Fun.	T. Fixos	25
1	05:30	Modo Fun.	T. Fixos	28
1	17:15	Modo Fun.	T. Fixos	25

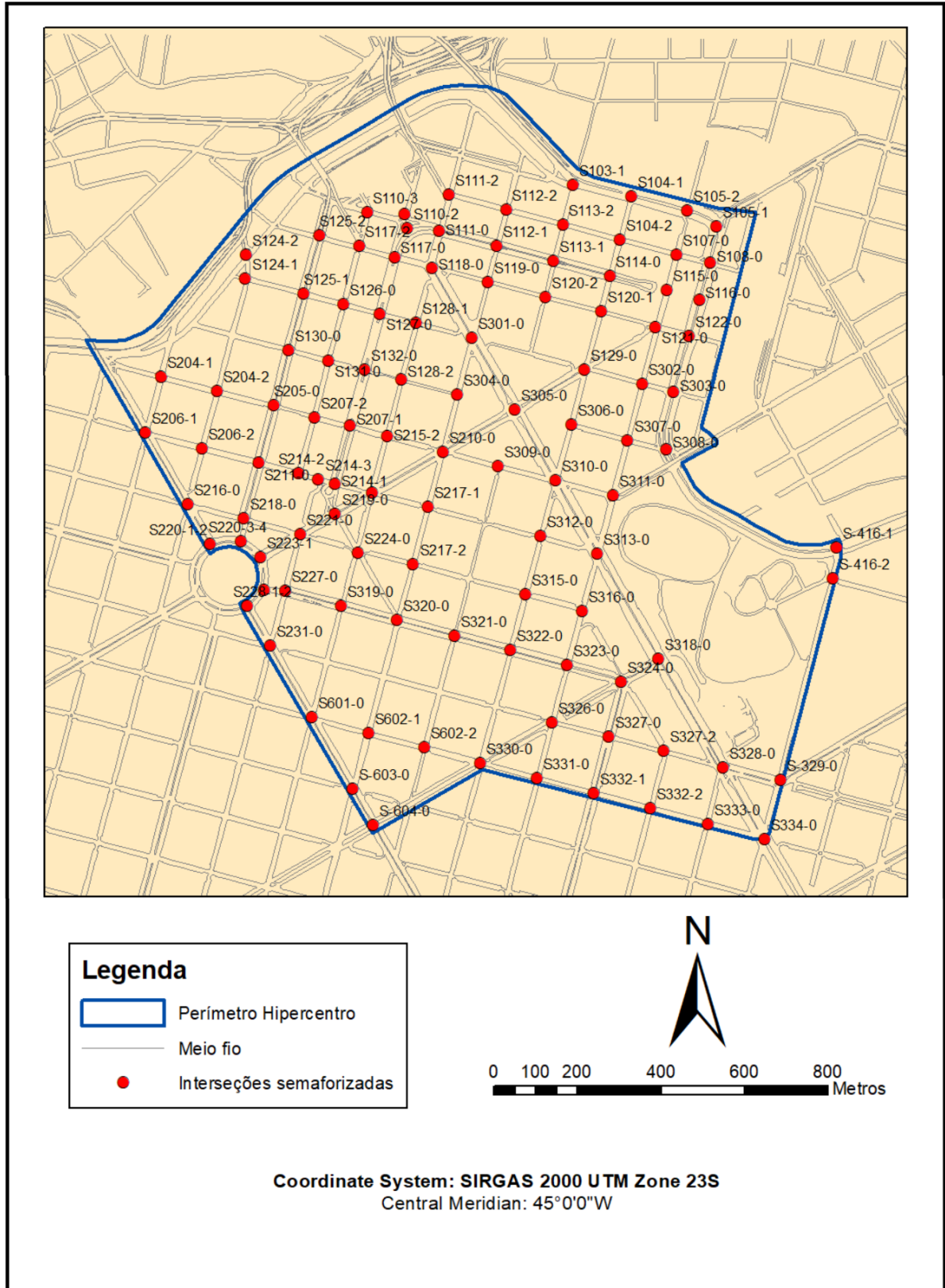
Grupos	Fase	Tr.	Fase	Transitório	Fase	Trans.	Sequên. Partida
S1	V	V	V	A	R	R	AI R
S2	V	V	V	A	R	R	AI R
S3	R	R	R	R	R	V	AI R
S4	R	R	R	R	R	V	AI R
S5	V	V	V	V	V	A	AI R
S6	V	V	V	V	V	A	AI R
S7	V	V	A	R	R	R	AI R
S8	V	A	R	R	R	R	AI R
P9	R	R	R	R	R	V	AP R
P10	R	R	R	R	R	V	AP R
P11	V	V	V	V	R	R	AP R
P12	V	V	V	V	R	R	AP R
P13	R	R	R	R	R	R	AP R
P14	R	R	R	R	R	R	AP R
P15	R	R	R	V	R	R	AP R
P16	R	R	V	V	R	R	AP R

Estrutura 1	Fase 1	T1		Fase 2	T2					Fase 3	T3			CICLO	DEF.				
		1	2		3	4	5	6	7		8	9	10						
Tempos	T	M1	4	4	T	M1	1	3	2	6	4	T	M1	1	3	2			
Plano 1	6		4	4	53			1	3	2	6	4	31		1	3	2	120	66
Plano 2	6		4	4	53			1	3	2	6	4	31		1	3	2	120	66
Plano 3	6		4	4	46			1	3	2	6	4	38		1	3	2	120	0
Plano 4	6		4	4	46			1	3	2	6	4	38		1	3	2	120	115
Plano 5	6		4	4	22			1	3	2	6	4	42		1	3	2	100	33
Plano 6	6		4	4	42			1	3	2	6	4	42		1	3	2	120	109
Plano 8	6		4	4	32			1	3	2	6	4	32		1	3	2	100	33
Plano 9	6		4	4	42			1	3	2	6	4	42		1	3	2	120	109
Plano 11	6		4	4	41			1	3	2	6	4	43		1	3	2	120	82
Plano 22	6		4	4	35			1	3	2	6	4	19		1	3	2	90	66
Plano 23	6		4	4	30			1	3	2	6	4	24		1	3	2	90	60
Plano 25	6		4	4	20			1	3	2	6	4	34		1	3	2	90	33
Plano 26	6		4	4	27			1	3	2	6	4	27		1	3	2	90	79
Plano 28	6		4	4	27			1	3	2	6	4	27		1	3	2	90	33
Plano 31	6		4	4	26			1	3	2	6	4	28		1	3	2	90	82
Plano 39	6		4	4	37			1	3	2	6	4	17		1	3	2	90	66
Plano 99	6		4	4	27			1	3	2	6	4	27		1	3	2	90	79

Fonte: BHTRANS (2019)

APÊNDICE A – Interseções semaforizadas do Hipercentro

Figura A.1: Interseções semaforizadas



Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE B – Velocidades de travessia críticas nas interseções semaforizadas do Hipercentro

Tabela B.1: Velocidades de travessia críticas nas interseções semaforizadas do Hipercentro (Parte 1)

Código	Interseção	Velocidade crítica
S103-1	Contorno / Rio de Janeiro	0,778571
S104-1	Contorno / Espírito Santo - Arrudas	0,941176
S104-2	Espírito Santo / Guaicurus	0,552174
S105-1	Contorno / Andradas (Floresta)	0,541935
S105-2	Contorno / Bahia Januária	0,669565
S107-0	Bahia / Guaicurus	0,463333
S108-0	Andradas / Guaicurus	0,496
S110-1	Paraná / Santos Dumont (Praça Rio Branco)	0,577273
S110-2	Praça Rio Branco (Pedestre)	0,4
S110-3	Paulo de Frontim / Guarani	0,247917
S111-0	Santos Dumont / Curitiba	0,853333
S111-2	Curitiba / Guaicurus	0,572414
S112-1	Santos Dumont / São Paulo	0,746667
S112-2	São Paulo / Guaicurus	0,235
S113-1	Santos Dumont / Rio De Janeiro	0,771429
S113-2	Rio de Janeiro / Guaicurus	0,78
S114-0	Santos Dumont / Espírito Santo	0,961538
S117-0	Paraná / Caetés	0,239474
S117-2	Caetés / Guarani	0,764706
S118-0	Afonso Pena / Caetés	0,183636
S119-0	Caetés / São Paulo	0,261364
S120-1	Espírito Santo / Caetés	0,213462
S120-2	Caetés / Rio de Janeiro	0,65
S121-0	Amazonas / Bahia / Caetés	0,25
S122-0	Andradas / Caetés	0,810526
S124-1	Tupinambás / Rio Grande do Sul	0,82
S124-2	Contorno / Rio Grande do Sul	0,3
S125-1	Olegário Maciel / Tupinambás	0,170588
S125-2	Olegário Maciel / Caetés	0,296
S126-0	Tupinambás / Guarani	0,842857
S127-0	Paraná / Tupinambás	0,55
S128-1	Tupinambás / Curitiba	0,746667
S128-2	Curitiba / Carijós	0,706667
S129-0	Amazonas / Espírito Santo	0,88
S130-0	Olegário Maciel / Carijós	0,229167
S131-0	Guarani / Carijós	0,572222
S132-0	Paraná / Carijós	0,413043
S204-1	Mato Grosso / Tamoios	0,34

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela B.2: Velocidades de travessia críticas nas interseções semaforizadas do Hipercentro (Parte 2)

Código	Interseção	Velocidade crítica
S204-2	Tamoios / Rio Grande do Sul	0,9
S205-0	Olegário Maciel / Tamoios	0,205357
S206-1	Bias Fortes / Tupis	0,8
S206-2	Rio Grande do Sul / Tupis	0,306667
S207-1	Paraná / Tamoios	0,573684
S207-2	Tamoios / Guarani	0,711765
S210-0	Amazonas / São Paulo	0,289189
S211-0	Olegário Maciel / Tupis	0,19322
S214-1	Paraná / Tupis	0,172414
S214-2	Tupis / Guarani	0,513043
S214-3	Tupis / Santa Catarina	0,4
S215-1	Amazonas / Curitiba	0,670588
S215-2	Curitiba / Tamoios	0,295238
S216-0	Bias Fortes / Goitacazes	0,835714
S217-1	São Paulo / Tupis	0,254237
S217-2	São Paulo / Goitacazes	0,676471
S218-0	Olegário Maciel / Goitacazes	0,222222
S219-0	Amazonas / Paraná	0,109836
S220-1-2	Bias Fortes / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Elevado-Liberdade)	0,348485
S220-3-4	Olegário Maciel / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Rodoviária-Contorno)	0,652941
S221-0	Amazonas / Santa Catarina	0,561111
S223-1	Amazonas / Praça Raul Soares (Centro-Bairro)	0,688235
S223-2-3	Augusto de Lima / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Centro-Bairro)	0,268571
S224-0	Curitiba / Padre Belchior	0,95
S227-0	Augusto de Lima / Santa Catarina	0,225926
S228-1-2	Bias Fortes / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Pca Libe	0,35
S231-0	Bias Fortes / Santa Catarina	0,348571
S301-0	Afonso Pena / São Paulo	0,280392
S302-0	Bahia / Tupinambás	0,246939
S303-0	Andradas / Tupinambás	1,01875
S304-0	São Paulo / Carijós	0,578261
S305-0	Afonso Pena / Amazonas (Pc. Sete)	0,317027
S306-0	Espírito Santo / Carijós	0,2975
S307-0	Bahia / Carijós	0,252174
S308-0	Andradas / Assis Chateaubriand (Viaduto Sta. Tereza)	0,125714
S309-0	Tamoios / Rio De Janeiro	0,76
S310-0	Afonso Pena / Espírito Santo / Tamoios	0,095588
S311-0	Bahia / Tamoios	0,2425

