

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Danielle Marques Cazumba

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O MAPEAMENTO VIRTUAL DA
CAMINHABILIDADE URBANA ASSOCIADA À ACESSIBILIDADE POR IMAGENS
DE NÍVEL DE RUA**

Salvador
2024

Danielle Marques Cazumba

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O MAPEAMENTO VIRTUAL DA
CAMINHABILIDADE URBANA ASSOCIADA À ACESSIBILIDADE POR IMAGENS
DE NÍVEL DE RUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para a obtenção do título de mestra em Informações Espaciais

Orientador: Vivian de Oliveira Fernandes

Salvador

2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Bernadete
Sinay Neves, Escola Politécnica – UFBA.

C386 Cazumba, Danielle Marques.

Proposta de metodologia para o mapeamento virtual da
caminhabilidade urbana associada à acessibilidade por imagens de nível
de rua/ Danielle Marques Cazumba. – Salvador, 2024.

121f.: il. color.

Orientadora: Profa. Dra. Vivian de Oliveira Fernandes.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2024.

1. Mobilidade urbana. 2. Acessibilidade urbana. 3.
Caminhabilidade. 4. Planejamento urbano. 5. Pedestres. I. Fernandes,
Vivian de Oliveira. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDD: 388

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA TESE DE DOUTORADO

DANIELLE MARQUES CAZUMBÁ

APRESENTADA AO MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL, DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DA BAHIA, EM 19 DE DEZEMBRO DE 2023.

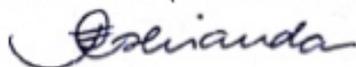
BANCA EXAMINADORA



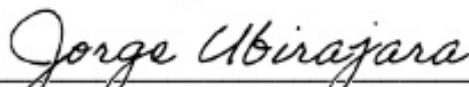
Prof. Dra. Vivian de Oliveira Fernandes (Orientadora- PPEC)



Prof. Mariana Giannotti (Examinadora Externa- USP)



Prof. Dra. Silvia Camargo Fernandes Miranda (PEI-UFBA)



Prof. Dr. Jorge Ubirajara (DETG- UFBA)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA



ATA 08/2023 DA SESSÃO PÚBLICA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos 01 dia do mês de dezembro de 2023, às 10:00 horas, na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, presente à Comissão Julgadora, integrada pelos professores Vivian de Oliveira Fernandes (orientadora), Silvia Camargo Fernandes Miranda (externa ao programa), Mariana Giannotti (examinadora externa a UFBA) e Jorge Ubirajara (examinador externo ao programa) iniciou-se a Defesa de Dissertação de Mestrado do(a) candidato(a) **Danielle Marques Cazumba**, intitulada “PROPOSTA DE MAPEAMENTO DA ACESSIBILIDADE E DE AVALIAÇÃO DA CAMINHABILIDADE ASSOCIADA A IMAGENS DE NÍVEL DE RUA”.

Concluída a apresentação, arguição e defesa oral da dissertação, conforme disposto no Regimento Interno do PPEC, procedeu-se ao julgamento na forma regulamentar, tendo a Comissão Julgadora considerado o candidato:

Aprovada..... (Avaliação da Profa. Vivian de Oliveira Fernandes);

Aprovada..... (Avaliação do Prof. Silvia Camargo Fernandes Miranda);

Aprovada..... (Avaliação da Prof.ª Mariana Giannotti).

Aprovada.....(Avaliação do Prof. Jorge Ubirajara).

Salvador, 19 de dezembro de 2023.

A Comissão Julgadora:

Prof. Dra. Vivian de Oliveira Fernandes (Orientadora- PPEC)

Prof. Mariana Giannotti (Examinadora Externa- USP)

Prof. Dra. Silvia Camargo Fernandes Miranda (PEI-UFBA)

Prof. Dr. Jorge Ubirajara (DETG- UFBA)

- NOTA REGIMENTAL:**
- ◆ Será considerado habilitado o candidato que obtiver aprovação da maioria dos examinadores.
 - ◆ A emissão dos pareceres finais dos examinadores poderá ser condicionada à efetivação de reformulações necessárias que não impliquem em alteração fundamental da dissertação. **O documento com as reformulações deverá ser entregue à Comissão Julgadora no prazo máximo de 60 (sessenta) dias sob pena de cancelamento da defesa. Além dos artigos exigidos pelo programa para homologação.**
 - ◆ Em caso de excepcional qualidade ou originalidade, o trabalho poderá merecer a menção “aprovado com distinção”, quando houver unanimidade da Comissão Julgadora.
 - ◆ Este documento não tem valor oficial até a homologação da defesa pelos órgãos competentes

A Deus.

A todas a minorias.

Agradecimentos

Neste momento de realização, expresso minha imensa gratidão a todos que contribuíram para a realização deste sonho. Este trabalho não teria sido concluído sem o apoio, orientação e inspiração daqueles que generosamente dedicaram seu tempo e conhecimento a este projeto.

Primeiramente, agradeço a Deus, fonte inesgotável de sabedoria e inspiração, por guiar meus passos e iluminar meu caminho durante este percurso. À intercessão de Nossa Senhora, que esteve sempre presente, agradeço por sua proteção e amparo nos momentos desafiadores.

À minha orientadora, Vivian Fernandes, expresso minha profunda gratidão pela amizade, dedicação, paciência e sabedoria compartilhada ao longo desta jornada. Seu apoio foi fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa, e sua orientação moldou não apenas meu trabalho, mas também minha trajetória acadêmica.

Aos meus pais, Daniel e Jucelia, agradeço por todo amor, apoio e sacrifícios, essenciais para que eu pudesse alcançar este marco. Também sou grata ao meu tio Aguinaldo pelo carinho, e às minhas tias-mães Neide e Kia, pelo amor que sempre me dedicaram.

Aos meus irmãos, Gabrielle, Reidner, e Matheus, que me incentivaram e compreenderam, agradeço por serem fundamentais durante este percurso. À Jamile e Humberto por todo amor, cuidado e amparo.

Aos meus avós, verdadeiros companheiros de jornada, agradeço por tudo. Agradeço também aos meus tios e tias, primos e primas, pelo amor, pelas risadas compartilhadas nos momentos de descontração e pelo apoio nos desafios. Cada um de vocês foi uma fonte valiosa de inspiração.

Agradeço à minha amiga Luana pela amizade, orações e conselhos, e aos meus amigos, Érica e Tiago pelo amor e apoio de sempre.

Às minhas afilhadas, Cecília e Clara, o amor que sinto por elas me encoraja e impulsiona.

À minha amiga Mirele e sua família por todo carinho e incentivo.

Às irmãs do Grupo de Oração Nossa Senhora de Fátima, agradeço por todas as orações, incentivo e amor.

Aos meus de sempre – Filipe, Larissa, Anna Júlia, Michelle, Gustavo, Cristiane, Bia, Maria, Adriana, João, Manu, Alex, Malu, Miguel, Camila, Juliana, Diego e Diogo – agradeço por todo amor e apoio.

Aos meus amigos da Secretaria da Fazenda – Gleide, Ana, Matheus, Felipe, Luana, Elmo, Roberto, Tereza, Dora, Igor e Simone – agradeço pelo companheirismo, carinho e incentivo diário.

Aos queridos Pe. Adilson e Pe. Jailson, agradeço pelos conselhos e orações.

À família do grupo de jovens Águias de Cristo e aos irmãos da Paróquia Divino Espírito Santo, expresso minha gratidão pela comunhão espiritual, solidariedade e pelas orações que fortaleceram meu espírito ao longo deste processo.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, agradeço a todos os funcionários e

professores que compartilharam seu conhecimento. Sou grata pela oportunidade de aprendizado e crescimento intelectual. Cada aula, cada orientação e cada desafio foram peças fundamentais na construção deste trabalho.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para este feito, meu sincero agradecimento. Este é um momento de celebração compartilhado com aqueles que tornaram possível a concretização deste sonho acadêmico. Que este trabalho possa ser não apenas um reflexo do aprendizado adquirido, mas também uma expressão de gratidão a todos que fizeram parte desta jornada.

“Em tudo dai graças, porque esta é a vontade de Deus em Cristo Jesus para convosco.” (1 Tessalonicenses 5,18)

“Sim, meu Bem-amado!

Assim se consumirá a minha vida. . . Não tenho outro meio de Te provar o meu amor, senão o de lançar flores, isto é, não deixar escapar nenhum pequeno sacrifício, nenhum olhar, nenhuma palavra; aproveitar todas as mais pequenas coisas e fazê-las por amor. . . Quero sofrer por amor e gozar por amor. Assim lançarei flores diante do teu trono. Não encontrarei nenhuma sem a desfolhar para Ti.”

Santa Teresinha do Menino Jesus
(História de uma Alma, Ms B 4r^o-v^o)

Resumo

O Brasil passou por um notável processo de urbanização, transformando-se de um país predominantemente rural para uma nação majoritariamente urbana em apenas 50 anos, com aproximadamente 82% da população residindo em áreas urbanas. No entanto, essa rápida urbanização, muitas vezes desordenada, gerou desafios complexos para a mobilidade urbana e a acessibilidade nos espaços públicos. Entre esses desafios, destacam-se questões de caminhabilidade e acessibilidade, cruciais para a qualidade dos espaços pedestres e para a inclusão de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Essas dimensões, associadas à mobilidade ativa, oferecem benefícios como a redução do tráfego de veículos, das emissões de poluentes, e o estímulo à interação social e à atividade física, contribuindo para a qualidade de vida da população. A presente dissertação propõe uma metodologia inovadora de mapeamento da caminhabilidade e acessibilidade urbana com o uso de imagens de nível de rua (Street View Images - SVI). Essas imagens permitem uma análise detalhada da infraestrutura para pedestres, facilitando a identificação de obstáculos e pontos críticos que limitam a mobilidade. Para tanto, o estudo adapta e aplica o Índice de Caminhabilidade (ICam 2.0) do Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP) a uma abordagem virtual, voltada para avaliar a qualidade das calçadas e das travessias, com especial foco na acessibilidade como elemento essencial da caminhabilidade. Isso visa assegurar que todos, incluindo aqueles com mobilidade limitada, possam circular pelos espaços urbanos de forma segura e independente. A metodologia adotada organiza-se em etapas que incluem a definição da área de estudo, a escolha de indicadores de caminhabilidade e a coleta de dados por meio das SVI. A validação in loco dos resultados obtidos virtualmente também foi realizada para garantir a confiabilidade dos dados. O uso de SVI permite a obtenção de informações visuais detalhadas sobre o ambiente urbano, possibilitando a avaliação da qualidade da infraestrutura pedestre sem necessidade de deslocamento físico. Os resultados da pesquisa revelaram que a área de estudo apresenta uma caminhabilidade classificada como “suficiente”, apontando para a necessidade de intervenções a médio prazo para aprimorar a acessibilidade urbana. Além disso, a validação em campo apresentou resultados próximos aos obtidos pela análise virtual, indicando a eficácia e o potencial do uso de auditorias técnicas virtuais com SVI. A pesquisa conclui que a aplicação desse método oferece uma ferramenta prática, de baixo custo e atualizável para o planejamento urbano, com potencial para fornecer diagnósticos precisos sobre a caminhabilidade e acessibilidade urbana. Essa abordagem tem potencial para suportar políticas públicas que promovam a mobilidade ativa e a inclusão social, contribuindo para o desenvolvimento de cidades mais caminháveis e acessíveis para toda a população.

Palavras-chave: Caminhabilidade. Acessibilidade urbana. Imagens de nível de rua. Planejamento urbano

Abstract

Brazil has experienced a remarkable process of urbanization, transforming from a predominantly rural country to a largely urban nation in just 50 years, with approximately 82% of the population now living in urban areas. However, this rapid and often unplanned urbanization has posed complex challenges to urban mobility and public space accessibility. Key issues include walkability and accessibility, which are crucial for the quality of pedestrian spaces and the inclusion of people with disabilities or reduced mobility. These aspects, associated with active mobility, offer benefits such as reducing vehicle traffic and emissions while promoting social interaction and physical activity, thereby improving the population's quality of life. This dissertation proposes an innovative methodology for mapping urban walkability and accessibility through the use of Street View Images (SVI). These images enable a detailed analysis of pedestrian infrastructure, facilitating the identification of obstacles and critical points that limit mobility. The study adapts and applies the Walkability Index (ICam 2.0) from the Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) in a virtual approach designed to assess the quality of sidewalks and crosswalks, emphasizing accessibility as an essential component of walkability. This ensures that all individuals, including those with limited mobility, can safely and independently navigate urban spaces. The adopted methodology is organized in steps that include defining the study area, selecting walkability indicators, and collecting data via SVI. On-site validation of virtually obtained results was also conducted to ensure data reliability. Using SVI allows for the acquisition of detailed visual information about the urban environment, enabling an assessment of pedestrian infrastructure quality without the need for physical presence. The study results revealed that the study area has a walkability index classified as "sufficient," highlighting the need for medium-term interventions to improve urban accessibility. Moreover, field validation produced results close to those obtained through virtual analysis, indicating the efficacy and potential of virtual technical audits with SVI. The research concludes that applying this method offers a practical, low-cost, and updatable tool for urban planning, with the potential to provide accurate diagnostics on urban walkability and accessibility. This approach can support public policies that promote active mobility and social inclusion, contributing to the development of more walkable and accessible cities for all.