S312-0	Espírito Santo / Tupis	0,136957
S313-0	Afonso Pena / Bahia	0,312727

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela B.3: Velocidades de travessia críticas nas interseções semaforizadas do Hipercentro (Parte 3)

Código	Interseção	Velocidade crítica
S315-0	Espírito Santo / Goitacazes	0,807692
S316-0	Bahia / Goitacazes	0,545
S318-0	Afonso Pena / Alvares Cabral	0,4
S319-0	Augusto de Lima / Curitiba	0,670588
S320-0	Augusto de Lima / São Paulo	0,933333
S321-0	Augusto de Lima / Rio De Janeiro	0,773333
S322-0	Augusto de Lima / Espírito Santo	0,623529
S323-0	Augusto de Lima / Bahia	0,183871
S324-0	Augusto de Lima / João Pinheiro / Goiás (Afonso Arinos	0,62
S326-0	Bahia / Guajajaras	0,35
S327-0	João Pinheiro / Guajajaras	0,793333
S327-2	Guajajaras / Goiás	0,575
S328-0	Afonso Pena / Carandaí	0,225581
S-329-0	Carandaí / Alfredo Balena / Pernambuco	1,084211
S330-0	Alvares Cabral / Espírito Santo / Timbiras	0,351852
S331-0	Bahia / Timbiras	0,2775
S332-1	João Pinheiro / Timbiras	0,157813
S332-2	Sergipe / Timbiras	0,68
S333-0	Alagoas / Timbiras	0,167857
S334-0	Afonso Pena / Timbiras	0,505882
S-416-1	Andradas / Alameda Ezequiel Dias	0,451724
S-416-2	Alameda Ezequiel Dias / Alameda Álvaro Celso	0,176
S601-0	Bias Fortes / Timbiras	0,304918
S602-1	São Paulo / Timbiras	0,82
S602-2	Rio de Janeiro / Timbiras	0,22963
S-603-0	Bias Fortes / São Paulo	0,936842
S-604-0	Alvares Cabral / Bias Fortes	0,676471

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE C – Resultados do índice com detalhes dos indicadores

Tabela C.1: Resultados do índice por interseções com notas dos indicadores (Parte 1)

Cód.	Interseção	Velocidade de travessia	Configuração	Continuidade	Sinais sonoros	Possibilidades de movimentos	Números de faixas	Índ.	Conceito
S103-1	Contorno / Rio de Janeiro	0,25	0	1	0	1	0,5	0,458	Regular
S104-1	Contorno / Espírito Santo - Arrudas	0	0,5	0,5	0	0,67	0	0,278	Ruim
S104-2	Espírito Santo / Guaicurus	0,5	0,5	1	0	0,67	0,4	0,512	Regular
S105-1	Contorno / Andradas (Floresta)	0,75	0,5	0,5	0	0,33	0,5	0,430	Regular
S105-2	Contorno / Bahia Januária	0,5	1	0,5	0	1	0	0,500	Regular
S107-0	Bahia / Guaicurus	0,75	0,5	1	0	1	0	0,542	Regular
S108-0	Andradas / Guaicurus	0,75	0	0,5	0	0,67	0,5	0,403	Regular
S110-1	Paraná / Santos Dumont (Praça Rio Branco)	0,5	1	1	0	1	1	0,750	Bom
S110-2	Praça Rio Branco (Pedestre)	1	1	1	0	1	0,5	0,750	Bom
S110-3	Paulo de Frontim / Guaranis	1	0	1	0	1	0	0,500	Regular
S111-0	Santos Dumont / Curitiba	0	1	1	0	0,67	0	0,445	Regular
S111-2	Curitiba / Guaicurus	0,5	0	1	0	0,67	0	0,362	Ruim
S112-1	Santos Dumont / São Paulo	0,25	1	0	0	0,33	0,5	0,347	Ruim
S112-2	São Paulo / Guaicurus	1	0	1	0	0,67	0,5	0,528	Regular
S113-1	Santos Dumont / Rio de Janeiro	0,25	1	0,5	0	0,33	0,5	0,430	Regular
S113-2	Rio de Janeiro / Guaicurus	0,25	0,5	1	0	0,67	0,5	0,487	Regular
S114-0	Santos Dumont / Espírito Santo	0	1	1	0	0,67	0,5	0,528	Regular
S117-0	Paraná / Caetés	1	1	0,5	0	0,67	0	0,528	Regular
S117-2	Caetés / Guarani	0,25	0	1	0	0,33	0	0,263	Ruim
S118-0	Afonso Pena / Caetés	1	0,5	0	0	0,33	0	0,305	Ruim
S119-0	Caetés / São Paulo	1	1	1	0	0,67	0,5	0,695	Bom
S120-1	Espírito Santo / Caetés	1	1	1	0	0,67	0	0,612	Bom
S120-2	Caetés / Rio de Janeiro	0,5	1	1	0	1	0,5	0,667	Bom

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela C.1: Resultados do índice por interseções com notas dos indicadores (Parte 2)

Cód.	Interseção	Velocidade de travessia	Configuração	Continuidade	Sinais sonoros	Possibilidades de movimentos	Números de faixas	Índ.	Conceito
S121-0	Amazonas / Bahia / Caetés	1	1	0,5	0	0,67	0,5	0,612	Bom
S122-0	Andradas / Caetés	0,25	0,5	0,5	0	0,67	0	0,320	Ruim
S124-1	Tupinambás / Rio Grande do Sul	0,25	0	1	0	0,67	0	0,320	Ruim
S124-2	Contorno / Rio Grande do Sul	1	0	1	0	0,67	0,5	0,528	Regular
S125-1	Olegário Maciel / Tupinambás	1	0,5	0,5	0	0,33	0	0,388	Ruim
S125-2	Olegário Maciel / Caetés	1	0,5	1	0	0,67	1	0,695	Bom
S126-0	Tupinambás / Guarani	0,25	1	1	0	0,67	0	0,487	Regular
S127-0	Paraná / Tupinambás	0,75	1	1	0	0,67	0	0,570	Regular
S128-1	Tupinambás / Curitiba	0,25	1	1	0	0,67	1	0,653	Bom
S128-2	Curitiba / Carijós	0,25	1	1	0	1	1	0,708	Bom
S129-0	Amazonas / Espírito Santo	0	1	0,5	0	0,33	0	0,305	Ruim
S130-0	Olegário Maciel / Carijós	1	1	0,5	0	0,67	0,5	0,612	Regular
S131-0	Guarani / Carijós	0,5	0,5	1	0	0,67	0,5	0,528	Regular
S132-0	Paraná / Carijós	0,75	0,5	1	0	0,67	1	0,653	Bom
S204-1	Mato Grosso / Tamoios	1	0	1	0	0,67	0	0,445	Regular
S204-2	Tamoios / Rio Grande do Sul	0	0,5	1	0	0,67	1	0,528	Regular
S205-0	Olegário Maciel / Tamoios	1	1	0,5	0	0,33	0,5	0,555	Regular
S206-1	Bias Fortes / Tupis	0,25	0,5	0,5	0	0	0	0,208	Ruim
S206-2	Rio Grande do Sul / Tupis	1	0,5	1	0	0,67	0	0,528	Regular
S207-1	Paraná / Tamoios	0,5	0,5	0,5	1	0,67	1	0,695	Bom
S207-2	Tamoios / Guarani	0,25	1	1	0	0,67	0,5	0,570	Regular
S210-0	Amazonas / São Paulo	1	1	0	0	0	0	0,333	Ruim
S211-0	Olegário Maciel / Tupis	1	1	0,5	0	0,33	0,5	0,555	Regular
S214-1	Paraná / Tupis	1	1	0,5	0	1	0,5	0,667	Bom
S214-2	Tupis / Guarani	0,75	0,5	1	0	1	1	0,708	Bom
S214-3	Tupis / Santa Catarina	1	1	1	0	1	0	0,667	Bom

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela C.1: Resultados do índice por interseções com notas dos indicadores (Parte 3)

Cód.	Interseção	Velocidade de travessia	Configuração	Continuidade	Sinais sonoros	Possibilidades de movimentos	Números de faixas	Índ.	Conceito
S215-1	Amazonas / Curitiba	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,333	Ruim
S215-2	Curitiba / Tamoios	1	0,5	1	0	1	0,5	0,667	Regular
S216-0	Bias Fortes / Goitacazes	0,25	0,5	0,5	0	0	0	0,208	Ruim
S217-1	São Paulo / Tupis	1	0,5	1	1	0,67	0,5	0,778	Bom
S217-2	São Paulo / Goitacazes	0,5	1	1	1	1	0,5	0,833	Ótimo
S218-0	Olegário Maciel / Goitacazes	1	0,5	1	0	0,67	0,5	0,612	Bom
S219-0	Amazonas / Paraná	1	1	0,5	0	0	0,5	0,500	Regular
S220-1-2	Bias Fortes / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Elevado-Liberdade)	1	0,5	1	0	0,67	0,5	0,612	Bom
S220-3-4	Olegário Maciel / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Rodoviária-Contorno)	0,5	1	1	0	1	0,5	0,667	Bom
S221-0	Amazonas / Santa Catarina	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,333	Ruim
S223-1	Amazonas / Praça Raul Soares (Centro-Bairro)	0,5	0,5	0,5	0	0,67	0,5	0,445	Regular
S223-2-3	Augusto de Lima / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Centro-Bairro)	1	1	1	0	1	0	0,667	Bom
S224-0	Curitiba / Padre Belchior	0	0,5	1	0	0,67	0,5	0,445	Regular
S227-0	Augusto de Lima / Santa Catarina	1	0,5	0,5	0	0,67	0	0,445	Regular
S228-1-2	Bias Fortes / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Pca Libe	1	1	1	0	0,67	0	0,612	Bom
S231-0	Bias Fortes / Santa Catarina	1	0	1	0	0	0	0,333	Ruim
S301-0	Afonso Pena / São Paulo	1	1	0,5	0	0	0	0,417	Regular
S302-0	Bahia / Tupinambás	1	0	1	0	0,67	0,5	0,528	Regular
S303-0	Andradas / Tupinambás	0	0,5	0,5	0	0,33	0	0,222	Ruim
S304-0	São Paulo / Carijós	0,5	1	1	0	1	0,5	0,667	Bom
S305-0	Afonso Pena / Amazonas (Pc. Sete)	1	1	0,5	1	0,67	0	0,695	Bom

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela C.1: Resultados do índice por interseções com notas dos indicadores (Parte 4)

Cód.	Interseção	Velocidade de travessia	Configuração	Continuidade	Sinais sonoros	Possibilidades de movimentos	Números de faixas	Índ.	Conceito
S306-0	Espírito Santo / Carijós	1	1	1	0	1	1	0,833	Ótimo
S307-0	Bahia / Carijós	1	1	1	0	0,67	0	0,612	Bom
S308-0	Andradas / Assis Chateaubriand (Viaduto Sta. Tereza)	0,25	0,5	0,5	0	0	0	0,208	Ruim
S309-0	Tamoios / Rio de Janeiro	0,25	1	1	0	1	0,5	0,625	Bom
S310-0	Afonso Pena / Espírito Santo / Tamoios	1	1	0,5	0	0	0	0,417	Regular
S311-0	Bahia / Tamoios	1	0,5	0,5	0	0,33	0,4	0,455	Regular
S312-0	Espírito Santo / Tupis	1	0	1	0	0,67	0,5	0,528	Regular
S313-0	Afonso Pena / Bahia	0,5	0,5	0,5	0	0,33	0	0,305	Ruim
S315-0	Espírito Santo / Goitacazes	0,25	1	1	0	1	0,5	0,625	Bom
S316-0	Bahia / Goitacazes	0,75	1	1	0	1	0,5	0,708	Bom
S318-0	Afonso Pena / Alvares Cabral	1	0,5	1	0	0,33	0,5	0,555	Regular
S319-0	Augusto de Lima / Curitiba	0,5	0,5	0,5	0	0,67	0	0,362	Ruim
S320-0	Augusto de Lima / São Paulo	0	1	0,5	0	0	0,5	0,333	Ruim
S321-0	Augusto de Lima / Rio de Janeiro	0,25	0,5	0,5	0	0,33	0,5	0,347	Ruim
S322-0	Augusto de Lima / Espírito Santo	0,5	1	0,5	0	0,33	0,5	0,472	Regular
S323-0	Augusto de Lima / Bahia	1	1	0	0	0,33	0,5	0,472	Regular
S324-0	Augusto de Lima / João Pinheiro / Goiás (Afonso Arinos)	0,5	0	0	0	0,33	0,5	0,222	Ruim
S326-0	Bahia / Guajajaras	1	0,5	0,5	0	0,33	0,5	0,472	Regular
S327-0	João Pinheiro / Guajajaras	0,25	1	0,5	0	0,33	0,5	0,430	Regular
S327-2	Guajajaras / Goiás	0,5	1	1	0	0,67	0,5	0,612	Bom
S328-0	Afonso Pena / Carandaí	1	1	0	0	0	0,5	0,417	Regular

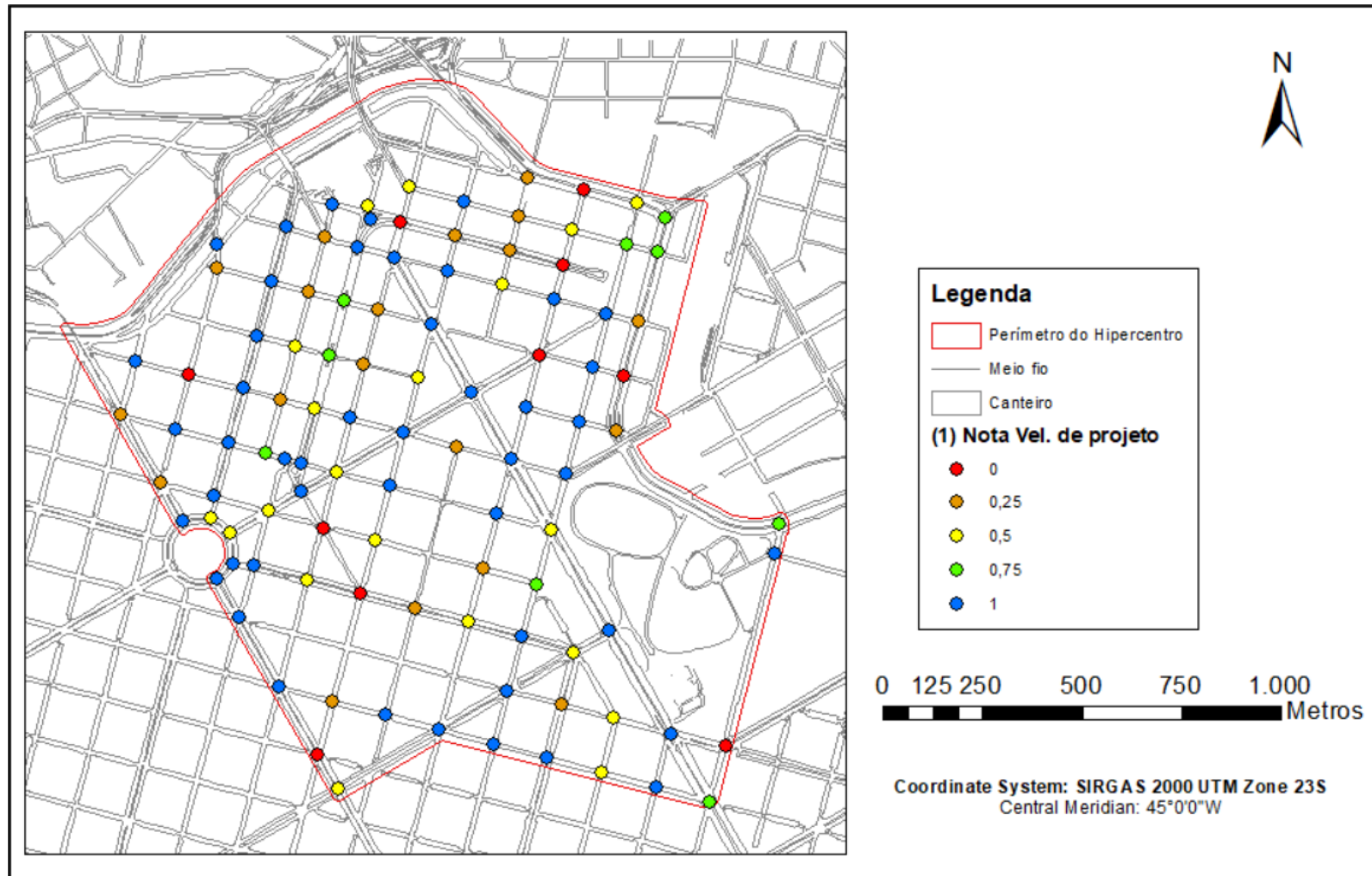
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela C.1: Resultados do índice por interseções com notas dos indicadores (Parte 4)

Cód.	Interseção	Velocidade de travessia	Configuração	Continuidade	Sinais sonoros	Possibilidades de movimentos	Números de faixas	Índ.	Conceito
S328-0	Afonso Pena / Carandaí	1	1	0	0	0	0,5	0,417	Regular
S329-0	Carandaí / Alfredo Balena / Pernambuco	0	0,5	0	0	0,33	0,5	0,222	Ruim
S330-0	Alvares Cabral / Espírito Santo / Timbiras	1	0,5	0	0	0	1	0,417	Regular
S331-0	Bahia / Timbiras	1	0	1	0	0,67	0,5	0,528	Regular
S332-1	João Pinheiro / Timbiras	1	1	0,5	0	1	0	0,583	Regular
S332-2	Sergipe / Timbiras	0,5	0,5	1	0	0,67	0,5	0,528	Regular
S333-0	Alagoas / Timbiras	1	0,5	1	0	1	0,5	0,667	Regular
S334-0	Afonso Pena / Timbiras	0,75	0	1	0	0,33	0	0,347	Ruim
S416-1	Andradas / Alameda Ezequiel Dias	0,75	0,5	1	0	0,67	0,5	0,570	Regular
S416-2	Alameda Ezequiel Dias / Alameda Álvaro Celso	1	0,5	1	0	1	0	0,583	Regular
S601-0	Bias Fortes / Timbiras	1	0,5	0,5	0	0	0	0,333	Ruim
S602-1	São Paulo / Timbiras	0,25	0	1	0	0,67	0,5	0,403	Regular
S602-2	Rio de Janeiro / Timbiras	1	0,5	1	0	0,67	0,75	0,653	Bom
S603-0	Bias Fortes / São Paulo	0	1	1	0	0	0,25	0,375	Ruim
S604-0	Alvares Cabral / Bias Fortes	0,5	1	0,5	0	0,67	0,25	0,487	Regular

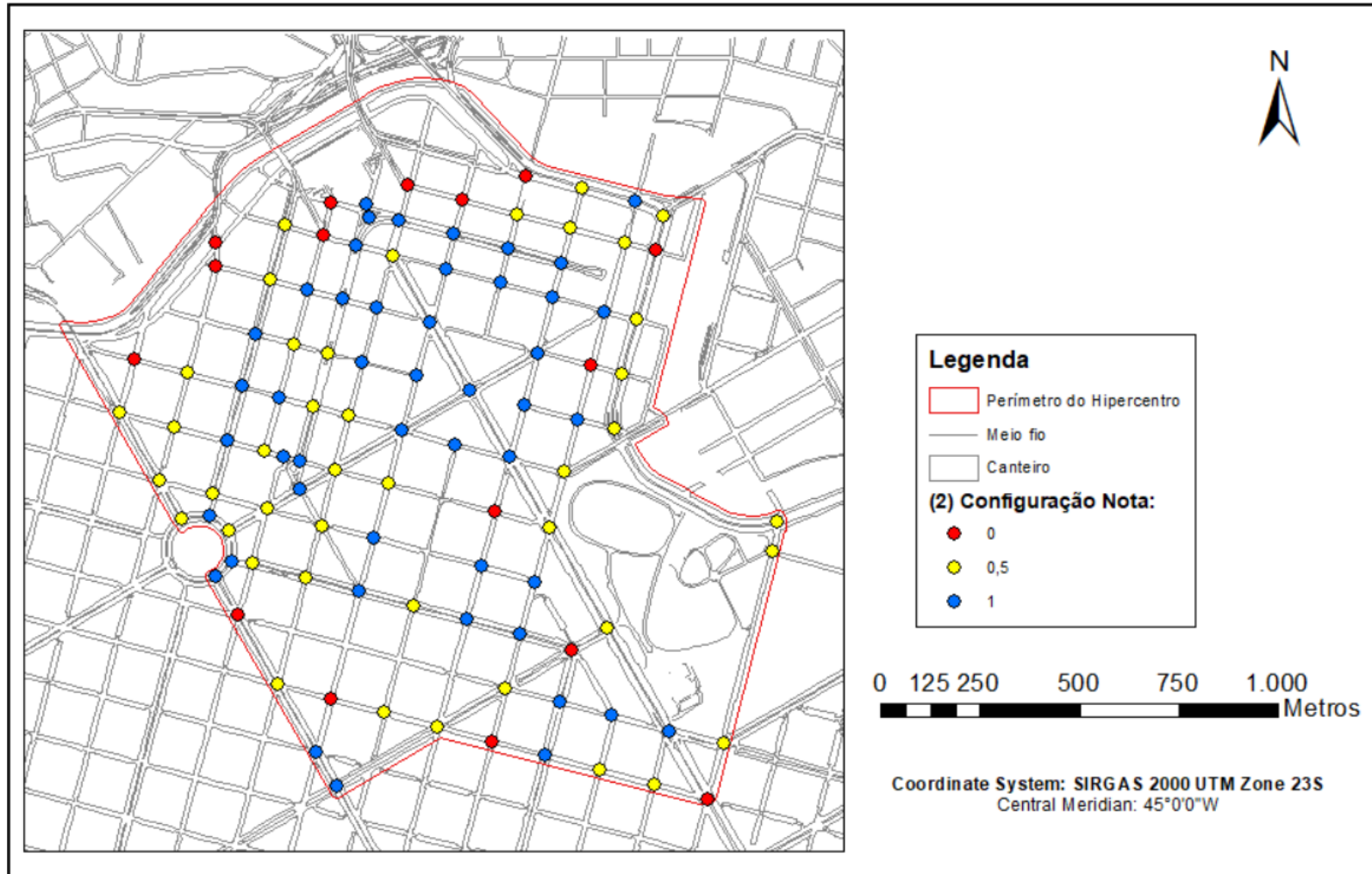
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura C.1: Mapa: pontuações do i1 no Hipercentro