Keywords: *Walkability. Urban Accessibility. Street View Images. Urban Planning.*

Lista de ilustrações

Figura 1 – Figura 1 – Distribuição percentual das viagens por modos de transporte (2018)	24
Figura 2 – Categorias do Índice de Caminhabilidade 2.0	38
Figura 3 – Faixas de uso da calçada – Corte	48
Figura 4 – Rebaixamentos de calçada – Vista superior	49
Figura 5 – Margens que as imagens do nível de rua têm sobre as derivadas de plataformas aéreas.	52
Figura 6 – Sistema R2 Street View	53
Figura 7 – Composição de uma panorâmica do SVI	54
Figura 8 – Relação entre as coordenadas esféricas e projetadas na imagem equirectangular	55
Figura 9 – Conceito inicial Street View.	56
Figura 10 – Fluxograma da metodologia virtual	58
Figura 11 – Fluxograma da metodologia de validação	61
Figura 12 – Mapa de localização da área de estudo	64
Figura 13 – Adaptação das categorias e indicadores do ICam 2.0	66
Figura 14 – Requisitos para o indicador Iluminação (levantamento alternativo).	72
Figura 15 – Mapa Temático do indicador Largura	82
Figura 16 – Segmento da Rua Dom Marcos Teixeira com largura crítica	83
Figura 17 – Segmento da Rua Professor Lemos Brito sem calçada	83
Figura 18 – Segmento da Rua Dom Marcos Teixeira	84
Figura 19 – Segmento da Rua Travessa Marquês de Caravelas	84
Figura 20 – Mapa Temático do indicador Pavimentação	85
Figura 21 – Segmento da Rua Professor Fernando Luz	86
Figura 22 – Segmento da Rua Afonso Celso	86
Figura 23 – Mapa Temático do indicador Dimensão das Quadras	87
Figura 24 – Segmento das ruas Raul Drummond e Doutor João Pondé	88
Figura 25 – Segmento das ruas Almirante Marquês de Leão, Leoni Ramos e Miguel Burnier	89
Figura 26 – Mapa Temático do indicador Distância a Pé ao Transporte	90
Figura 27 – Mapa Temático do indicador Fachadas Fisicamente Permeáveis	91
Figura 28 – Segmento da Rua Carlos Chiacchio	92
Figura 29 – Segmento da Rua Marquês de Caravelas	92
Figura 30 – Mapa Temático do indicador Fachadas Visualmente Ativas	93
Figura 31 – Mapa Temático do indicador Usos Mistos	94
Figura 32 – Segmento da Avenida Oceânica	95
Figura 33 – Largo do Porto da Barra	95
Figura 34 – Mapa Temático do indicador Tipologia da Rua	96
Figura 35 – Mapa Temático do indicador Travessia	97
Figura 36 – Mapa Temático do indicador Iluminação	98

Figura 37 – Mapa Temático do indicador Sombra e Abrigo	99
Figura 38 – Segmento da Rua Belo Horizonte	100
Figura 39 – Segmento da Rua Florianópolis	100
Figura 40 – Mapa Temático do indicador Coleta de Lixo	101
Figura 41 – Segmento da Rua Eduardo Diniz Gonçalves	102
Figura 42 – Segmento da Rua Dr. Artur Neiva	102
Figura 43 – Mapa Temático do indicador Piso Tátil	103
Figura 44 – Mapa Temático do indicador Obstáculo	104
Figura 45 – Mapa Temático do indicador Rampa	105
Figura 46 – Melhorias na Rua Afonso Celso	108
Figura 47 – Melhorias na Rua Marquês de Caravelas	109
Figura 48 – Melhorias na Rua Airosa Galvão	110

Lista de quadros

Quadro 1 – Indicadores utilizados na Metodologia de Fruin	33
Quadro 2 – Atos Administrativos brasileiros a dispor sobre acessibilidade	43
Quadro 3 – Requisitos para o indicador travessia	70
Quadro 4 – Requisitos para o indicador Coleta de Lixo e Limpeza.	73

Lista de gráficos

Gráfico 1 – Classificação das notas das categorias	81
Gráfico 2 – Classificação das notas das categorias - Validação	107

Lista de tabelas

Tabela 1 – Pontuações e as respectivas avaliações das categorias e indicadores	80
Tabela 2 – Pontuações e as respectivas avaliações das categorias e indicadores.	106

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HCM	Hemoglobina Corpuscular Média
IBDD	Instituto Brasileiro dos Direitos da Pessoa com Deficiência
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICam	Índice de Caminhabilidade
INDE	Instituto Nacional de Desenvolvimento de Educação
ITDP	Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento
LIDAR	Light Detection and Ranging
NBR	Norma Brasileira
NEWS	Neighborhood Environment Walkability Scale
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PDDU	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.
PMU	Prefeitura Municipal de Uberlândia
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
QGIS	Quantum Gis
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SVI	Street View Images

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Problema de pesquisa	19
1.2	Objetivo geral	19
1.3	Objetivos específicos	19
1.4	Justificativa	19
1.5	Estrutura da dissertação	21
2	REVISÃO DA LITERATURA	23
2.1	Mobilidade Urbana	23
2.2	A Lei Brasileira de Mobilidade, Lei n.º 12.587	25
2.3	Mobilidade Ativa	26
2.4	O Pedestre e os Espaços Urbanos	27
2.5	Caminhabilidade	28
2.6	Microacessibilidade e Macroacessibilidade	29
2.7	Índices e Indicadores	30
2.8	Metodologias de Avaliação da Caminhabilidade	31
2.8.1	Metodologia de Fruin -1971	32
2.8.2	Metodologia de Bradshaw -1993	33
2.8.3	Metodologia de Khisty - 1994	34
2.8.4	Metodologia Sarkar – 1995	35
2.8.5	Metodologia de Dixon – 1996	36
2.8.6	Metodologia de Krambeck - 2006	36
2.8.7	Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP) - 2016	37
2.8.8	ICam 2.0 - Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP) - 2018	38
2.9	Desenho Universal	39
2.9.1	Os Princípios do Desenho Universal	40
2.10	Legislação Brasileira Sobre Acessibilidade	41
2.11	Legislação Estadual e Municipal sobre Acessibilidade	43
2.12	Norma Brasileira 9050	44
2.12.1	Norma Brasileira 9050/1985	45
2.12.2	Norma Brasileira 9050/1994	45
2.12.3	Norma Brasileira 9050/2004	46
2.12.4	Norma Brasileira 9050/2015	46
2.12.5	Norma Brasileira 9050/2020	46
2.12.5.1	Definição de Calçada	47
2.12.5.2	Dimensão da calçada	47
2.12.5.3	Rebaixamento de calçadas	48

2.12.5.4	Revestimentos	49
2.12.5.5	Sinalização tátil no piso	49
2.13	Informações geoespaciais remotas	50
2.14	As Imagens de Nível de Rua	52
2.15	Obtenção das Imagens de Nível de Rua	53
2.16	<i>O Google Street View</i>	55
3	PROPOSTA METODOLÓGICA	58
3.1	Metodologia para o Mapeamento Virtual	58
3.1.1	Definição da Área de Estudo	58
3.1.2	Definição dos Indicadores de Caminhabilidade	59
3.1.3	Definição da Unidade Básica de Coleta de Dados	59
3.1.4	Espacialização dos Vetores	59
3.1.5	Coleta de Dados nas Imagens de Nível de Rua e Avaliação Técnica Virtual .	59
3.1.5.1	Escolha da Plataforma	59
3.1.5.2	Procedimento de Coleta	60
3.1.6	Integração dos Dados Coletados	60
3.1.7	Cálculo do Índice de Caminhabilidade (Virtual)	60
3.1.8	Análise da Caminhabilidade (virtual)	60
3.2	Metodologia de Validação	60
3.2.1	Cálculo do Tamanho da Amostra	61
3.2.2	Seleção Aleatória dos Segmentos	62
3.2.3	Coleta de Dados em Campo	62
3.2.4	Cálculo do Índice de Caminhabilidade (Campo)	62
3.2.5	Análise Comparativa e Discussão dos Resultados	63
4	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	64
4.1	Caracterização da área de estudo	64
4.2	Definição dos indicadores de caminhabilidade	65
4.3	Descrição dos indicadores	66
4.3.1	Calçada	67
4.3.2	Mobilidade	68
4.3.3	Segurança Viária	68
4.3.4	Atração	70
4.3.5	Segurança pública	72
4.3.6	Ambiente	72
4.3.7	Acessibilidade	73
4.4	Definição da Unidade Básica de Coleta de Dados	74
4.5	Espacialização dos Vetores	75
4.6	Coleta de Dados nas Imagens de Nível de Rua e Avaliação Técnica Virtual	75

4.7	Cálculo do Índice de Caminhabilidade	76
4.8	Validação da Metodologia	77
4.8.1	Definição do tamanho da amostra	77
4.8.2	Seleção aleatória das feições	78
4.8.3	Coleta de Dados	78
4.8.4	Cálculo do Índice de Caminhabilidade (Campo)	79
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
5.1	Índice de Caminhabilidade	80
5.1.1	Categoria Calçada	81
5.1.2	Categoria Mobilidade	86
5.1.3	Categoria Atração	90
5.1.4	Categoria Segurança Viária	95
5.1.5	Segurança Pública	97
5.1.6	Categoria Ambiente	98
5.1.7	Categoria Acessibilidade	102
5.2	Validação da metodologia	105
5.2.1	Índice de Caminhabilidade	105
5.2.2	Análise da Validação	107
5.3	Avaliação da utilização das Street view images	111
5.3.1	As Vantagens	111
5.3.2	As Desvantagens	112
6	CONCLUSÃO	113
	REFERÊNCIAS	115

1 INTRODUÇÃO

O Brasil passou por um acelerado processo de urbanização, transformando-se de um país predominantemente rural em um país urbano em apenas 50 anos. Atualmente, cerca de 82% da população brasileira vive em cidades. Essa rápida e desordenada urbanização, sem o devido planejamento, gerou diversos problemas, entre os quais se destacam os relacionados à mobilidade.

Historicamente, o deslocamento a pé era a principal forma de vencer distâncias nas cidades, com os pedestres sendo os protagonistas das ruas. Contudo, o crescimento desorganizado das áreas urbanas aumentou as distâncias percorridas, tornando o uso de automóveis e veículos motorizados cada vez mais necessário. Esse processo foi impulsionado no início do século XX, quando o incentivo ao uso de veículos era visto como uma estratégia para o crescimento econômico e social, uma vez que a produção de automóveis gerava empregos e renda para as cidades.

Entretanto, o descuido com questões de saúde e meio ambiente levou a uma revisão dessas práticas, resultando em uma nova perspectiva sobre o desenvolvimento urbano, mais centrada na qualidade de vida. Nesse contexto, diversas pesquisas evidenciam a caminhabilidade como uma importante estratégia para o desenvolvimento sustentável das cidades. A caminhabilidade, além de reduzir o tráfego de veículos e a emissão de poluentes, contribui significativamente para a saúde física e mental da população, ao incentivar a prática de atividades físicas e a interação social.

O conceito de caminhabilidade, derivado do termo em inglês *walkability*, refere-se à qualidade dos espaços urbanos e à sua influência no deslocamento dos pedestres. Esse termo surgiu em 2002, com o desenvolvimento da *Neighborhood Environment Walkability Scale* (NEWS) pela Universidade da Califórnia, em San Diego, nos Estados Unidos. O instrumento foi criado para avaliar como a percepção do ambiente pelos pedestres influencia a prática de atividades físicas (Saelens e Sallis et al., 2002).

Segundo Ghidini (2011), a caminhabilidade pode ser definida como “uma qualidade do lugar, o caminho que permite ao pedestre uma boa acessibilidade às diferentes partes da cidade, garantindo isso a crianças, idosos, pessoas com dificuldades de locomoção e todos os outros”. Para avaliar essa qualidade, é essencial considerar as particularidades dos pedestres, incluindo a acessibilidade como um dos principais componentes dos índices para avaliação da caminhabilidade.

A acessibilidade, no que lhe concerne, é a garantia de que todos os cidadãos – incluindo idosos, gestantes, obesos, pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida – possam usufruir dos espaços públicos com segurança e autonomia. Segundo o Censo de 2010, aproximadamente 45,6 milhões de brasileiros, ou 23,9% da população, apresentavam algum tipo de deficiência (IBGE, 2012). No entanto, como apontado por Leite (2012), as cidades brasileiras ainda estão repletas de barreiras à acessibilidade, especialmente para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida.

Entre os obstáculos mais comuns estão as calçadas desniveladas, os revestimentos inadequados, a pavimentação deteriorada, a falta de acessibilidade em prédios e a ineficiência dos sistemas de transporte público.