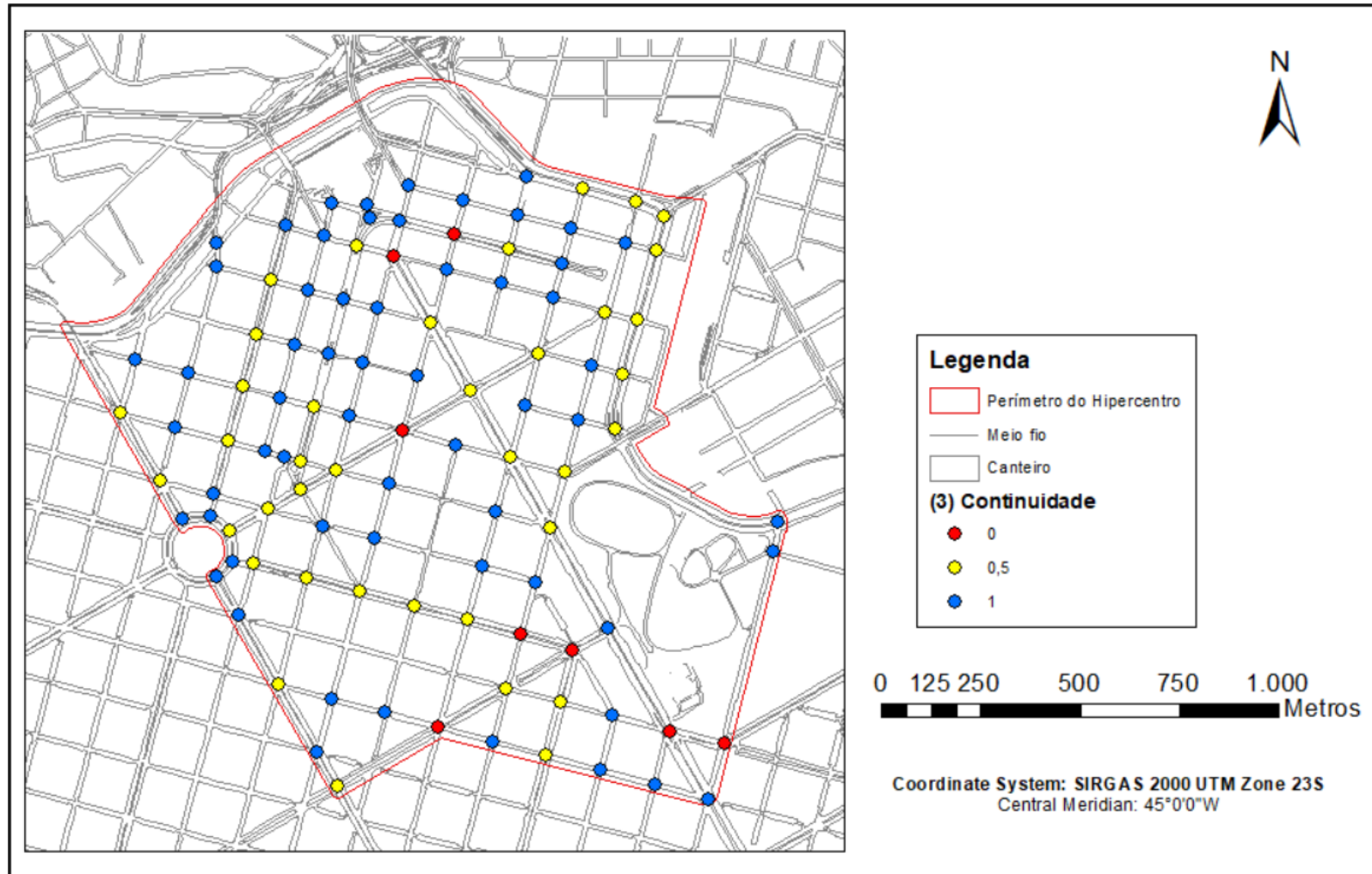
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura C.2: Mapa: pontuações do i2 no Hipercentro



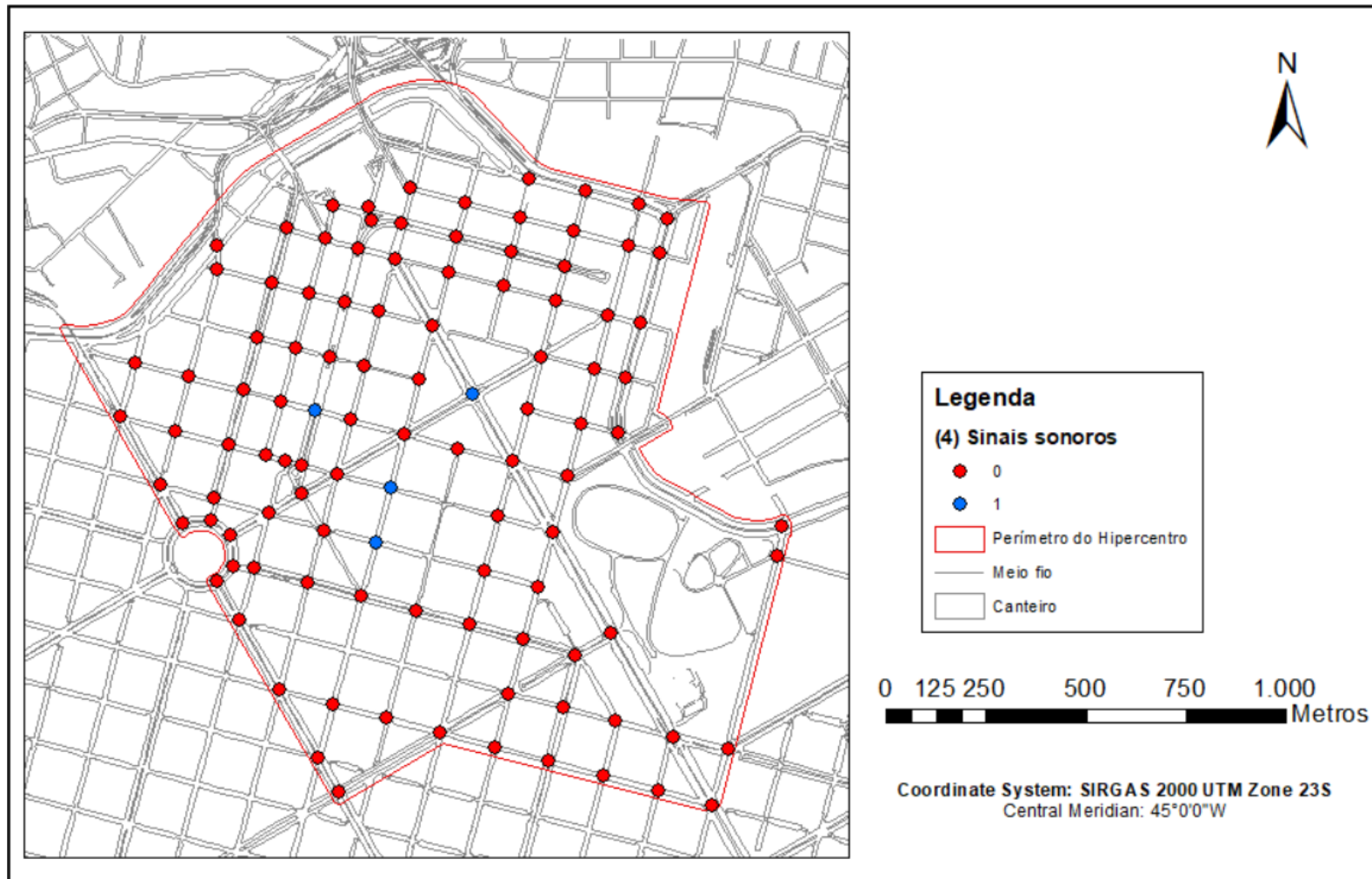
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura C.3: Mapa: pontuações do i3 no Hipercentro



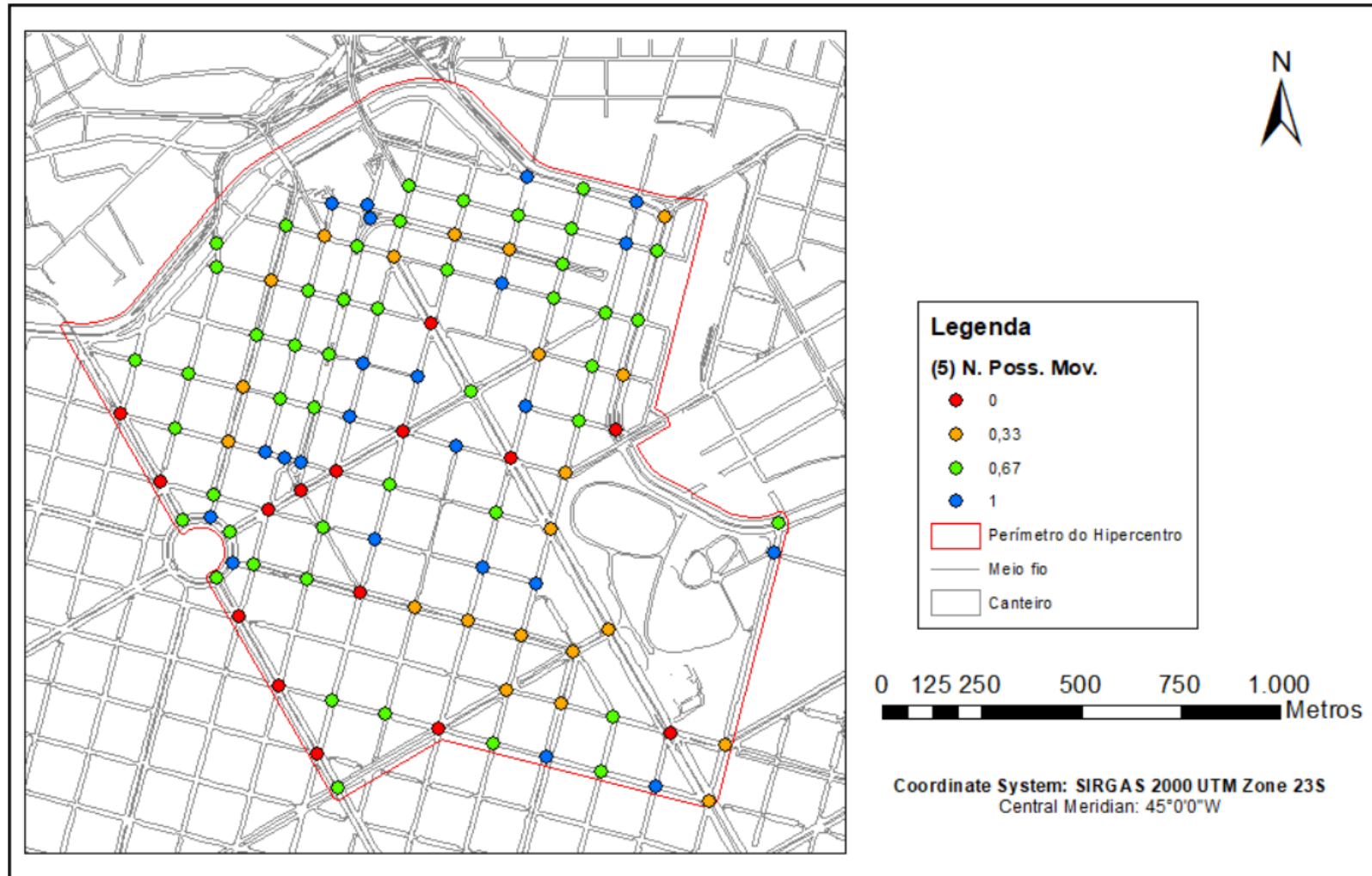
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura C.4: Mapa: pontuações do i4 no Hipercentro



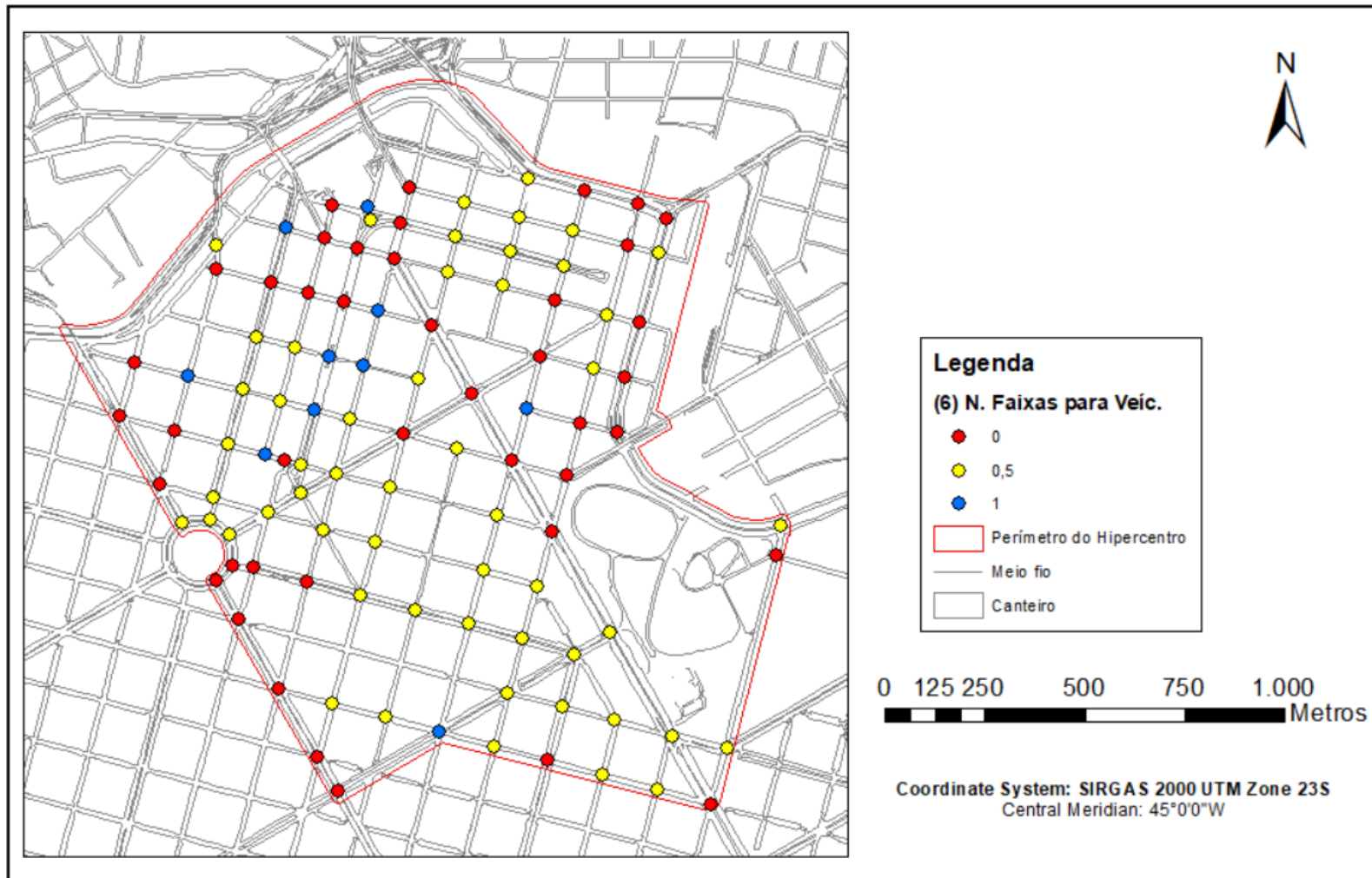
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura C.5: Mapa: pontuações do i5 no Hipercentro



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura C.6: Mapa: pontuações do i6 no Hipercentro



Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE D – Resultados das avaliações por interseções

Tabela D.1 – Resultados das avaliações por interseções (Parte 1)

Cód	Interseção	Índice	Conceito
S103-1	Contorno / Rio De Janeiro	0,458	Regular
S104-1	Contorno / Espírito Santo - Arrudas	0,278	Ruim
S104-2	Espírito Santo / Guaicurus	0,528	Regular
S105-1	Contorno / Andradas (Floresta)	0,347	Ruim
S105-2	Contorno / Bahia Januária	0,500	Regular
S107-0	Bahia / Guaicurus	0,542	Regular
S108-0	Andradas / Guaicurus	0,403	Regular
S110-1	Paraná / Santos Dumont (Praça Rio Branco)	0,750	Bom
S110-2	Praça Rio Branco (Pedestre)	0,750	Bom
S110-3	Paulo De Frontim / Guaranis	0,500	Regular
S111-0	Santos Dumont / Curitiba	0,445	Regular
S111-2	Curitiba / Guaicurus	0,362	Ruim
S112-1	Santos Dumont / São Paulo	0,347	Ruim
S112-2	São Paulo / Guaicurus	0,528	Regular
S113-1	Santos Dumont / Rio De Janeiro	0,430	Regular
S113-2	Rio De Janeiro / Guaicurus	0,487	Regular
S114-0	Santos Dumont / Espírito Santo	0,528	Regular
S117-0	Paraná / Caetés	0,528	Regular
S117-2	Caetés / Guarani	0,263	Ruim
S118-0	Afonso Pena / Caetés	0,305	Ruim
S119-0	Caetés / São Paulo	0,695	Bom
S120-1	Espírito Santo / Caetés	0,612	Bom
S120-2	Caetés / Rio De Janeiro	0,667	Bom
S121-0	Amazonas / Bahia / Caetés	0,612	Bom
S122-0	Andradas / Caetés	0,320	Ruim
S124-1	Tupinambás / Rio Grande Do Sul	0,320	Ruim
S124-2	Contorno / Rio Grande Do Sul	0,528	Regular
S125-1	Olegário Maciel / Tupinambás	0,388	Ruim
S125-2	Olegário Maciel / Caetés	0,695	Bom
S126-0	Tupinambás / Guarani	0,487	Regular
S127-0	Paraná / Tupinambás	0,570	Regular
S128-1	Tupinambás / Curitiba	0,653	Bom
S128-2	Curitiba / Carijós	0,708	Bom
S129-0	Amazonas / Espírito Santo	0,305	Ruim
S130-0	Olegário Maciel / Carijós	0,612	Bom
S131-0	Guarani / Carijós	0,528	Regular
S132-0	Paraná / Carijós	0,653	Bom
S204-1	Mato Grosso / Tamoios	0,445	Regular
S204-2	Tamoios / Rio Grande Do Sul	0,528	Regular
S205-0	Olegário Maciel / Tamoios	0,555	Regular
S206-1	Bias Fortes / Tupis	0,208	Ruim
S206-2	Rio Grande Do Sul / Tupis	0,528	Regular
S207-1	Paraná / Tamoios	0,695	Bom
S207-2	Tamoios / Guarani	0,570	Regular
S210-0	Amazonas / São Paulo	0,333	Ruim
S211-0	Olegário Maciel / Tupis	0,555	Regular
S214-1	Paraná / Tupis	0,667	Bom
S214-2	Tupis / Guarani	0,708	Bom
S214-3	Tupis / Santa Catarina	0,667	Bom

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela D.2 – Resultados das avaliações por interseções (Parte 2)

Cód	Interseção	Índice	Conceito
S215-1	Amazonas / Curitiba	0,333	Ruim
S215-2	Curitiba / Tamoios	0,667	Bom
S216-0	Bias Fortes / Goitacazes	0,208	Ruim
S217-1	São Paulo / Tupis	0,778	Bom
S217-2	São Paulo / Goitacazes	0,833	Ótimo
S218-0	Olegário Maciel / Goitacazes	0,612	Bom
S219-0	Amazonas / Paraná	0,500	Regular
S220-1-2	Bias Fortes / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Elevado-Liberdade)	0,612	Bom
S220-3-4	Olegário Maciel / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Rodoviária-Contorno)	0,667	Bom
S221-0	Amazonas / Santa Catarina	0,333	Ruim
S223-1	Amazonas / Praça Raul Soares (Centro-Bairro)	0,445	Regular
S223-2-3	Augusto De Lima / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Centro-Bairro)	0,667	Bom
S224-0	Curitiba / Padre Belchior	0,445	Regular
S227-0	Augusto De Lima / Santa Catarina	0,445	Regular
S228-1-2	Bias Fortes / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Praça Liberdade)	0,612	Bom
S231-0	Bias Fortes / Santa Catarina	0,333	Ruim
S301-0	Afonso Pena / São Paulo	0,417	Regular
S302-0	Bahia / Tupinambás	0,528	Regular
S303-0	Andradas / Tupinambás	0,222	Ruim
S304-0	São Paulo / Carijós	0,667	Bom
S305-0	Afonso Pena / Amazonas (Pc. Sete)	0,695	Bom
S306-0	Espirito Santo / Carijós	0,833	Ótimo
S307-0	Bahia / Carijós	0,612	Bom
S308-0	Andradas / Assis Chateaubriand (Viaduto Sta. Tereza)	0,208	Ruim
S309-0	Tamoios / Rio De Janeiro	0,625	Bom
S310-0	Afonso Pena / Espirito Santo / Tamoios	0,417	Regular
S311-0	Bahia / Tamoios	0,388	Ruim
S312-0	Espirito Santo / Tupis	0,528	Regular
S313-0	Afonso Pena / Bahia	0,305	Ruim
S315-0	Espirito Santo / Goitacazes	0,625	Bom
S316-0	Bahia / Goitacazes	0,708	Bom
S318-0	Afonso Pena / Alvares Cabral	0,555	Regular
S319-0	Augusto De Lima / Curitiba	0,362	Ruim
S320-0	Augusto De Lima / São Paulo	0,333	Ruim
S321-0	Augusto De Lima / Rio De Janeiro	0,347	Ruim
S322-0	Augusto De Lima / Espirito Santo	0,472	Regular
S323-0	Augusto De Lima / Bahia	0,472	Regular
S324-0	Augusto De Lima / Joao Pinheiro / Goiás (Afonso Arinos)	0,222	Ruim
S326-0	Bahia / Guajajaras	0,472	Regular
S327-0	Joao Pinheiro / Guajajaras	0,430	Regular
S327-2	Guajajaras / Goiás	0,612	Bom
S328-0	Afonso Pena / Carandaí	0,417	Regular
S329-0	Carandaí / Alfredo Balena / Pernambuco	0,222	Ruim

S330-0	Alvares Cabral / Espirito Santo / Timbiras	0,417	Regular
S331-0	Bahia / Timbiras	0,528	Regular