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), instituída pela Lei n.º 12.587, de 2012, foi criada para enfrentar esses desafios, estabelecendo princípios de acessibilidade universal e segurança nos deslocamentos. Entre suas diretrizes, destaca-se a priorização do transporte não motorizado e o incentivo ao desenvolvimento científico e tecnológico, visando melhorar as condições de acessibilidade e mobilidade da população, promovendo o desenvolvimento sustentável das cidades (Brasil, 2012).

Diante deste cenário, esta pesquisa propõe uma metodologia virtual para mapear a caminhabilidade associada à acessibilidade. Para isso, será adaptado e aplicado o Índice de Caminhabilidade 2.0 (ICam 2.0), proposto pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP), utilizando imagens de nível de rua, conhecidas como *street view images* (SVI), em um processo de avaliação técnica virtual.

Esse método pode trazer contribuições significativas para o planejamento urbano ao fornecer dados detalhados sobre a infraestrutura para pedestres e identificar barreiras que limitam a mobilidade, especialmente para pessoas com deficiência. A aplicação desse método pode apoiar a formulação de políticas públicas mais eficazes, que promovam intervenções direcionadas à melhoria da acessibilidade, beneficiando toda a população e, em particular, aqueles que enfrentam mais dificuldades de mobilidade.

As *street view images* são utilizadas em serviços de mapas na *web*, fornecendo imagens georreferenciadas e uma visualização imersiva que permite aos usuários explorar o ambiente urbano sem a necessidade de estar fisicamente presente no local. Essas imagens capturam informações visuais detalhadas das ruas e espaços urbanos, com controles geoespaciais.

O mapeamento da caminhabilidade com base nas *street view images* pode se tornar uma ferramenta valiosa para o planejamento urbano e a promoção da mobilidade ativa. A partir da análise dessas imagens, é possível avaliar a qualidade da infraestrutura para pedestres, identificar obstáculos e pontos de conflito, e verificar a acessibilidade de calçadas e travessias. Isso facilita a implementação de intervenções mais eficazes para melhorar a mobilidade a pé.

A realização de um mapeamento virtual oferece diversas vantagens tanto para o poder público quanto para a sociedade. A atualização frequente das informações possibilita uma gestão mais eficiente dos recursos e serviços públicos. Além disso, o método apresenta um custo reduzido em comparação a outras formas de mapeamento, tornando-o acessível a diferentes setores da sociedade.

Por fim, os resultados desta pesquisa visam caracterizar a caminhabilidade da área de estudo, identificar os segmentos mais críticos e fornecer um diagnóstico dos problemas que limitam a mobilidade das pessoas. Além disso, o estudo avaliará as desconformidades em relação às legislações de acessibilidade vigentes, contribuindo para a promoção de cidades mais inclusivas e sustentáveis.

1.1 Problema de pesquisa

Atualmente, a avaliação da qualidade das calçadas e da caminhabilidade nos espaços urbanos apresenta desafios significativos, uma vez que a obtenção de indicadores eficazes é muitas vezes morosa e depende de metodologias tradicionais, que podem ser limitadas em abrangência e eficiência. Essa dificuldade impacta diretamente na análise da acessibilidade urbana, especialmente no que tange à mobilidade de pedestres e à inclusão social.

A carência de metodologias rápidas e eficientes para o mapeamento e avaliação da caminhabilidade exige soluções inovadoras. Nesse sentido, o uso de *street view images* e técnicas de análise geoespacial surge como uma abordagem promissora para suprir essa lacuna, possibilitando a coleta de dados e a geração de indicadores de forma mais ágil e precisa.

Portanto, o problema de pesquisa a ser investigado é: Como utilizar *street view images* para propor uma metodologia eficiente de mapeamento da acessibilidade e de avaliação da qualidade das calçadas em ambientes urbanos?

1.2 Objetivo geral

Propor uma metodologia inovadora para o mapeamento da caminhabilidade urbana, utilizando a avaliação técnica em *street view images*, a fim de identificar e analisar de forma eficiente a qualidade das calçadas e a acessibilidade dos espaços urbanos.

1.3 Objetivos específicos

- 1) Adaptar e aplicar o índice de caminhabilidade 2.0 do ITDP;
- 2) Caracterizar a caminhabilidade na região de estudo por meio da aplicação do Icam 2.0;
- 3) Validar o método de avaliação virtual comparando com o resultado de uma avaliação in loco;
- 4) Avaliar o potencial e as limitações da utilização da avaliação técnica virtual em imagens de nível de rua, conhecidas por *street view image* (SVI) para mapeamento da acessibilidade e caminhabilidade.

1.4 Justificativa

Pedestres são indivíduos que se deslocam a pé, incluindo crianças, adultos e idosos, com diferentes capacidades de percepção e agilidade. Esses pedestres podem apresentar limitações físicas e sensoriais, além de restrições temporárias ou permanentes de locomoção, como o transporte de carrinhos de bebês, carrinhos de compras, uso de cadeira de rodas ou o ato de carregar crianças no colo.

As particularidades do deslocamento de pedestres e as condições do espaço urbano que favorecem a caminhada atraem a atenção de um número crescente de estudiosos nas últimas décadas. Nesse contexto, o conceito de caminhabilidade tem ganhado destaque nas discussões sobre mobilidade, planejamento e desenho urbano (ITDP, 2019).

A existência de um índice que avalie a qualidade dos espaços públicos e calçadas destinados aos pedestres possibilita a identificação de trechos viários onde esses indivíduos estão mais expostos ao risco de acidentes e ao desconforto (Ferreira & Sanches, 2001). Nesse sentido, Methorst et al. (2010) ressaltam que, para criar espaços urbanos amigáveis ao pedestre, é necessário compreender suas necessidades, desejos e habilidades, bem como as características do deslocamento a pé. Somente após essa compreensão é possível formular boas políticas públicas e projetar, construir e manter instalações adequadas para pedestres e residentes. A mensuração dessas características é, portanto, essencial para entender melhor tanto os pedestres quanto o espaço urbano em que circulam.

O conceito de caminhabilidade está diretamente relacionado à qualidade dos espaços de circulação dos pedestres e exerce um impacto significativo na valorização de cidades, bairros e imóveis. Regiões com alta caminhabilidade tendem a atrair maior interesse de moradores e investidores, promovendo a valorização imobiliária e gerando benefícios econômicos e sociais para a cidade. Além disso, esses espaços incentivam a permanência da população, estimulam o comércio local e contribuem para a dinamização da economia urbana (Speck, 2016).

Boas práticas de planejamento urbano devem ser baseadas em informações confiáveis, obtidas a partir de ferramentas de medição apropriadas. O índice de caminhabilidade, quando combinado a outros fatores, pode determinar os pontos prioritários para intervenções voltadas à melhoria da qualidade dos espaços públicos.

Há uma crescente aplicação de auditorias técnicas virtuais para avaliar a caminhabilidade e acessibilidade das calçadas, e uma das alternativas é o uso de *street view images*. As SVI são especialmente úteis por fornecerem imagens do ponto de vista do pedestre, permitindo uma análise precisa das condições do ambiente urbano. Por meio dessas auditorias, é possível identificar barreiras arquitetônicas que dificultam o deslocamento dos pedestres, como rampas inadequadas, áreas com iluminação precária e ruas com desníveis. Esse tipo de auditoria técnica virtual oferece uma visão detalhada dos problemas, facilitando o planejamento de intervenções urbanísticas voltadas à melhoria da caminhabilidade.

Ademais, o uso de auditoria técnica virtual apresenta uma alternativa rápida e de baixo custo para a análise do ambiente urbano em comparação a métodos mais tradicionais. Esse tipo de auditoria também possibilita a realização de atualizações frequentes, garantindo que os dados possam ser facilmente ajustados e adaptados às constantes mudanças do espaço urbano.

Nesse contexto, foi aplicada uma auditoria técnica virtual para a avaliação da caminhabilidade por meio de imagens *street view*, seguindo as diretrizes estabelecidas pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. Em seguida, os resultados obtidos pelo índice foram analisados, considerando as vantagens e desvantagens do uso dessas imagens para esse fim.

1.5 Estrutura da dissertação

Capítulo 1 – Introdução

Este capítulo contextualiza o tema da pesquisa, destacando os desafios enfrentados pelos pedestres, em especial aqueles com limitações físicas ou sensoriais. Discute-se a importância do planejamento urbano para a criação de espaços mais inclusivos e acessíveis. Além disso, são delineados os objetivos geral e específicos da pesquisa, assim como sua justificativa, evidenciando a relevância do estudo no campo da mobilidade urbana e da acessibilidade.

Capítulo 2 – Revisão da Literatura

Neste capítulo, realiza-se uma revisão crítica da literatura, abrangendo conceitos fundamentais sobre caminhabilidade e acessibilidade, além de métodos de avaliação e índices utilizados em diferentes contextos urbanos. A revisão oferece a base teórica necessária para o desenvolvimento da metodologia proposta, analisando as principais abordagens acadêmicas e metodológicas já empregadas para a avaliação da caminhabilidade.

Capítulo 3 – Proposta Metodológica

Este capítulo apresenta a proposta metodológica desenvolvida para esta pesquisa. Primeiramente, descreve-se o método de auditoria técnica virtual, que usa imagens do *Street View* como ferramenta principal para a avaliação da caminhabilidade. Em seguida, são apresentados os critérios para a seleção da área de estudo, os parâmetros de análise e as variáveis utilizadas na formulação do índice de caminhabilidade. A proposta metodológica ainda inclui a definição dos procedimentos de coleta e análise de dados, assim como as técnicas e softwares que serão utilizados para o tratamento de dados geoespaciais.

Capítulo 4 – Aplicação da Metodologia

Neste capítulo, a aplicação prática da metodologia utilizando o índice de caminhabilidade 2.0, em uma área previamente selecionada. Descreve-se o contexto geográfico e urbano da região, destacando suas principais características. São apresentados os resultados da auditoria técnica virtual, baseada na análise de imagens do *street view*, com foco na identificação de barreiras arquitetônicas, problemas de manutenção das calçadas e outros fatores que comprometem a mobilidade dos pedestres.

Capítulo 5 – Análise Crítica dos Resultados e Propostas de Intervenção

Neste capítulo, os resultados obtidos pela aplicação do índice de caminhabilidade são analisados de forma crítica. Discutem-se as potencialidades e limitações da metodologia, com ênfase no uso de imagens *Street View* como ferramenta de avaliação remota. Também são propostas intervenções urbanísticas que visam à melhoria da caminhabilidade na área de estudo, fundamentadas nas deficiências identificadas durante a auditoria técnica virtual.

Capítulo 6 – Conclusões

O capítulo final sintetiza as principais descobertas e contribuições da pesquisa. Destaca-se o papel do índice de caminhabilidade como ferramenta para apoiar o planejamento urbano e promover a criação de ambientes mais acessíveis e inclusivos. As conclusões enfatizam os

avanços metodológicos alcançados e sugerem possíveis aplicações do índice em outros contextos urbanos, reforçando a relevância da pesquisa para o desenvolvimento de cidades mais caminháveis e inclusivas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão explanados análise crítica de estudos, artigos e outras produções científicas relacionadas ao mapeamento virtual para mapeamento da caminhabilidade e acessibilidade urbana com *street view images*. O objetivo é mapear o que já foi produzido na área, identificar conceitos, lacunas e debates.

2.1 Mobilidade Urbana

À medida que as cidades crescem e se desenvolvem, o congestionamento do tráfego surge como uma preocupação cada vez mais relevante. O aumento contínuo da frota de veículos resulta em congestionamentos, que geram impactos negativos tanto para a qualidade de vida da população quanto para o meio ambiente. Esse cenário é agravado pelo desenvolvimento urbano desordenado, que afeta de forma significativa os sistemas de transporte, tornando as cidades menos acessíveis para uma parcela considerável de seus habitantes (Pacífico et al., 2022).

A mobilidade urbana, conforme definida pelo Ministério das Cidades (2006), refere-se à “condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano, envolvendo os diferentes modos de transporte e suas interações no sistema viário” (Brasil, 2006). Essa definição enfatiza a importância da mobilidade para o funcionamento eficiente das cidades, englobando tanto o deslocamento de pessoas quanto de mercadorias. A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), instituída pela Lei n.º 12.587/2012, visa assegurar o direito de deslocamento adequado, seguro e acessível à população, integrando transporte, trânsito e sustentabilidade no planejamento urbano (Brasil, 2012).