Fonte: Elaborado pelo autor

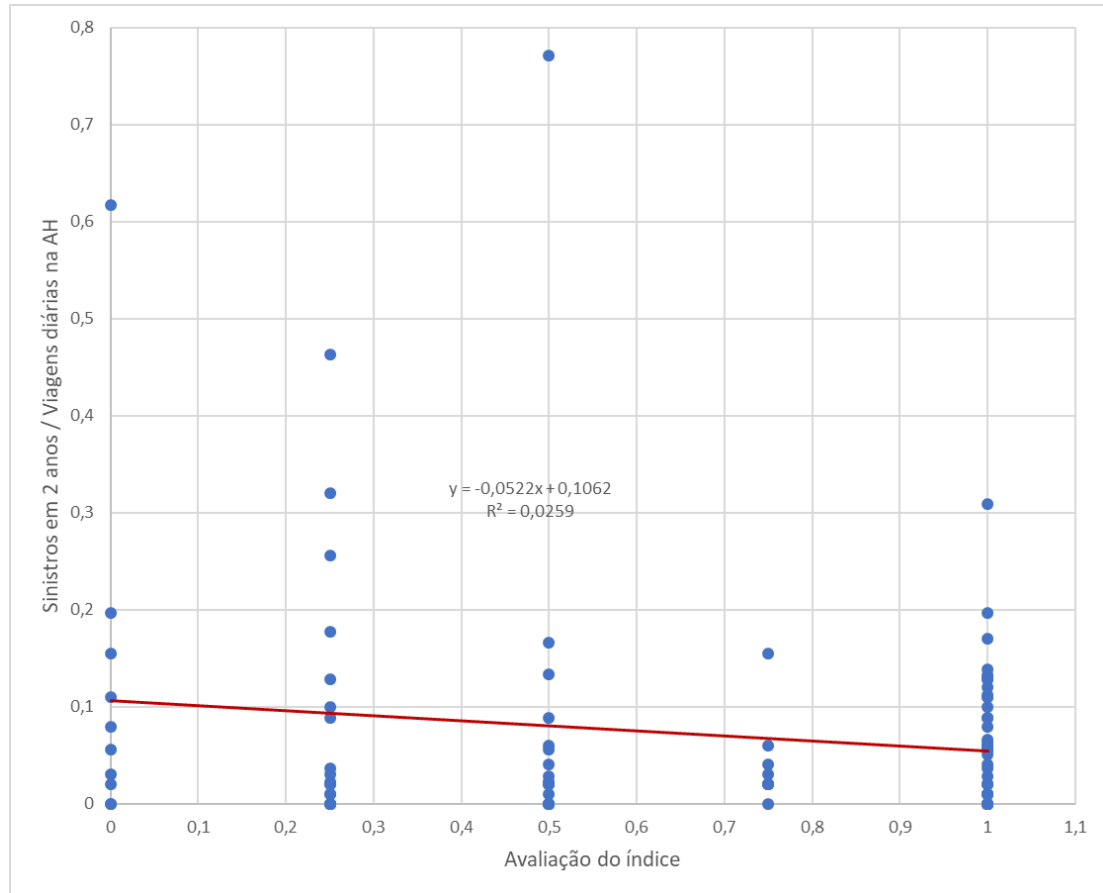
Tabela D.3 – Resultados das avaliações por interseções (Parte 3)

Cód	Interseção	Índice	Conceito
S332-1	Joao Pinheiro / Timbiras	0,583	Regular
S332-2	Sergipe / Timbiras	0,528	Regular
S333-0	Alagoas / Timbiras	0,667	Bom
S334-0	Afonso Pena / Timbiras	0,347	Ruim
S416-1	Andradas / Alameda Ezequiel Dias	0,570	Regular
S416-2	Alameda Ezequiel Dias / Alameda Álvaro Celso	0,583	Regular
S601-0	Bias Fortes / Timbiras	0,333	Ruim
S602-1	São Paulo / Timbiras	0,403	Regular
S602-2	Rio De Janeiro / Timbiras	0,612	Bom
S603-0	Bias Fortes / São Paulo	0,333	Ruim
S604-0	Alvares Cabral / Bias Fortes	0,445	Regular

Fonte: Elaborado pelo autor

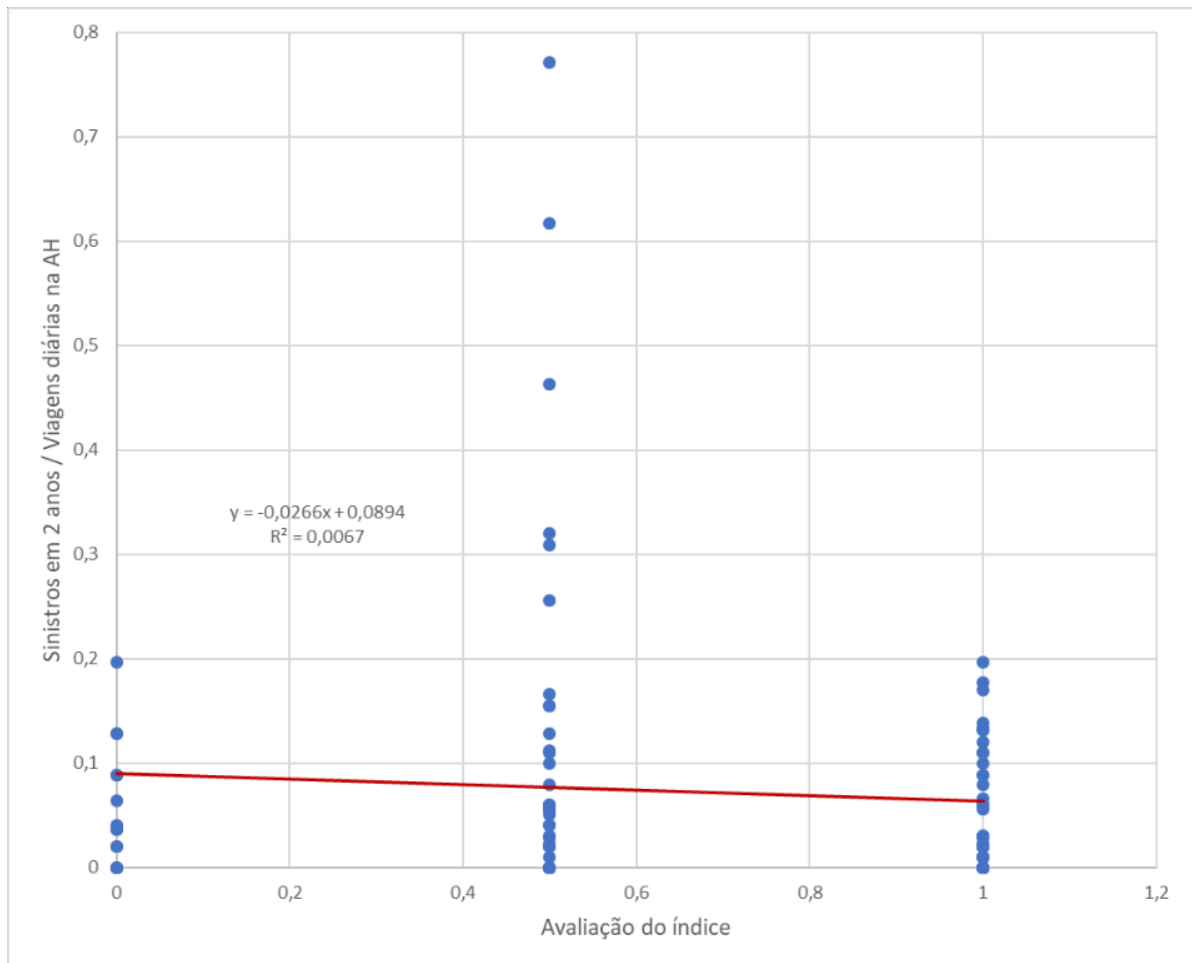
APÊNDICE E – Gráficos de validação dos indicadores em regressão linear

Figura F.1: Gráfico de validação do indicador 'Velocidade de travessia dos semáforos de pedestres' por interseção



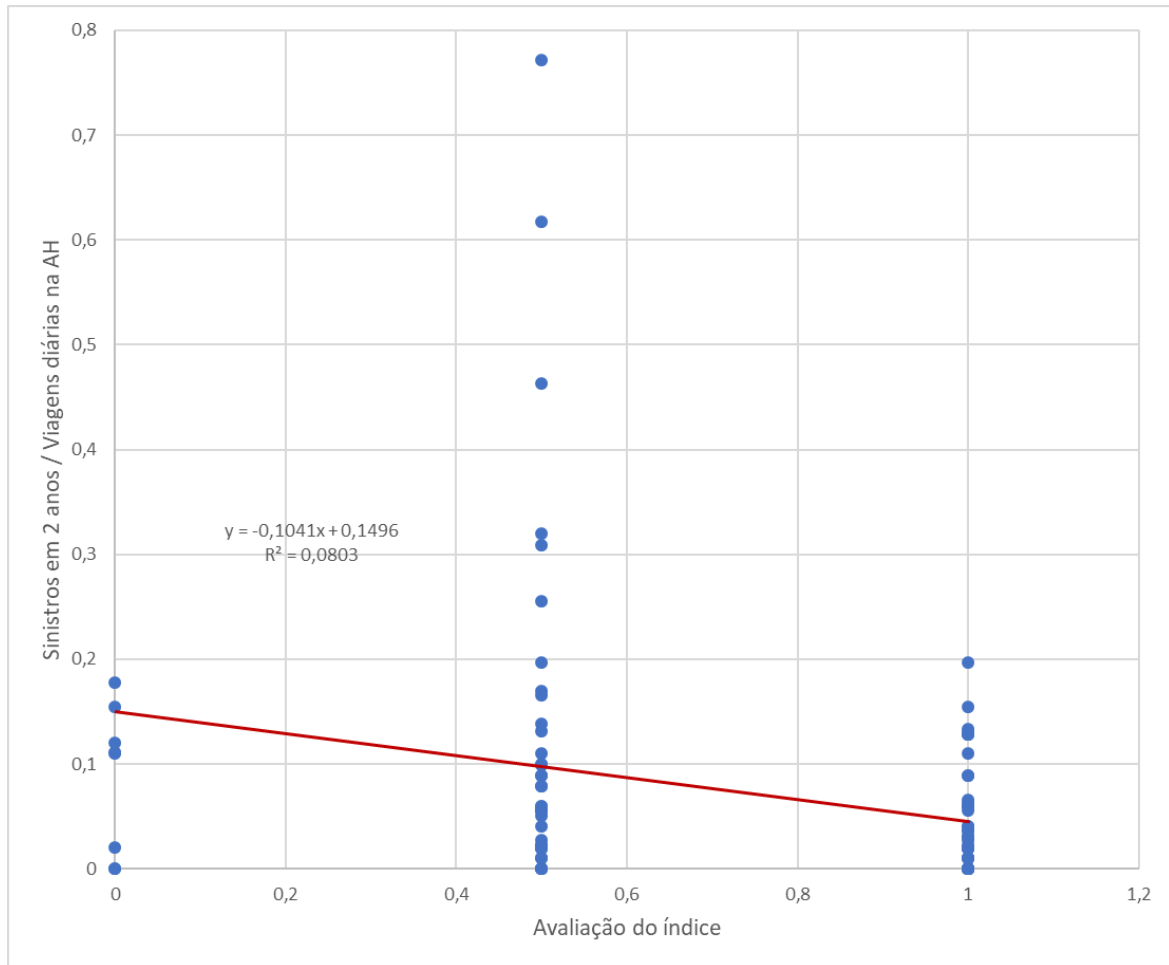
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura F.2: Gráfico de validação do indicador 'Configuração das interseções para pedestres' por interseção



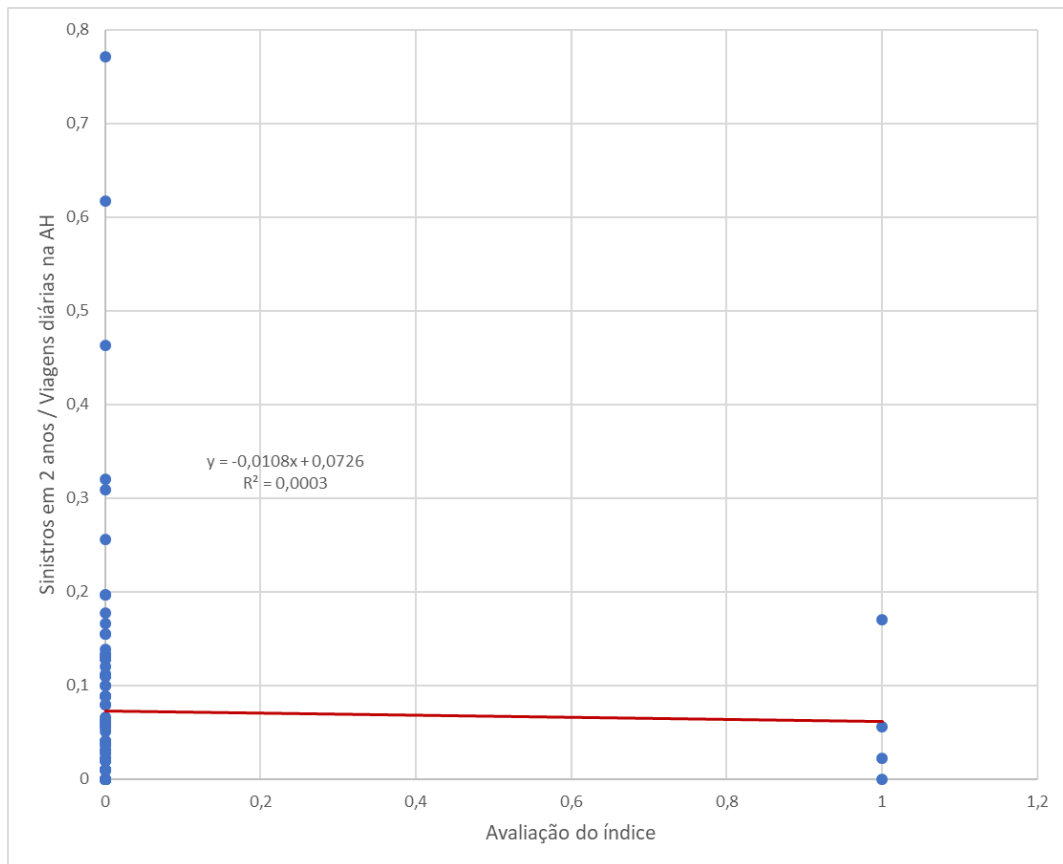
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura F.3: Gráfico de validação do indicador ‘Continuidade de travessia nas interseções’ por interseção



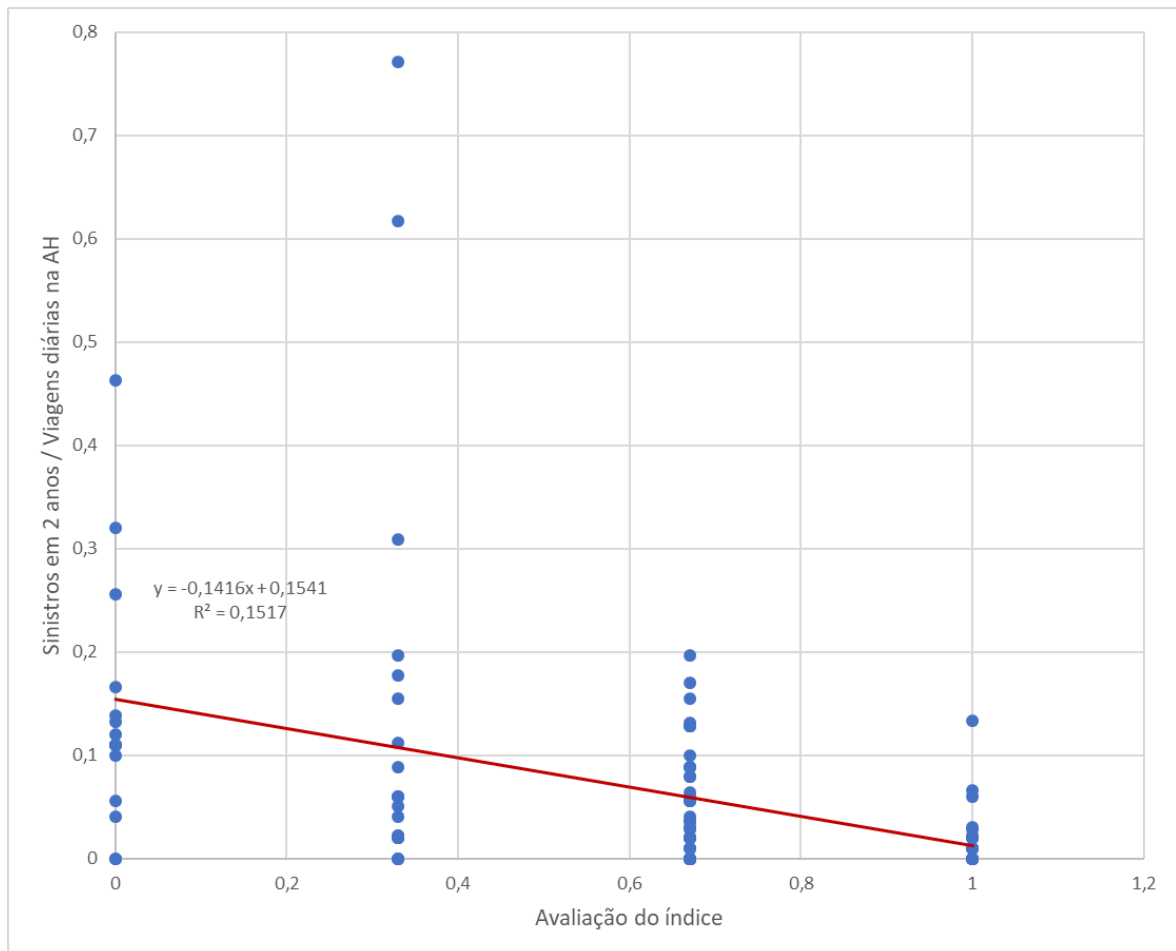
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura F.4: Gráfico de validação do indicador 'Presença de sinais sonoros para pedestres com deficiência visual' por interseção



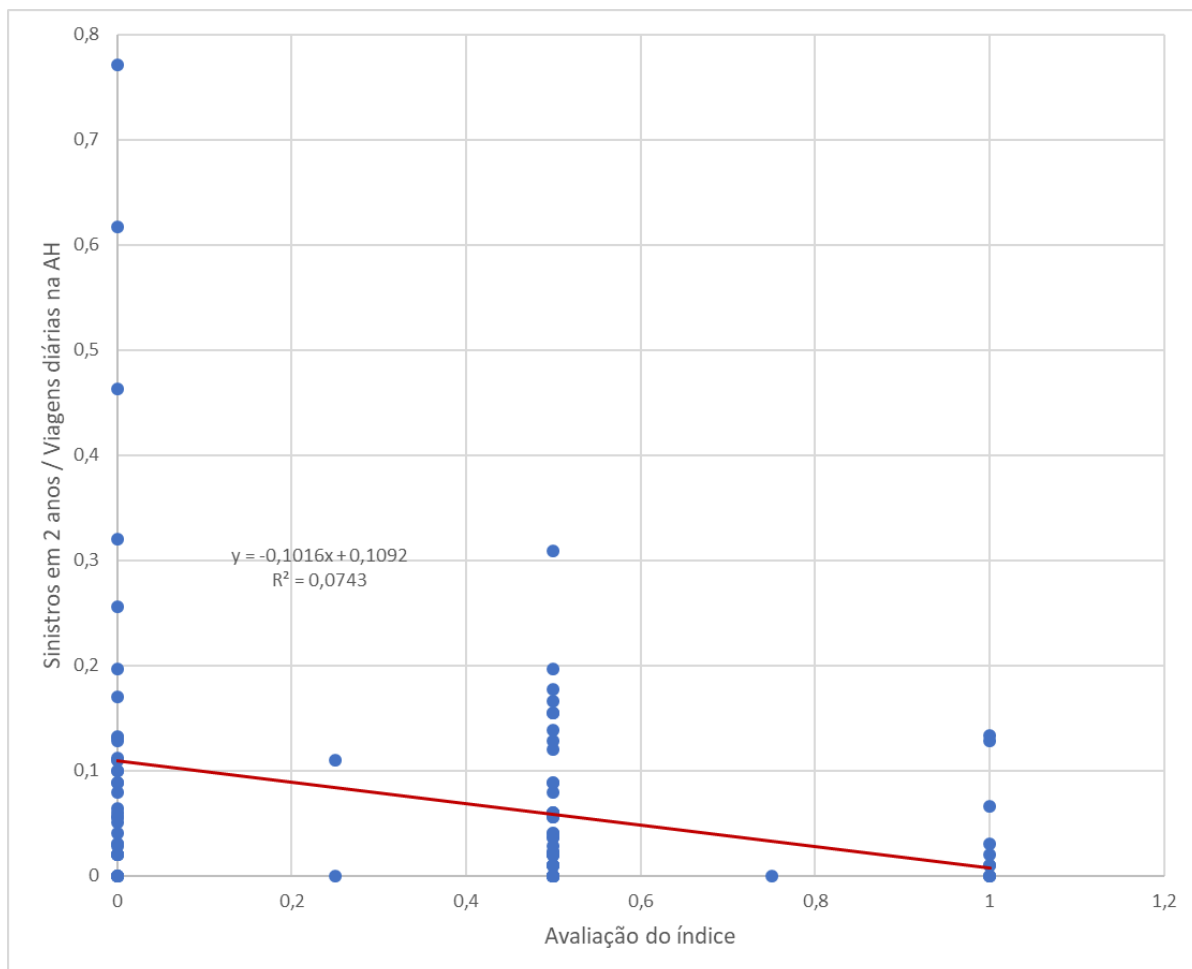
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura F.5: Gráfico de validação do indicador 'Número de possibilidades de movimentos' por interseção



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura D.6: Gráfico de validação do indicador 'Número de faixas para circulação de veículos perpendiculares às travessias' por interseção



Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE F – Processo de correção da validação do índice em regressão linear