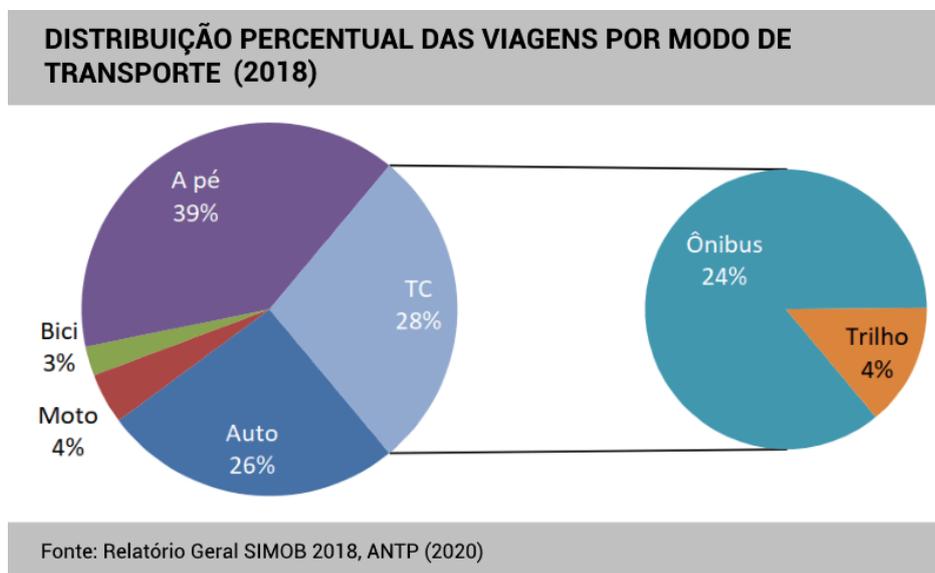
A mobilidade urbana envolve, portanto, o deslocamento diário das pessoas para atender a suas necessidades de trabalho, educação, saúde, lazer e cultura. Esses deslocamentos podem ocorrer por meio de transporte a pé, não motorizado (bicicletas, por exemplo) ou motorizado, tanto individual quanto coletivo. Rodrigues (2012) destaca que o conceito de mobilidade está intrinsecamente relacionado ao direito de ir e vir, que deve garantir segurança e conforto aos cidadãos. Por outro lado, Pontes (2010) associa a mobilidade à liberdade de circulação e à acessibilidade aos meios de transporte disponíveis, ressaltando a importância da infraestrutura adequada para o deslocamento dos indivíduos.

O estudo de Pacífico et al. (2022) explora os desafios enfrentados pelos municípios na elaboração de Planos de Mobilidade Urbana (PMU). Embora a Lei nº 12.587/2012 tenha representado um avanço em direção a uma mobilidade sustentável, muitos municípios ainda enfrentam obstáculos práticos e institucionais na elaboração de seus planos. As principais barreiras incluem a falta de recursos financeiros, a escassez de mão de obra qualificada e a segmentação dos setores responsáveis pela mobilidade, dificultando o fluxo de informações e a adoção de soluções integradas. Conforme os dados analisados, 50% dos municípios estudados já concluíram seus PMUs, enquanto 33,3% estão em fase de elaboração, e 16,7% ainda não

iniciaram o processo (Pacífico et al., 2022).

Adicionalmente, a Associação Nacional de Transporte Público (ANTP) relatou que, em 2018, o número de deslocamentos nas cidades com mais de 60 mil habitantes alcançou 67 bilhões de viagens, sendo 42% realizadas por transporte não motorizado, 30% por transporte individual motorizado e 28% por transporte público, como mostrado na Figura 1. Esses dados reforçam a importância de investimentos em modos sustentáveis de transporte, como o uso de bicicletas e a promoção da caminhabilidade. No entanto, conforme observado por Pacífico et al. (2022), a falta de infraestrutura adequada, como calçadas com dimensionamento correto e acessibilidade universal, continua sendo um desafio.

Figura 1 – Distribuição percentual das viagens por modos de transporte (2018)



Relatório Geral SIMOB, ANTP (2020)

A implementação de políticas de mobilidade urbana eficiente e sustentável é essencial para o desenvolvimento equilibrado das cidades. Isso exige a superação de barreiras financeiras, institucionais e tecnológicas, conforme observado em vários estudos (Lin et al., 2023; Pacífico et al., 2022). A integração de tecnologias avançadas e a coleta de dados confiáveis sobre mobilidade também desempenham um papel crucial na otimização dos sistemas de transporte e na promoção de soluções inovadoras que atendam às necessidades crescentes de deslocamento urbano.

Dessa forma, a busca por uma mobilidade urbana que equilibre qualidade de vida, acessibilidade, preservação ambiental e inclusão social deve ser prioridade para os gestores urbanos. A elaboração de Planos de Mobilidade Urbana eficazes, aliados a políticas públicas comprometidas com a sustentabilidade, pode proporcionar cidades mais acessíveis e eficientes para todos os seus habitantes.

2.2 A Lei Brasileira de Mobilidade, Lei n.º 12.587

A Lei n.º 12.587, de 3 de janeiro de 2012, institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana no Brasil, estabelecendo um conjunto de princípios e diretrizes com o propósito de promover melhorias na mobilidade urbana. Essa legislação atribui especial relevância aos deslocamentos sustentáveis, com destaque para os deslocamentos a pé.

Além de definir os princípios gerais, a Lei n.º 12.587/2012 apresenta diretrizes que visam garantir o acesso universal às cidades, assegurando o direito à circulação, à segurança nos deslocamentos, à sustentabilidade, à equidade no uso do espaço público, e ao acesso a serviços essenciais. Essas diretrizes buscam orientar a implementação de políticas e ações que promovam uma mobilidade urbana mais eficiente, sustentável e inclusiva.

Entre as diretrizes principais destacam-se:

- 1) **Prioridade ao transporte coletivo:** A legislação determina a necessidade de priorizar o transporte coletivo, visando melhorar a qualidade dos serviços, ampliar a oferta e promover a integração entre os diferentes modos de transporte, de maneira a oferecer alternativas viáveis e acessíveis para os deslocamentos urbanos.
- 2) **Incentivo aos modos de transporte não motorizados:** A lei incentiva o uso de modos de transporte não motorizados, como a caminhada e o ciclismo, por meio da construção de infraestrutura segura e adequada, como ciclovias e calçadas acessíveis. Esse incentivo visa promover a saúde pública e a sustentabilidade ambiental.
- 3) **Integração entre os diferentes modos de transporte:** A integração entre ônibus, metrô, bicicletas e veículos motorizados individuais é outro ponto-chave da legislação, buscando facilitar a mobilidade urbana e garantir opções diversificadas de deslocamento para a população.
- 4) **Acessibilidade universal:** A lei assegura que o transporte público deve ser acessível a todas as pessoas, independentemente de suas condições físicas, sensoriais ou cognitivas. Isso inclui a adaptação de ônibus, metrô e trens, além da criação de calçadas e rampas que garantam a acessibilidade.
- 5) **Gestão democrática:** A legislação enfatiza a importância da gestão democrática no planejamento e fiscalização do transporte público, promovendo a participação da sociedade civil, dos usuários e dos trabalhadores do setor na tomada de decisões e na formulação de políticas.
- 6) **Uso do solo urbano:** A lei estabelece a integração entre as políticas de transporte e uso do solo, com o intuito de reduzir a necessidade de grandes deslocamentos, promovendo uma maior proximidade entre as atividades cotidianas dos cidadãos.

Essas diretrizes visam tornar as cidades mais acessíveis, seguras, sustentáveis e inclusivas para todos, orientando as políticas públicas de mobilidade urbana e contribuindo para a melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas.

2.3 Mobilidade Ativa

A mobilidade urbana é um dos pilares centrais no desenvolvimento de cidades sustentáveis, refletindo diretamente na qualidade de vida e no acesso equitativo aos espaços urbanos. Segundo Gehl (2013), o crescimento das cidades deve ser orientado para atender às necessidades humanas, reconhecendo que os indivíduos são os principais agentes na construção e transformação dos espaços urbanos. Nesse contexto, o conceito de mobilidade ativa ganha relevância ao promover deslocamentos que utilizam a energia humana, como a caminhada e o uso de bicicletas, priorizando o transporte não motorizado. A mobilidade ativa também confere especial proteção aos grupos mais vulneráveis, como idosos e pessoas com deficiência (Stein et al., 2024).

A legislação brasileira, por meio da Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012), reconhece a importância dos modos de transporte não motorizados e estabelece a prioridade para esses meios em relação aos motorizados. Essa diretriz, além de incentivar o uso de formas de deslocamento mais sustentáveis, visa à redução de emissões de gases poluentes e ao combate ao sedentarismo (Brasil, 2012). Além disso, o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) também integra a bicicleta como um veículo movido à propulsão humana, reforçando a necessidade de adequação dos espaços urbanos para suportar essa modalidade de transporte (Marino, 2020).

Grant (2013) sugere que a probabilidade de adoção de meios de locomoção não motorizados aumenta significativamente em ambientes urbanos planejados para proporcionar maior segurança e conforto aos seus usuários. Nesse sentido, iniciativas que visam a melhoria dos espaços públicos, como a criação de ciclovias interligadas e a revitalização de calçadas, são essenciais para incentivar a prática de deslocamentos a pé e de bicicleta. O ambiente escolar, por exemplo, é um espaço fundamental para implementar essas intervenções, com a instalação de estacionamentos para bicicletas e zonas de baixa velocidade, conforme destacado por Stein et al. (2024).

Dados recentes reforçam a importância da mobilidade ativa no Brasil. Conforme a ANTP (2020), 39% das viagens realizadas no país em 2018 foram feitas a pé ou por bicicleta, evidenciando a relevância desse meio de transporte para grande parte da população brasileira. A ampliação dessas práticas pode contribuir para a diminuição de emissões de gases de efeito estufa e para a promoção de um ambiente urbano mais sustentável (Barczak; Duarte, 2012).

Além dos benefícios ambientais, a mobilidade ativa também tem impactos positivos na saúde pública. A prática regular de atividades físicas, como a caminhada e o uso da bicicleta, é associada à prevenção de doenças crônicas, como a obesidade, hipertensão e ansiedade, além de promover a saúde cardiorrespiratória. Estudos como o de Silva et al. (2012) demonstram que o

incentivo à mobilidade ativa pode ser mais eficaz do que alguns programas governamentais de estímulo à prática de exercícios físicos, resultando em melhorias significativas na qualidade de vida dos cidadãos.

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2010) recomenda a realização de ao menos 150 minutos semanais de atividade aeróbica, meta que pode ser facilmente alcançada através da adoção de práticas de mobilidade ativa. Essas ações não apenas contribuem para a saúde individual, mas também integram uma agenda mais ampla de promoção do bem-estar social e ambiental, conforme discutido em diversas análises sobre políticas de mobilidade urbana e sustentabilidade (Lako; Gjevori, 2023).

Portanto, a mobilidade ativa é uma ferramenta estratégica para o desenvolvimento de cidades mais humanas, sustentáveis e inclusivas. Ao garantir que os espaços urbanos sejam acessíveis e seguros para todos os cidadãos, especialmente os mais vulneráveis, políticas de incentivo ao transporte ativo podem transformar a dinâmica urbana e promover uma melhor qualidade de vida para todos.

2.4 O Pedestre e os Espaços Urbanos

Pedestres são pessoas que se deslocam a pé, sejam crianças, adultos ou idosos, com diferentes capacidades de percepção e agilidade. Os pedestres podem apresentar limitações físicas como deficiências motoras e de visão; podem ainda ter limitações de locomoção permanentes ou temporárias, como o transporte de carrinhos de bebês, carrinhos de compras, cadeira de rodas e crianças de colo (ITDP, 2018).

A maioria dos deslocamentos no Brasil é feito a pé, tornando a caminhada uma parte essencial de praticamente todas as viagens, mesmo quando a infraestrutura para pedestres é negligenciada.

De acordo com Jacobs (2014), o espaço público é caracterizado como aquele destinado à circulação geral de pedestres. Nessa perspectiva, as ruas urbanas deveriam desempenhar funções diversas além de simplesmente acomodar veículos, e as calçadas deveriam servir a propósitos mais amplos do que apenas fornecer espaço para pedestres. Mas o que se observa no cotidiano é a existência de um intenso conflito entre pedestres e veículos nas ruas, que advém principalmente da quantidade esmagadora de carros, em favor dos quais todas as necessidades dos pedestres, exceto as mínimas, são sacrificadas constante e progressivamente.

Calçadas com dimensões adequadas, arborizadas, niveladas e com um bom nível de acessibilidade proporcionam uma sensação de segurança aos usuários, tornam-se mais acolhedoras, promovem o apoio aos comerciantes locais e contribuem para melhorar a qualidade de vida das pessoas. Por outro lado, a ausência de um pavimento regular, larguras insuficientes e a presença de obstáculos variados (como lixeiras, postes e avanço de muros) afastam os pedestres e restringem o direito de caminhar.

noniCaminhar é um meio saudável e natural de transporte, pois não polui o meio ambiente,

além disso, constitui-se uma importante alternativa de locomoção e precisa ser incluída nos processos de planejamento urbano das cidades (Dagnoni; Pfutzenreuter, 2017). A configuração da calçada pode desempenhar um papel na decisão do pedestre sobre a rota a seguir, no entanto, não é o único elemento considerado. A escolha pode ser influenciada pelo trajeto mais curto, mais agradável, sombreado, aquele que passa por uma loja específica ou por um local percebido como mais seguro.

Ao longo dos anos, o conceito de caminhabilidade tem passado por transformações, concentrando-se cada vez mais em adaptar o ambiente para torná-lo mais agradável de caminhar. Vale ressaltar que a qualidade do ambiente de caminhada é mensurada por atributos do desenho urbano e pode ser definida por fatores físicos, mas a percepção do pedestre deve ser considerada (Pires, 2018).

2.5 Caminhabilidade

A caminhabilidade tem ganhado crescente relevância no planejamento urbano contemporâneo, definida como a facilidade e o estímulo ao deslocamento a pé nas áreas urbanas. O conceito abrange a avaliação da qualidade das calçadas, a segurança, o conforto e a atratividade dos espaços para pedestres.

De acordo com Ferrari de Lima et al. (2021), a caminhabilidade envolve não apenas as características físicas das vias, mas também aspectos subjetivos, como a sensação de segurança e o prazer de caminhar. Ela busca transformar o ambiente urbano em um espaço que favoreça a mobilidade ativa, promovendo a saúde e a qualidade de vida dos cidadãos.

O estudo pioneiro de Bradshaw (1993), amplamente citado pela literatura, foi responsável por formalizar o conceito de caminhabilidade ao desenvolver uma metodologia que avalia as condições das ruas com base em dez categorias, considerando a adequação das calçadas e a segurança dos pedestres. Esse estudo foi fundamental para consolidar a caminhabilidade como uma área de pesquisa importante no contexto da mobilidade urbana, além de ter introduzido o termo que é amplamente utilizado até os dias atuais.

A caminhabilidade, conforme definida pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP), é a medida de como o ambiente urbano promove o deslocamento a pé, incluindo fatores como acessibilidade, conectividade das vias e a qualidade da infraestrutura disponível. Moura et al. (2017) acrescentam que a caminhabilidade pode ser compreendida por meio de sete dimensões, conhecidas como os 7C: conectividade, conveniência, conforto, convivialidade, consciência, coexistência e comprometimento. Esses elementos são essenciais para avaliar o quão amigável e acessível é o espaço urbano para pedestres.

No Brasil, a caminhabilidade é um conceito particularmente relevante, considerando as profundas desigualdades sociais e territoriais que afetam a infraestrutura urbana. Segundo Ferrari de Lima et al. (2021), as condições de caminhabilidade nas grandes cidades brasileiras variam significativamente entre regiões centrais e periféricas, onde a infraestrutura costuma ser

precária. Essa disparidade reflete-se diretamente na qualidade de vida dos moradores, que em áreas com baixa caminhabilidade enfrentam maiores dificuldades para se deslocar a pé e têm menos oportunidades de adotar um estilo de vida ativo. Estudos apontam que regiões com melhor caminhabilidade estão associadas a uma população mais ativa e saudável, enquanto áreas mal estruturadas tendem a contribuir para o sedentarismo e seus problemas de saúde relacionados.

O impacto da caminhabilidade não se restringe apenas à promoção da atividade física. Ela também desempenha um papel crucial na acessibilidade urbana, especialmente para grupos como idosos, crianças e pessoas com mobilidade reduzida. Cruz et al. (2023) destacam que a falta de infraestrutura adequada, como calçadas acessíveis e faixas de pedestres bem sinalizadas, agrava as barreiras enfrentadas por essas populações, limitando seu direito de ir e vir e sua participação plena na sociedade. Esse cenário é agravado pela ausência de políticas públicas voltadas para a melhoria da infraestrutura de mobilidade ativa em áreas urbanas vulneráveis.

A sensação de segurança também é um fator crucial na percepção de caminhabilidade. Estudo de Lima et al. (2021) mostra que ambientes inseguros, seja pela criminalidade ou pela falta de sinalização e infraestrutura adequada, desincentivam o uso das vias urbanas pelos pedestres.

Para Speck (2012), a caminhabilidade ideal deve garantir quatro condições essenciais: o ambiente deve ser proveitoso, seguro, confortável e interessante. Esses fatores influenciam diretamente a disposição das pessoas para caminhar e, conseqüentemente, para adotar um estilo de vida mais saudável.

A caminhabilidade também pode ser vista como um fator essencial para a sustentabilidade urbana. Ao promover o deslocamento a pé, as cidades reduzem a dependência de veículos motorizados, diminuem a emissão de poluentes e aliviam o congestionamento do tráfego. Além disso, áreas urbanas com alta caminhabilidade tendem a ser mais atraentes para investimentos imobiliários, uma vez que são vistas como mais conectadas e acessíveis, tanto para moradores quanto para visitantes.

Em síntese, a caminhabilidade emerge como um conceito central para a construção de cidades mais inclusivas, sustentáveis e saudáveis. No contexto brasileiro, onde a desigualdade urbana ainda é um desafio a ser superado, promover a caminhabilidade significa investir em infraestrutura que privilegie o pedestre e que garanta a todos o direito de se deslocar de maneira segura e confortável pelas áreas urbanas. Para isso, é fundamental a adoção de políticas públicas que visem à melhoria das condições das calçadas, à segurança viária e à criação de ambientes urbanos mais amigáveis e acessíveis, de modo a incentivar o caminhar como uma prática cotidiana e benéfica tanto para a saúde individual quanto para o bem-estar coletivo.

2.6 Microacessibilidade e Macroacessibilidade

A caminhabilidade, entendida como a capacidade do pedestre de se deslocar com segurança e conforto pelo ambiente urbano, está diretamente relacionada à acessibilidade. A acessibilidade, conforme definido por Vasconcellos (1999), refere-se à facilidade de atingir os

destinos desejados e constitui uma medida dos efeitos de um sistema de transporte. Ainda segundo Vasconcellos (2001), a acessibilidade pode ser subdividida em dois conceitos complementares: a macroacessibilidade e a microacessibilidade.

A macroacessibilidade se refere à abrangência espacial do sistema viário e de transporte, com foco nas intervenções em escala urbana e no planejamento de uso do solo. Nesse contexto, o planejamento de transporte é determinante para garantir a conectividade entre diferentes partes da cidade. Para Vasconcellos (2001), a macroacessibilidade pode ser medida em quatro componentes principais: o tempo para acessar o veículo no início da viagem, o tempo de espera pelo veículo, o tempo gasto dentro do veículo e, finalmente, o tempo para o deslocamento entre o ponto final da viagem e o destino.

Em complemento, a microacessibilidade diz respeito às condições locais que facilitam o acesso direto dos pedestres aos meios de transporte e aos destinos imediatos. Litman (2008) destaca que a qualidade da microacessibilidade pode ser fortemente influenciada pela infraestrutura física disponível aos pedestres, pela proximidade e pela distribuição das atividades urbanas, além da qualidade das vias e passeios. A microacessibilidade, portanto, envolve aspectos como o acesso seguro e fácil a estacionamentos, pontos de ônibus ou estações de transporte público.

Vasconcellos (2001) também observa que a microacessibilidade é parte integrante da macroacessibilidade, pois os tempos de deslocamento a pé, antes de acessar o transporte e após a sua utilização, fazem parte do cálculo global da viagem. Dessa forma, a qualidade da infraestrutura para deslocamentos curtos, como calçadas e travessias, influencia diretamente a eficiência da macroacessibilidade urbana.

Além disso, é relevante considerar que a falta de acessibilidade e caminhabilidade adequadas impacta diretamente na mobilidade urbana sustentável e na equidade social, especialmente em cidades de países em desenvolvimento, como o Brasil. Em tais cenários, uma abordagem integrada que considere tanto a macroacessibilidade quanto a microacessibilidade é essencial para promover o acesso equitativo aos serviços urbanos e reduzir a exclusão social provocada pela falta de mobilidade (Ghidini, 2011; Vasconcellos, 1999; Litman, 2008).

2.7 Índices e Indicadores

Índices e indicadores são fundamentais para a mensuração e avaliação de diversos fenômenos em diferentes campos do conhecimento, como economia, meio ambiente e desenvolvimento social. Os indicadores, em particular, possuem a capacidade de sintetizar e simplificar dados complexos, funcionando como elementos de difusão de informações. Eles constituem meios para alcançar determinados fins, e não um fim em si mesmos (Segnestam, 2002).

Conforme descrito por Ferreira et al. (2009), os indicadores podem ser medidas quantitativas ou qualitativas que conferem um significado específico a fenômenos observados. Sua utilidade reside na organização e captação de informações relevantes sobre a evolução de aspectos particulares, facilitando a análise de contextos específicos.

Segundo Januzzi (2002), um indicador social é comumente uma medida quantitativa que carrega um significado substantivo. Ele é empregado para substituir, quantificar ou operacionalizar conceitos sociais abstratos, sendo utilizado tanto em pesquisas acadêmicas de interesse teórico quanto em contextos programáticos voltados para a formulação de políticas públicas.

Essa abordagem viabiliza a mensuração de elementos da esfera social ou construída, permitindo a análise de tendências e o entendimento de situações específicas. Assim, a utilização de indicadores se torna essencial para subsidiar o processo decisório em diversas áreas.

Os índices, por sua vez, representam a agregação de múltiplos indicadores, permitindo a análise de diferentes dimensões de um fenômeno. Segnestam (2002) destaca que não há um conjunto fixo de indicadores, mas sim combinações específicas que devem ser definidas conforme os objetivos e o público-alvo de cada estudo. Nesse sentido, a seleção criteriosa dos indicadores é uma tarefa complexa, como salienta Januzzi (2002), pois exige uma tradução eficaz dos conceitos subjacentes.

Apesar de sua relevância, tanto os indicadores quanto os índices não estão isentos de críticas. Milanovic (2019) observa que, embora abrangentes, eles refletem apenas uma parte da realidade, funcionando como “fotografias” de dimensões específicas. Essas limitações, conforme apontado por Magalhães (2004), podem incluir erros na coleta de dados e vieses interpretativos, exigindo uma análise crítica em relação à confiabilidade dos resultados.

2.8 Metodologias de Avaliação da Caminhabilidade

A avaliação da caminhabilidade tem se tornado um tema de crescente relevância no planejamento urbano contemporâneo, destacando a importância da mobilidade a pé como um componente essencial para a qualidade de vida nas cidades. A mobilidade a pé, além de contribuir para a saúde pública e a sustentabilidade, desempenha um papel fundamental na promoção de um ambiente urbano acessível e inclusivo.

Neste contexto, são apresentadas, em ordem cronológica, diferentes metodologias de avaliação da caminhabilidade. Essa organização visa demonstrar a evolução dos métodos de mensuração, fornecendo uma visão panorâmica sobre as abordagens utilizadas ao longo do tempo para avaliar a qualidade da infraestrutura urbana voltada para os pedestres.

As pesquisas, tanto nacionais quanto internacionais, descritas a seguir, evidenciam a importância do uso de indicadores na análise da caminhabilidade em diversas aplicações. As metodologias aqui mencionadas são ferramentas essenciais para o diagnóstico das condições da infraestrutura urbana existente, além de auxiliar na identificação de problemas relacionados à mobilidade urbana, contribuindo assim para a formulação de políticas públicas mais eficazes.

2.8.1 Metodologia de Fruin -1971

A metodologia de avaliação da caminhabilidade proposta por Fruin em 1971 representa um marco significativo na análise do espaço urbano e na promoção da mobilidade a pé. O trabalho de Fruin destaca-se por introduzir uma abordagem sistemática e quantitativa para a avaliação das condições de caminhabilidade, considerando não apenas a infraestrutura física, mas também as interações sociais e comportamentais dos pedestres no ambiente urbano.

A metodologia foi desenvolvida em resposta à crescente preocupação com a mobilidade urbana e à necessidade de criar ambientes que incentivem a caminhada. Sua abordagem fundamenta-se na observação e medição de diversos fatores que influenciam a experiência do pedestre, incluindo a largura das calçadas, a presença de obstáculos, a qualidade do pavimento e a segurança do ambiente (Veloso, 2023).

O autor baseia-se no *Highway Capacity Manual* (HCM), adaptando os princípios da engenharia de tráfego para a avaliação de espaços destinados aos pedestres. Fruin propõe o uso do conceito de Nível de Serviço (NS), empregando fatores qualitativos e quantitativos para analisar a eficiência desses espaços. A metodologia resultante define seis níveis de serviço para o dimensionamento e o projeto de calçadas, estabelecendo uma relação entre as necessidades de deslocamento dos pedestres e a capacidade de fluxo dos ambientes urbanos.

Esses Níveis de Serviço (*LOS – Levels of Service*) são categorizados de “A” a “F”, onde o nível “A” representa as melhores condições de fluxo, com ampla liberdade de movimentação, enquanto o nível “F” corresponde a condições críticas de superlotação, nas quais o movimento é severamente restringido. Para essa análise, Fruin considera fatores como a capacidade de fluxo de pedestres, a densidade de pessoas por metro quadrado e a velocidade média de caminhada em diferentes cenários. O Quadro 1 resume os principais fatores utilizados por Fruin em sua metodologia para avaliar a caminhabilidade.