Tabela G.1: Correção da validação – Interseções removidas e remanescentes

Cód	Interseção	Sinistros / Viagens (Y)	Índ.	Conceito	Y predito	Erro	Erro percentual
S117-2	Caetés / Guarani	0,020	0,263	Ruim	0,153	-0,133	-657%
S321-0	Augusto de Lima / Rio De Janeiro	0,022	0,347	Ruim	0,125	-0,103	-464%
S108-0	Andradas / Guaicurus	0,020	0,403	Regular	0,106	-0,086	-433%
S323-0	Augusto de Lima / Bahia	0,020	0,472	Regular	0,082	-0,062	-311%
S322-0	Augusto de Lima / Espirito Santo	0,022	0,472	Regular	0,082	-0,060	-271%
S105-2	Contorno / Bahia Januária	0,020	0,500	Regular	0,073	-0,053	-266%
S130-0	Olegário Maciel / Carijós	0,010	0,612	Bom	0,034	-0,024	-239%
S223-1	Amazonas / Praça Raul Soares (Centro-Bairro)	0,028	0,445	Regular	0,091	-0,064	-231%
S221-0	Amazonas / Santa Catarina	0,041	0,333	Ruim	0,130	-0,089	-220%
S104-2	Espirito Santo / Guaicurus	0,020	0,528	Regular	0,063	-0,043	-217%
S114-0	Santos Dumont / Espirito Santo	0,020	0,528	Regular	0,063	-0,043	-217%
S334-0	Afonso Pena / Timbiras	0,040	0,347	Ruim	0,125	-0,085	-212%
S111-0	Santos Dumont / Curitiba	0,030	0,445	Regular	0,091	-0,061	-201%
S107-0	Bahia / Guaicurus	0,020	0,542	Regular	0,058	-0,038	-194%
S602-1	São Paulo / Timbiras	0,037	0,403	Regular	0,106	-0,069	-188%
S205-0	Olegário Maciel / Tamoios	0,020	0,555	Regular	0,054	-0,033	-165%
S126-0	Tupinambás / Guarani	0,030	0,487	Regular	0,077	-0,047	-154%
S127-0	Paraná / Tupinambás	0,020	0,570	Regular	0,049	-0,028	-140%
S320-0	Augusto de Lima / São Paulo	0,055	0,333	Ruim	0,130	-0,074	-135%
S125-1	Olegário Maciel / Tupinambás	0,051	0,388	Ruim	0,111	-0,060	-119%
S319-0	Augusto De Lima / Curitiba	0,055	0,362	Ruim	0,120	-0,065	-117%
S105-1	Contorno / Andradas (Floresta)	0,059	0,347	Ruim	0,125	-0,065	-110%
S128-1	Tupinambás / Curitiba	0,010	0,653	Bom	0,020	-0,010	-99%
S104-1	Contorno / Espirito Santo - Arrudas	0,079	0,278	Ruim	0,148	-0,069	-87%
S327-2	Guajajaras / Goiás	0,020	0,612	Bom	0,034	-0,014	-72%
S331-0	Bahia / Timbiras	0,037	0,528	Regular	0,063	-0,026	-71%
S227-0	Augusto De Lima / Santa Catarina	0,055	0,445	Regular	0,091	-0,036	-65%
S304-0	São Paulo / Carijós	0,010	0,667	Bom	0,016	-0,006	-56%
S214-1	Paraná / Tupis	0,010	0,667	Bom	0,016	-0,005	-54%
S215-2	Curitiba / Tamoios	0,010	0,667	Bom	0,016	-0,005	-54%

S309-0	Tamoios / Rio De Janeiro	0,020	0,625	Bom	0,030	-0,010	-49%
S204-1	Mato Grosso / Tamoios	0,064	0,445	Regular	0,091	-0,027	-43%
S326-0	Bahia / Guajajaras	0,060	0,472	Regular	0,082	-0,022	-37%
S122-0	Andradas / Caetés	0,099	0,320	Ruim	0,134	-0,035	-35%
S111-2	Curitiba / Guaicurus	0,089	0,362	Ruim	0,120	-0,031	-35%
S118-0	Afonso Pena / Caetés	0,111	0,305	Ruim	0,139	-0,028	-25%
S210-0	Amazonas / São Paulo	0,110	0,333	Ruim	0,130	-0,020	-18%
S601-0	Bias Fortes / Timbiras	0,110	0,333	Ruim	0,130	-0,019	-18%
S603-0	Bias Fortes / São Paulo	0,110	0,333	Ruim	0,130	-0,019	-18%
S113-1	Santos Dumont / Rio De Janeiro	0,089	0,430	Regular	0,096	-0,008	-9%
S329-0	Carandaí / Alfredo Balena / Pernambuco	0,154	0,222	Ruim	0,168	-0,013	-9%
S124-1	Tupinambás / Rio Grande Do Sul	0,128	0,320	Ruim	0,134	-0,006	-5%
S310-0	Afonso Pena / Espírito Santo / Tamoios	0,100	0,417	Regular	0,101	-0,001	-1%
S132-0	Paraná / Carijós	0,020	0,653	Bom	0,020	0,000	1%
S318-0	Afonso Pena / Alvares Cabral	0,060	0,555	Regular	0,054	0,006	11%
S218-0	Olegário Maciel / Goitacazes	0,041	0,612	Bom	0,034	0,006	15%
S328-0	Afonso Pena / Carandaí	0,120	0,417	Regular	0,101	0,019	16%
S215-1	Amazonas / Curitiba	0,166	0,333	Ruim	0,130	0,036	22%
S214-3	Tupis / Santa Catarina	0,020	0,667	Bom	0,016	0,005	23%
S301-0	Afonso Pena / São Paulo	0,132	0,417	Regular	0,101	0,031	23%
S112-2	São Paulo / Guaicurus	0,089	0,528	Regular	0,063	0,026	29%
S117-0	Paraná / Caetés	0,089	0,528	Regular	0,063	0,026	29%
S129-0	Amazonas / Espírito Santo	0,197	0,305	Ruim	0,139	0,058	29%
S112-1	Santos Dumont / São Paulo	0,177	0,347	Ruim	0,125	0,053	30%
S206-1	Bias Fortes / Tupis	0,256	0,208	Ruim	0,172	0,083	33%
S119-0	Caetés / São Paulo	0,010	0,695	Bom	0,006	0,004	42%
S120-1	Espírito Santo / Caetés	0,059	0,612	Bom	0,034	0,025	42%
S223-2-3	Augusto De Lima / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Centro-Bairro)	0,028	0,667	Bom	0,016	0,012	44%
S216-0	Bias Fortes / Goitacazes	0,320	0,208	Ruim	0,172	0,147	46%
S219-0	Amazonas / Paraná	0,138	0,500	Regular	0,073	0,066	47%
S124-2	Contorno / Rio Grande Do Sul	0,128	0,528	Regular	0,063	0,065	51%
S121-0	Amazonas / Bahia / Caetés	0,079	0,612	Bom	0,034	0,045	57%
S308-0	Andradas / Assis Chateaubriand (Viaduto Sta. Tereza)	0,463	0,208	Ruim	0,172	0,291	63%
S311-0	Bahia / Tamoios	0,309	0,388	Ruim	0,111	0,198	64%
S302-0	Bahia / Tupinambás	0,197	0,528	Regular	0,063	0,134	68%
S416-1	Andradas / Alameda Ezequiel Dias	0,154	0,570	Regular	0,049	0,106	68%
S303-0	Andradas / Tupinambás	0,617	0,222	Ruim	0,168	0,449	73%
S307-0	Bahia / Carijós	0,131	0,612	Bom	0,034	0,097	74%

S120-2	Caetés / Rio De Janeiro	0,059	0,667	Bom	0,016	0,044	74%
S313-0	Afonso Pena / Bahia	0,771	0,305	Ruim	0,139	0,632	82%
S128-2	Curitiba / Carijós	0,010	0,708	Bom	0,001	0,009	87%
S125-2	Olegário Maciel / Caetés	0,128	0,695	Bom	0,006	0,122	95%
S214-2	Tupis / Guarani	0,030	0,708	Bom	0,001	0,029	96%
S305-0	Afonso Pena / Amazonas (Pc. Sete)	0,170	0,695	Bom	0,006	0,164	97%
S110-1	Paraná / Santos Dumont (Praça Rio Branco)	0,133	0,750	Bom	-0,013	0,146	110%
S217-1	São Paulo / Tupis	0,055	0,778	Bom	-0,023	0,078	141%
S306-0	Espirito Santo / Carijós	0,066	0,833	Ótimo	-0,041	0,107	163%
S217-2	São Paulo / Goitacazes	0,022	0,833	Ótimo	-0,041	0,064	287%
S103-1	Contorno / Rio De Janeiro	0,000	0,458	Regular	0,087	-0,087	#DIV/0!
S110-2	Praça Rio Branco (Pedestre)	0,000	0,750	Bom	-0,013	0,013	#DIV/0!
S110-3	Paulo De Frontim / Guaranis	0,000	0,500	Regular	0,073	-0,073	#DIV/0!
S113-2	Rio De Janeiro / Guaicurus	0,000	0,487	Regular	0,077	-0,077	#DIV/0!
S131-0	Guarani / Carijós	0,000	0,528	Regular	0,063	-0,063	#DIV/0!
S204-2	Tamoios / Rio Grande Do Sul	0,000	0,528	Regular	0,063	-0,063	#DIV/0!
S206-2	Rio Grande Do Sul / Tupis	0,000	0,528	Regular	0,063	-0,063	#DIV/0!
S207-1	Paraná / Tamoios	0,000	0,695	Bom	0,006	-0,006	#DIV/0!
S207-2	Tamoios / Guarani	0,000	0,570	Regular	0,049	-0,049	#DIV/0!
S211-0	Olegário Maciel / Tupis	0,000	0,555	Regular	0,054	-0,054	#DIV/0!
S220-1-2	Bias Fortes / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Elevado-Liberdade)	0,000	0,612	Bom	0,034	-0,034	#DIV/0!
S220-3-4	Olegário Maciel / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Rodoviaria-Contorno)	0,000	0,667	Bom	0,016	-0,016	#DIV/0!
S224-0	Curitiba / Padre Belchior	0,000	0,445	Regular	0,091	-0,091	#DIV/0!
S228-1-2	Bias Fortes / Praça Raul Soares - Pista Ext. (Pca Libe	0,000	0,612	Bom	0,034	-0,034	#DIV/0!
S231-0	Bias Fortes / Santa Catarina	0,000	0,333	Ruim	0,130	-0,130	#DIV/0!
S312-0	Espirito Santo / Tupis	0,000	0,528	Regular	0,063	-0,063	#DIV/0!
S315-0	Espirito Santo / Goitacazes	0,000	0,625	Bom	0,030	-0,030	#DIV/0!
S316-0	Bahia / Goitacazes	0,000	0,708	Bom	0,001	-0,001	#DIV/0!
S324-0	Augusto De Lima / Joao Pinheiro / Goiás (Afonso Arinos)	0,000	0,222	Ruim	0,168	-0,168	#DIV/0!
S327-0	Joao Pinheiro / Guajajaras	0,000	0,430	Regular	0,096	-0,096	#DIV/0!
S330-0	Alvares Cabral / Espirito Santo / Timbiras	0,000	0,417	Regular	0,101	-0,101	#DIV/0!
S332-1	Joao Pinheiro / Timbiras	0,000	0,583	Regular	0,044	-0,044	#DIV/0!
S332-2	Sergipe / Timbiras	0,000	0,528	Regular	0,063	-0,063	#DIV/0!
S333-0	Alagoas / Timbiras	0,000	0,667	Bom	0,016	-0,016	#DIV/0!
S416-2	Alameda Ezequiel Dias / Alameda Alvaro Celso	0,000	0,583	Regular	0,044	-0,044	#DIV/0!

S602-2	Rio De Janeiro / Timbiras	0,000	0,612	Bom	0,034	-0,034	#DIV/0!
S604-0	Alvares Cabral / Bias Fortes	0,000	0,445	Regular	0,091355	-0,09135	#DIV/0!

Fonte: Elaborado pelo autor