Quadro 1 – Indicadores utilizados na Metodologia de Fruin

Indicador	Descrição
Capacidade de fluxo	Refere-se ao número máximo de pedestres que podem utilizar um espaço sem causar congestionamento.
Densidade de pedestres	Mede o número de pedestres por metro quadrado, influenciando o nível de conforto e movimentação no espaço.
Velocidade de caminhada	A velocidade média com que os pedestres se deslocam em diferentes condições, influenciada pela densidade e largura da via.
Níveis de Serviço (LOS)	Classificação que vai de "A" (ótimas condições de fluxo) a "F" (condições de congestionamento), baseada na densidade e facilidade de movimentação.
Largura das calçadas	Avalia a largura disponível para pedestres e como isso afeta o fluxo e a segurança.
Presença de obstáculos	Refere-se à existência de barreiras físicas, como postes, mobiliário urbano ou irregularidades no pavimento, que impactam a mobilidade.
Qualidade do pavimento	Analisa a condição da superfície de caminhada, incluindo a presença de buracos, rachaduras ou irregularidades que possam dificultar a locomoção.
Segurança	Considera fatores como iluminação, sinalização e condições que garantem um ambiente seguro para os pedestres, especialmente à noite.

Autor (2024)

A metodologia de Fruin tem sido amplamente utilizada em estudos de caminhabilidade devido à sua abordagem detalhada e sistemática. Sua aplicação facilita a avaliação do desempenho de infraestruturas pedonais, permitindo um planejamento mais eficiente de espaços públicos que atendam às demandas de mobilidade e acessibilidade de maneira segura e confortável para os pedestres.

2.8.2 Metodologia de Bradshaw -1993

Embora a metodologia de Bradshaw tenha sido precedida pela proposta de Fruin, é Bradshaw quem apresenta o primeiro estudo amplamente reconhecido pela comunidade científica como capaz de mensurar a caminhabilidade de maneira sistemática (ITDP Brasil, 2017). Em sua pesquisa, o autor estabeleceu 10 categorias para avaliar a caminhabilidade nas ruas de um bairro da cidade de Ottawa, no Canadá.

Bradshaw considerava que a caminhabilidade possuía quatro características fundamentais:

- Pedestres e o ambiente físico: Refere-se à qualidade da infraestrutura disponível para pedestres, como calçadas, cruzamentos e sinalização, avaliando sua segurança e acessibilidade.

- Atrativos e serviços próximos: Engloba a presença de comércios, serviços e pontos de interesse próximos às áreas de circulação, que incentivam o deslocamento a pé.
- Ambiente natural e condições externas: Considera fatores como a presença de áreas verdes, qualidade do ar, e condições climáticas que influenciam o conforto dos pedestres.
- Cultura local e relações sociais: Refere-se às interações sociais e à forma como a cultura local pode incentivar ou desestimular a prática de caminhar.

O objetivo de Bradshaw ao propor essa metodologia era desenvolver um índice que pudesse ser utilizado como parâmetro para o cálculo de impostos sobre propriedades. A lógica por trás dessa abordagem era que a intensidade de uso das vias de circulação de pedestres indicaria o nível de demanda por infraestrutura viária, influenciando, assim, a necessidade de investimentos em infraestrutura veicular.

Além dessas quatro características principais, a metodologia de Bradshaw também enfatiza a análise das barreiras físicas e psicológicas que podem afetar o deslocamento a pé. Para o autor, era fundamental considerar não apenas os obstáculos tangíveis, como a presença de degraus, buracos ou a falta de rampas, mas também a percepção dos pedestres em relação à segurança, conforto e atratividade do percurso. Áreas com pouca iluminação, alta taxa de criminalidade ou falta de amenidades, como bancos e áreas sombreadas, também foram identificadas como fatores que poderiam desestimular o ato de caminhar.

Com base nessa metodologia, Bradshaw conseguiu desenvolver uma análise abrangente da caminhabilidade, levando em consideração tanto os aspectos físicos quanto psicológicos da experiência dos pedestres, o que proporciona uma avaliação mais realista da mobilidade urbana e suas implicações para o planejamento de infraestrutura (Bradshaw, 1993).

2.8.3 Metodologia de Khisty - 1994

Com o objetivo de propor uma metodologia para avaliar os elementos qualitativos dos espaços destinados aos pedestres, Khisty (1994) selecionou potenciais medidas de desempenho com base em uma extensa revisão da literatura, visando identificar os principais fatores ambientais que influenciam a caminhabilidade.

A partir dessa revisão, foram inicialmente extraídas vinte medidas. No entanto, após a aplicação de critérios específicos de filtragem, esse número foi reduzido a sete principais medidas: atratividade, coerência do sistema, conforto, continuidade do sistema, convivência, segurança e seguridade. Essas medidas refletem tanto a qualidade física do ambiente quanto a experiência subjetiva do pedestre.

A metodologia de Khisty é baseada em um conjunto de indicadores que avaliam a qualidade do ambiente urbano para pedestres. Esses indicadores incluem a largura das calçadas, a presença de obstáculos, a qualidade do pavimento, a segurança do ambiente e a acessibilidade a serviços e equipamentos urbanos (Jones, 1994). A abordagem de Khisty é particularmente

relevante em contextos onde a mobilidade a pé é uma prioridade, como em áreas comerciais e centros urbanos densamente povoados.

Uma vez definidas as medidas, Khisty (1994) aplicou uma metodologia baseada em fatores de ponderação, para ordenar a importância relativa de cada medida de desempenho na avaliação da caminhabilidade. Essa abordagem permitiu não apenas classificar os espaços para pedestres com base em características objetivas, mas também considerar aspectos subjetivos, como a percepção de segurança e conforto dos usuários.

A metodologia proposta por Khisty destacou-se por incorporar aspectos qualitativos à análise da caminhabilidade, enfatizando que, além de fatores físicos, como largura das calçadas e continuidade dos trajetos, a percepção do pedestre em relação ao ambiente é fundamental para uma avaliação completa. Fatores como a atratividade visual e a integração com outros modos de transporte, por exemplo, são cruciais para garantir uma experiência de caminhada satisfatória e segura. Assim, Khisty oferece uma abordagem mais humanizada da avaliação dos espaços urbanos, que visa melhorar a qualidade de vida dos pedestres e promover modos de transporte mais sustentáveis.

2.8.4 Metodologia Sarkar – 1995

Sarkar (1995) propôs uma metodologia fundamentada nos princípios do planejamento e do projeto urbano, para tornar as calçadas mais seguras e acessíveis para todos os usuários. Sua abordagem se baseia em dois métodos distintos de avaliação. O primeiro utiliza as medidas de Nível de Serviço (NS) para avaliar o projeto e as condições físicas das calçadas e interseções, focando em aspectos como a largura das calçadas, a presença de obstáculos e a fluidez do tráfego de pedestres. O segundo método, conhecido como Nível de Qualidade do Serviço (NQS), complementa o primeiro ao avaliar, de forma mais abrangente, aspectos qualitativos e subjetivos da experiência do pedestre, como segurança, conforto, atratividade e conveniência.

Na metodologia de Sarkar, o Nível de Qualidade do Serviço (NQS) considera fatores que vão além da infraestrutura física, incorporando a percepção dos pedestres em relação ao ambiente urbano. Entre esses fatores estão a segurança em relação ao tráfego e à criminalidade, o conforto proporcionado por calçadas adequadas e mobiliário urbano, além da atratividade do ambiente em termos estéticos e funcionais. O autor também enfatiza a importância da continuidade das rotas de pedestres, destacando que interrupções e obstáculos podem comprometer a experiência de caminhada e a acessibilidade, especialmente para pessoas com mobilidade reduzida.

Assim, a metodologia de Sarkar (1995) propõe uma análise integrada da caminhabilidade, considerando tanto aspectos objetivos, como a infraestrutura, quanto subjetivos, como as percepções dos pedestres, o que a torna uma importante referência para o planejamento urbano voltado à promoção de ambientes mais caminháveis e acessíveis.

2.8.5 Metodologia de Dixon – 1996

Dixon (1996) descreve a classificação LOS – *Level of Service*, ou seja, qualidade de serviço que através de atributos relacionados à facilidade de locomoção, conflitos entre os demais modais, civilidades como mobiliário urbano, sombra e vegetação, número de faixas de tráfego de veículos motorizados, frequência de manutenção do ambiente urbano e apoio com incentivo ao desenvolvimento multimodal, originam uma tabela que confere valor aos atributos classificando-os na soma final entre 6 níveis de serviço de “A” a “F”, sendo “A” a melhor avaliação e “F” a pior.

2.8.6 Metodologia de Krambeck - 2006

A Metodologia de Krambeck (2006), conhecida como Global Walkability Index, destaca-se por sua abordagem abrangente na avaliação da caminhabilidade, considerando não apenas a infraestrutura física, mas também aspectos que impactam diretamente a experiência do pedestre, como segurança, conforto e acessibilidade. Um dos diferenciais dessa metodologia é sua ênfase na análise dos atributos do ambiente construído que influenciam a disposição das pessoas a caminhar. Krambeck propõe que a presença de calçadas e sinalização adequada, embora essenciais, não sejam suficientes para garantir uma boa caminhabilidade. A metodologia também considera fatores qualitativos, como a percepção de segurança e a conveniência, os quais desempenham papel fundamental na criação de um ambiente que não só permita, mas também incentive a prática de caminhadas (Larranaga et al., 2016; Veloso et al., 2023).

A avaliação da caminhabilidade nessa abordagem é feita por meio de uma combinação de dados objetivos e subjetivos, proporcionando uma compreensão mais rica das percepções dos pedestres sobre o espaço urbano. Essa combinação permite que a metodologia vá além das medições puramente técnicas e aborde a experiência vivenciada pelos pedestres no uso cotidiano das vias urbanas (Silva et al., 2019). Adicionalmente, a metodologia incorpora uma análise multicritério, crucial para a definição dos pesos atribuídos aos diferentes indicadores de caminhabilidade. Esse procedimento assegura que tanto as opiniões de especialistas quanto as percepções dos próprios pedestres sejam consideradas na avaliação final, refletindo as necessidades e expectativas da comunidade local (Veloso et al., 2023; Pires & Magagnin, 2018).

Outro aspecto relevante da Metodologia de Krambeck é sua flexibilidade. Ela pode ser adaptada às especificidades locais, facilitando sua aplicação em diferentes contextos urbanos ao redor do mundo, considerando as particularidades culturais, socioeconômicas e espaciais de cada região. Isso a torna uma ferramenta de avaliação versátil, aplicável tanto em grandes metrópoles quanto em cidades menores ou em desenvolvimento (Musembani & Ribeiro, 2021).

Além disso, a metodologia usa ferramentas de análise espacial, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que permitem a visualização e análise detalhada dos dados coletados. Essas ferramentas são fundamentais para representar as interações entre os diversos fatores que

influenciam a caminhabilidade, proporcionando uma avaliação mais precisa e fundamentada das condições urbanas. A integração de dados espaciais com informações qualitativas oferece uma base sólida para o planejamento urbano, possibilitando que gestores públicos e planejadores tomem decisões informadas que melhorem a qualidade dos espaços destinados aos pedestres (Albala, 2023).

2.8.7 Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP) - 2016

O Índice de Caminhabilidade (ICAM) foi desenvolvido pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP Brasil) em parceria com o Instituto Rio Patrimônio da Humanidade (IRPH), um órgão da Prefeitura do Rio de Janeiro. Lançado em 2016, o índice busca analisar as condições das calçadas e o ambiente urbano a partir da perspectiva dos pedestres, considerando o deslocamento a pé como elemento central para a avaliação da qualidade do espaço público. Além dos aspectos físicos, o ICAM também considera os fatores sociais e políticos da área avaliada, tornando a ferramenta valiosa não apenas para a melhoria da infraestrutura, mas também para a promoção de políticas públicas inclusivas e sustentáveis (ITDP Brasil, 2017).

A primeira versão do índice foi composta por 21 indicadores, organizados em seis categorias principais: Segurança Viária, Atração, Calçada, Ambiente, Mobilidade e Segurança Pública. Essas categorias cobrem uma ampla gama de aspectos da caminhabilidade, desde a infraestrutura básica até a segurança e a atratividade dos espaços urbanos. A escolha desses indicadores foi baseada em uma análise detalhada das necessidades do pedestre, permitindo uma avaliação abrangente da qualidade das calçadas e do entorno urbano.

Para fornecer uma ferramenta prática para a definição de diretrizes e intervenções prioritárias, o ICAM foi inicialmente aplicado de forma piloto no entorno da Praça Tiradentes, localizada no centro histórico do Rio de Janeiro, como parte do Programa Centro para Todos. Essa aplicação, realizada em 2016, forneceu importantes recomendações para a requalificação do espaço público, com base nos resultados obtidos pelos indicadores e nas observações feitas em campo. A partir dessa experiência, o índice demonstrou seu potencial para orientar políticas públicas de reestruturação urbana, contribuindo para a melhoria da mobilidade e da qualidade de vida dos pedestres.

Em 2018, o índice foi reformulado, reduzindo o número de indicadores para 15, mantendo, no entanto, as mesmas seis categorias principais. A nova versão do ICAM incluiu melhorias metodológicas, como a adoção de formulários padronizados para a coleta de dados em campo e planilhas de cálculo para o processamento dos resultados (ITDP Brasil, 2018). Essas mudanças visaram tornar o processo de avaliação mais eficiente, sem perder a profundidade e abrangência da análise.

2.8.8 ICam 2.0 - Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP) - 2018

Nos anos subsequentes ao lançamento da primeira versão do Índice de Caminhabilidade (ICam), o Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP) promoveu discussões amplas sobre a ferramenta, visando aprimorar sua aplicabilidade. Essas discussões foram fundamentais para identificar pontos que necessitavam de ajustes, visando simplificar a coleta de dados e organizar as informações de maneira mais eficiente. Além disso, buscou-se o aperfeiçoamento dos indicadores, considerando a necessidade de aumentar o potencial de aplicação da metodologia em diferentes contextos urbanos no Brasil. Como resultado desse processo contínuo de refinamento, emergiu a versão 2.0 do ICam, uma evolução da ferramenta original, desenhada para melhor atender às demandas das cidades brasileiras.

A nova versão, lançada em 2018, introduziu mudanças significativas, mantendo-se fiel aos princípios da caminhabilidade, mas com maior precisão nos critérios de avaliação. Conforme o ITDP (2018) descreve, o ICam 2.0 é constituído por 15 indicadores, que abrangem diferentes aspectos da experiência do pedestre no ambiente urbano.

Esses indicadores são organizados em seis categorias principais: calçada, mobilidade, atração, segurança viária, segurança pública e ambiente, que funcionam como lentes essenciais para a avaliação da caminhabilidade, como apresentado na Figura 2. Cada categoria é considerada um ponto de referência central na metodologia do ICam 2.0, permitindo uma análise mais abrangente e integrada das condições de caminhabilidade nos espaços urbanos (ITDP, 2018b). Essa organização não apenas facilita a aplicação da ferramenta em diferentes contextos, mas também promove uma visão mais holística da caminhabilidade, considerando tanto os aspectos físicos da infraestrutura quanto os fatores ambientais e sociais que influenciam a experiência do pedestre.

Figura 2 – Categorias do Índice de Caminhabilidade 2.0



ITDP (2018)

Dessa forma, o ICam 2.0 se configura como uma ferramenta aprimorada e robusta para avaliar a caminhabilidade, integrando múltiplas dimensões e permitindo que gestores urbanos e

técnicos obtenham um diagnóstico detalhado das condições oferecidas aos pedestres nas cidades brasileiras. A partir dessa avaliação, é possível não apenas identificar deficiências, mas também orientar intervenções que promovam a melhoria das condições de caminhabilidade, contribuindo para cidades mais inclusivas e sustentáveis.

2.9 Desenho Universal

O Desenho Universal (DU) é uma abordagem de projeto que visa atender a todas as pessoas, independentemente de suas habilidades, idades ou condições, sem a necessidade de adaptações específicas. Esse conceito foi inicialmente formulado pelo arquiteto Ronald Mace nos Estados Unidos, que enfatizou a importância de desenvolver produtos e ambientes que pudessem ser utilizados na maior extensão possível por todos os indivíduos. O trabalho de Mace foi pioneiro ao promover uma visão de design inclusivo, buscando eliminar barreiras e criar um ambiente acessível e utilizável para todos.

No contexto internacional, a Convenção dos Direitos das Pessoas com Deficiência (ONU, 2007) foi um marco importante para a consolidação do Desenho Universal. A convenção define o DU como a concepção de produtos, ambientes, programas e serviços que possam ser usados, até onde for possível, por todas as pessoas, sem a necessidade de adaptações ou projetos específicos. Essa definição reforça a ideia de que o Desenho Universal não se restringe apenas à acessibilidade para pessoas com deficiência, mas busca atender às necessidades de uma diversidade de usuários. A partir dessa convenção, o conceito de DU foi amplamente difundido e incorporado em diversas legislações e normas técnicas ao redor do mundo, para promover uma sociedade mais inclusiva.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 9050/2015, regulamentou o conceito de Desenho Universal, descrevendo-o como a concepção de produtos, ambientes, programas e serviços para serem utilizados por todas as pessoas, sem a necessidade de adaptações ou projetos específicos. A norma inclui princípios fundamentais como a equiparação das possibilidades de uso, flexibilidade no uso, simplicidade e intuitividade, captação adequada da informação, tolerância ao erro, mínimo esforço físico, e o dimensionamento de espaços para acesso, uso e interação de todos os usuários. Essa norma é de grande relevância no contexto brasileiro, pois estabelece parâmetros técnicos para a criação de ambientes urbanos acessíveis, reforçando a ideia de que a acessibilidade deve ser considerada em todos os aspectos do planejamento e projeto arquitetônico.

O Desenho Universal também se apresenta como uma ferramenta essencial para o planejamento urbano mais inclusivo. Silva (2018) destaca que o DU é um critério relevante de acessibilidade, pois visa garantir o uso comum, confortável, autônomo e seguro do ambiente, de modo que o entorno contribua tanto para o desenvolvimento quanto para o bem-estar individual e coletivo. Essa perspectiva é corroborada por Carvalho (2005), que afirma que o Desenho Universal é “importante e imprescindível” para o planejamento de um meio urbano acessível e inclusivo, contribuindo significativamente para a promoção de uma sociedade que valoriza a

equidade e a inclusão.

Embora o Desenho Universal e a acessibilidade sejam frequentemente tratados como conceitos similares, é importante destacar que o DU possui um escopo mais amplo. Segundo Dorneles et al. (2013), o Desenho Universal não se limita a garantir o acesso a pessoas com deficiência, mas está relacionado à criação de projetos que atendam a todos os indivíduos, baseando-se em princípios de igualdade e inclusão. O DU, assim, visa eliminar barreiras de forma proativa, desenvolvendo soluções que permitam o uso equitativo por qualquer pessoa, independentemente de suas condições físicas, sensoriais ou cognitivas. Essa abordagem evita a necessidade de adaptações posteriores, criando ambientes e produtos que promovam a autonomia e a participação plena de todos os usuários.

Portanto, o Desenho Universal emerge como um conceito que transcende a mera conformidade com normas de acessibilidade. Ele representa uma filosofia de design voltada para a criação de um mundo mais justo e acessível, assegurando que todos possam se beneficiar igualmente dos ambientes, produtos e serviços disponíveis. Dessa forma, ao adotar os princípios do DU, é possível não apenas eliminar barreiras físicas e atitudinais, mas também promover a inclusão social e a participação ativa de todas as pessoas na vida cotidiana.

2.9.1 Os Princípios do Desenho Universal

Os Princípios do Desenho Universal foram publicados em 1997 pelo Center for Universal Design e associam sete diretrizes que podem ser aplicadas aos campos de arquitetura, produto, desenvolvimento e educação.

De acordo Connell et al., (1997), com sete princípios do Desenho Universal são descritos a seguir:

- 1) **Uso Equitativo:** O desenho de espaços e equipamentos deve ser compreendido por pessoas com habilidades diversas, impedindo sua segregação ou estigmatização.
- 2) **Flexibilidade no Uso:** Às diversas preferências e habilidades individuais devem ser consideradas no desenho, possibilitando opção de escolha aos usuários conforme suas necessidades.
- 3) **Uso Simples e Intuitivo:** Os espaços e equipamentos devem ser de fácil compreensão, independente da experiência, conhecimento, habilidades de linguagem ou nível de concentração dos usuários.
- 4) **Informação de Fácil Percepção:** O desenho comunica a informação necessária ao usuário, independentemente das condições do ambiente ou de suas habilidades.
- 5) **Tolerância ao Erro:** O desenho minimiza riscos e consequências adversas de ações acidentais ou não intencionais.

- 6) Baixo Esforço Físico: O espaço ou equipamento deve ser eficiente e confortável na sua utilização, considerando todas as habilidades dos usuários, ocasionando-lhes o mínimo de fadiga.
- 7) Dimensão e Espaço para Aproximação e Uso: Os espaços e os equipamentos devem ter dimensões apropriadas para o acesso, o alcance, a manipulação e o uso, independentemente do tamanho do corpo do usuário, da postura ou mobilidade.

Já segundo Carletto e Cambiaghi (2007) os sete princípios do Desenho Universal são: igualitário, uso equiparável para pessoas com diferentes capacidades; adaptável, uso flexível com leque amplo de preferências e habilidades; óbvio, simples e intuitivo, fácil de entender; conhecido, informação perceptível, comunica eficazmente a informação necessária; seguro, tolerante ao erro, que diminui riscos de ações involuntárias; sem esforço, com pouca exigência de esforço físico e abrangente, tamanho e espaço para o acesso e o uso.

Para Dorneles et al., (2013) os Princípios do Desenho Universal não consistem em regras de como projetar ou parâmetros técnicos a serem cumpridos, mas sim um direcionamento de como pensar a ideia ou conceber os projetos considerando as necessidades espaciais das pessoas.

2.10 Legislação Brasileira Sobre Acessibilidade

No Brasil, o direito à acessibilidade é assegurado desde a Constituição Federal de 1988, que, em seu Art. 5º, garante o direito à igualdade entre os cidadãos brasileiros e estrangeiros residentes no país (BRASIL, 1988). No entanto, as primeiras leis que tratavam especificamente da acessibilidade só foram promulgadas anos mais tarde.

A primeira lei de acessibilidade no Brasil, considerada um marco inicial, foi a Lei nº 4.169, de 04 de dezembro de 1962, que oficializou as convenções Braille para uso na escrita e leitura por pessoas cegas, além de estabelecer o Código de Contrações e Abreviaturas Braille (BRASIL, 1962).

De acordo com o Instituto Brasileiro dos Direitos da Pessoa com Deficiência (IBDD), a primeira legislação em que o Estado Brasileiro assumiu formalmente suas responsabilidades em relação às pessoas com deficiência foi a Lei nº 7.853, de 1989, que trata do apoio às pessoas com deficiência e de sua integração social (BRASIL, 1989). Posteriormente, em 1999, foi publicado o Decreto n.º 3.298, que regulamenta a Lei n.º 7.853, dispondo sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa com Deficiência e consolidando as normas de proteção (BRASIL, 1999).

Em novembro de 2000, a Lei nº 10.048 foi promulgada, estabelecendo prioridade de atendimento às pessoas com deficiência, aos idosos com idade igual ou superior a 60 anos, gestantes, lactantes, pessoas com crianças de colo e pessoas obesas (BRASIL, 2000a). No mesmo ano, foi publicada a Lei n.º 10.098, conhecida como Lei da Acessibilidade, que trouxe normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade de pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida. A lei visou à eliminação de barreiras e obstáculos nas vias e

espaços públicos, no mobiliário urbano, em edificações e nos meios de transporte e comunicação (BRASIL, 2000b). Somente em 2004, ambas as leis, n.º 10.048 e n.º 10.098, foram regulamentadas por meio do Decreto n.º 5.296 (BRASIL, 2004).

Em 2005, o Decreto n.º 5.626 regulamentou a Lei n.º 10.436, de 24 de abril de 2002, que trata da Língua Brasileira de Sinais (Libras), e o art. 18 da Lei n.º 10.098 (BRASIL, 2005a). Nesse mesmo ano, a Lei n.º 11.126, de 27 de julho, garantiu às pessoas com deficiência visual acompanhadas de cão-guia o direito de ingresso e permanência com o animal em todos os meios de transporte e estabelecimentos de uso público e privado de uso coletivo (BRASIL, 2005b).

A Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo foi adotada por meio do Decreto Legislativo n.º 186 (BRASIL, 2008) e promulgada pelo Decreto n.º 6.949 (BRASIL, 2009). Este documento reconhece a importância da acessibilidade nos âmbitos físico, social, econômico e cultural, além de destacar a necessidade de acessibilidade em saúde, educação, informação e comunicação, para garantir o pleno exercício dos direitos humanos e liberdades fundamentais às pessoas com deficiência.

Em 2015, foi sancionada a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, ou Estatuto da Pessoa com Deficiência, Lei n.º 13.146, que trouxe importantes avanços, como a garantia de acesso adequado à saúde e educação, além de prever a criminalização de condutas discriminatórias. Essa legislação visa assegurar e promover, em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais por pessoas com deficiência, promovendo sua inclusão social e cidadania (BRASIL, 2015).

O Estatuto da Pessoa com Deficiência também aborda a acessibilidade em espaços físicos, transportes e meios digitais, além de tratar dos direitos das pessoas com deficiência e sua plena participação na sociedade. Ele destaca a relevância de projetos que garantam a acessibilidade, para possibilitar que pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida vivam de maneira independente e exerçam plenamente seus direitos enquanto cidadãos.

O Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, por meio da Portaria Interministerial n.º 424, de 2016, comprometeu-se a estabelecer regras e diretrizes de acessibilidade a serem observadas em obras e serviços de engenharia custeados com recursos previstos nos instrumentos regulados pela referida portaria (BRASIL, 2016).

O Quadro 2, apresentado a seguir, sintetiza os principais atos administrativos brasileiros relacionados à acessibilidade para pessoas com deficiência.

Quadro 2 – Atos Administrativos brasileiros a dispor sobre acessibilidade

Ano	Ato Administrativo	Preâmbulo
1962	Lei nº 4.169	Oficializa as Convenções Braille para uso na escrita e leitura dos cegos e o Código de Contrações e Abreviaturas Braille. ¹
1989	Lei nº 7.853	Estabelece de normas que asseguram o pleno exercício dos direitos individuais e sociais das pessoas com deficiências, e sua efetiva integração social. ²
1999	Decreto nº 3.298	Regulamenta a Lei no 7.853, de 24 de outubro de 1989, dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da pessoa com deficiência, consolida as normas de proteção. ³
2000	Lei nº 10.048	Dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica. ⁴
2000	Lei nº 10.098	Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida. ⁵
2002	Lei nº 10.436	Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais. ⁶
2004	Decreto nº 5.296	Regulamenta as Leis nos 10.048, de 8 de novembro de 2000, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000. ⁷
2005	Lei nº 11.126	Dispõe sobre o direito do deficiente visual de ingressar e permanecer em ambientes de uso coletivo acompanhado de cão guia. ⁸
2005	Decreto nº 5.626	Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras, e o art. 18 da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. ⁹
2009	Decreto nº 6.949	Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo. ¹⁰
2015	Lei nº 13.146	Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). ¹¹

Fonte: 1BRASIL (1962), 2BRASIL (1989), 3BRASIL (1999), 4BRASIL (2000a), 5BRASIL (2000b), 6BRASIL (2002), 7BRASIL (2004), 8BRASIL (2005a), 9BRASIL (2005b), 10BRASIL (2009), 11BRASIL (2015).

2.11 Legislação Estadual e Municipal sobre Acessibilidade

No âmbito da legislação estadual e municipal, o estado da Bahia, seguindo as orientações das leis federais, instituiu a Lei nº 8.268, de 2002, que criou o Conselho Estadual dos Direitos da Pessoa com Deficiência (COEDE/BA). Esse conselho tem a finalidade de formular políticas e diretrizes, além de avaliar programas e ações governamentais voltados para a defesa dos direitos

das pessoas com deficiência (BAHIA, 2002).

Na esfera municipal, a Lei Orgânica do Município de Salvador, no Título I, Capítulo I – Das Disposições Preliminares –, estabelece, no art. 1º, que o município de Salvador, capital do Estado da Bahia, reger-se-á por Lei Orgânica e pelas leis que adotar, sempre conforme os princípios constitucionais. O parágrafo único do mesmo artigo garante que ninguém será discriminado, prejudicado ou privilegiado em razão de nascimento, idade, etnia, raça, cor, sexo, estado civil, orientação sexual, atividade profissional, religião, convicção política ou filosófica, deficiência física, mental ou sensorial, aparência pessoal ou qualquer outra singularidade ou condição social, nem mesmo em decorrência de cumprimento de pena (BAHIA, 2006).

Em 2012, foi sancionada no município de Salvador a Lei nº 8.260, de maio de 2012, que dispõe sobre a acessibilidade para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida em estabelecimentos de hospedagem, como hotéis e motéis. Essa legislação impôs aos referidos estabelecimentos a obrigatoriedade de assegurar condições adequadas de acesso às pessoas com deficiência.

Outra norma relevante no contexto municipal é a Lei n.º 9.069, de 2016, que trata do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU). Essa legislação tem entre seus principais objetivos a promoção da acessibilidade, considerando diretrizes extraídas de planos e leis nacionais e estaduais relacionadas às políticas de desenvolvimento urbano, mobilidade, habitação, saneamento e meio ambiente.

Ademais, a Lei n.º 9.374, de 2018, institui a Política Municipal de Mobilidade Urbana Sustentável de Salvador, formalizando as determinações do referido plano. Essa lei está consoante a Lei Federal n.º 12.587, de 3 de janeiro de 2012, que estabeleceu as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Também se alinha à Lei Orgânica do Município de Salvador, à Lei Municipal n.º 9.069, de 30 de junho de 2016, que instituiu o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do município, à Lei Federal n.º 10.257, de 10 de julho de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade, além de estar embasada em estudos e compromissos assumidos pela cidade de Salvador no tocante à melhoria das condições de mobilidade urbana.

2.12 Norma Brasileira 9050

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), fundada em 1940, é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil, fornecendo as diretrizes necessárias para o desenvolvimento tecnológico do país. Entre suas normas mais relevantes está a Norma Brasileira NBR 9050, criada pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil, que trata da acessibilidade nos espaços construídos. O objetivo da NBR 9050 é assegurar que todas as pessoas possam se orientar e deslocar com facilidade, utilizando os elementos do ambiente de forma segura e autônoma, sem a ocorrência de acidentes ou a necessidade de auxílio de terceiros.

2.12.1 Norma Brasileira 9050/1985

A primeira versão da NBR 9050, publicada em 1985, foi intitulada “Adequação das edificações e do mobiliário urbano à pessoa deficiente”, e seu principal objetivo era estabelecer condições e padrões que proporcionassem melhores condições de acesso a edifícios públicos e vias públicas urbanas (ABNT, 1985).

Embora esta versão não abordasse diretamente o conceito de acessibilidade ou Desenho Universal, ela introduziu a definição de “pessoa deficiente” como “pessoas portadoras de limitações de suas capacidades físicas e/ou mentais” (ABNT, 1985). Nessa concepção, até mesmo a velhice era considerada uma deficiência, descrita como uma condição que reduzia a mobilidade, flexibilidade, coordenação motora e percepção dos indivíduos em idade avançada.

Essa definição focava-se no estigma da incapacidade, sem distinguir deficiência de restrição de participação. Nesse contexto, as pessoas com deficiência eram vistas como inválidas ou incapazes. Ao descrever as pessoas com deficiência como “portadoras de limitações de suas capacidades” (ABNT, 1985), a norma atribuía a limitação à própria pessoa, sem considerar o impacto de um ambiente inadequado ou inacessível.

A NBR 9050/1985 também diferenciava os espaços internos dos externos. Para os espaços internos, foram estabelecidos parâmetros para corredores, rampas, escadas, corrimãos, guarda-corpos, elevadores, sanitários, bebedouros e telefones. Já os espaços externos eram definidos por normas relacionadas a calçadas, passeios, estacionamentos e mobiliários urbanos, como telefones públicos, caixas de correio, bancas de jornal e lixeiras (ABNT, 1985).

2.12.2 Norma Brasileira 9050/1994

A primeira revisão da NBR 9050 ocorreu em 1994, trazendo o título “Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaços, mobiliário e equipamentos urbanos” (ABNT, 1997). Essa versão definiu acessibilidade como “a possibilidade e condição de alcance e uso, com segurança e autonomia, de edificações, espaços, mobiliário e equipamentos urbanos” (ABNT, 1997).

É interessante notar que, nesse momento, o conceito de acessibilidade passou a abranger todos os indivíduos, independentemente de deficiência, possivelmente em resposta ao surgimento do Desenho Universal, que buscava desenvolver ambientes e produtos que pudessem atender a todas as pessoas, com ou sem limitações de mobilidade.

A norma de 1994 também ampliou sua abrangência, incluindo edificações de uso público e áreas comuns de edifícios multifamiliares, ressaltando a responsabilidade da iniciativa privada em promover a acessibilidade (ABNT, 1994; Moraes, 2007). Além disso, essa revisão trouxe parâmetros detalhados sobre acessos, circulação, sanitários, mobiliário urbano e sinalização.

2.12.3 Norma Brasileira 9050/2004

Em 2004, a NBR 9050 passou por uma segunda revisão e foi renomeada como “Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos” (ABNT, 2004). O propósito desta versão era estabelecer critérios e parâmetros técnicos para o projeto, construção, adaptação e instalação de edificações e equipamentos urbanos, visando garantir acessibilidade de forma segura e autônoma para o maior número possível de pessoas, independentemente de idade, estatura ou limitação de mobilidade (ABNT, 2004).

Entre as inovações desta versão, destaca-se a introdução de novas definições para acessibilidade e deficiência, além de uma ampliação nos parâmetros relacionados à utilização de espaços. Entretanto, de acordo com a análise de Moraes (2007), apesar do avanço no detalhamento técnico, aspectos como orientação e comunicação ainda não recebiam a devida ênfase.

2.12.4 Norma Brasileira 9050/2015

A atualização da NBR 9050 realizada em 2015 representou um avanço significativo ao estabelecer critérios e parâmetros técnicos para garantir a acessibilidade em áreas urbanas e rurais, abrangendo tanto edificações públicas quanto privadas (ABNT, 2015). Esta versão foi pioneira ao incluir critérios específicos para acessibilidade no meio rural, algo que não havia sido contemplado nas edições anteriores.

Embora a versão de 2015 tenha trazido avanços substanciais, especialmente no detalhamento das normas para espaços públicos e privados, novas revisões da norma continuaram a ser desenvolvidas, demonstrando o compromisso contínuo com a melhoria da acessibilidade no Brasil. Essas atualizações mantêm a NBR 9050 como uma referência essencial, refletindo as mudanças nas necessidades de acessibilidade e as inovações tecnológicas no ambiente construído.

2.12.5 Norma Brasileira 9050/2020

A versão mais recente da NBR 9050, publicada em 2020, introduziu atualizações significativas, incorporando novos conceitos e referências que ampliam seu escopo. A norma estabelece critérios e parâmetros técnicos para garantir a acessibilidade em edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. De acordo com a NBR 9050 (ABNT, 2020), o termo “acessibilidade” é definido como a “possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização, com segurança e autonomia, de edificações, espaços, mobiliário, equipamento urbano e elementos”.

Adicionalmente, a norma define que uma “rota acessível” deve ser utilizável por todas as pessoas, independentemente de terem deficiência ou não. A rota acessível deve ser contínua, sem obstruções, devidamente sinalizada e conectar as residências aos espaços externos de maneira independente e segura.

A NBR 9050/2020 também trouxe um maior detalhamento em relação aos itens de segurança, como barras de apoio e corrimãos, abrangendo ainda uma parcela maior da população, incluindo mulheres com crianças de colo e pessoas obesas. Dessa forma, a norma amplia as possibilidades de inclusão e acesso para grupos populacionais que, historicamente, enfrentaram maiores dificuldades de integração.

2.12.5.1 Definição de Calçada

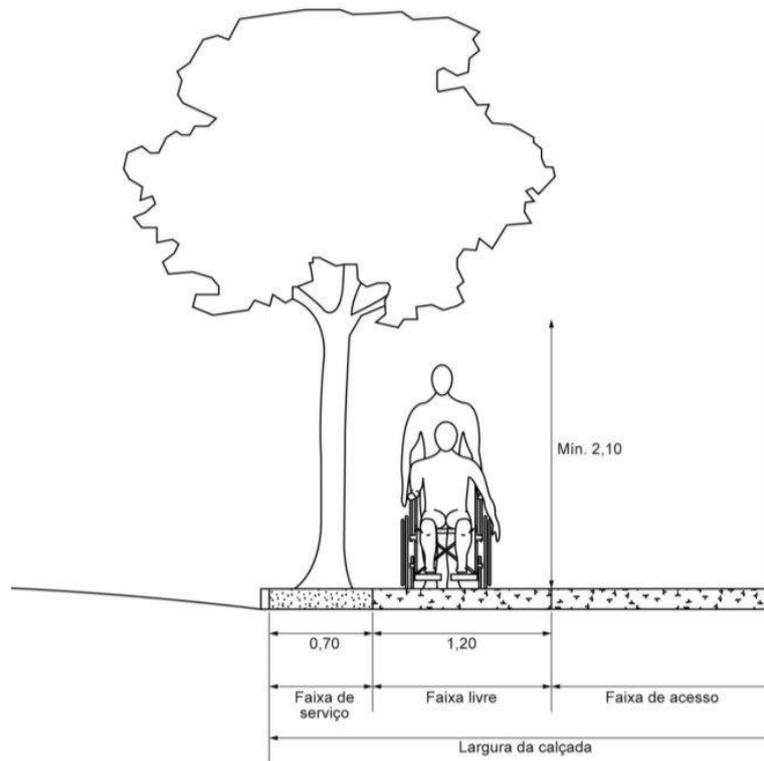
A NBR 9050 (ABNT, 2020) define “calçada” como a porção da via destinada ao tráfego de pedestres, geralmente separada e em um nível distinto da pista de rolamento. Além de sua função principal, a calçada pode ser utilizada, quando viável, para a instalação de mobiliário urbano, sinalização, vegetação, placas e outros elementos.

Por outro lado, o “passeio” é especificado pela norma como a seção da calçada ou da pista de rolamento, delimitada por pintura ou por um elemento físico. O passeio deve ser livre de obstruções e destinado exclusivamente à circulação de pedestres, podendo, em situações excepcionais, permitir a passagem de ciclistas.

2.12.5.2 Dimensão da calçada

Conforme a NBR 9050 (ABNT, 2020), as calçadas são compostas, geralmente, por três partes principais: Faixa de serviço, Faixa livre ou passeio e Faixa de acesso, conforme ilustrado na Figura 3. A seguir, são apresentadas as definições e características de cada uma dessas faixas:

Figura 3 – Faixas de uso da calçada – Corte



Fonte: NBR 9050, 2020

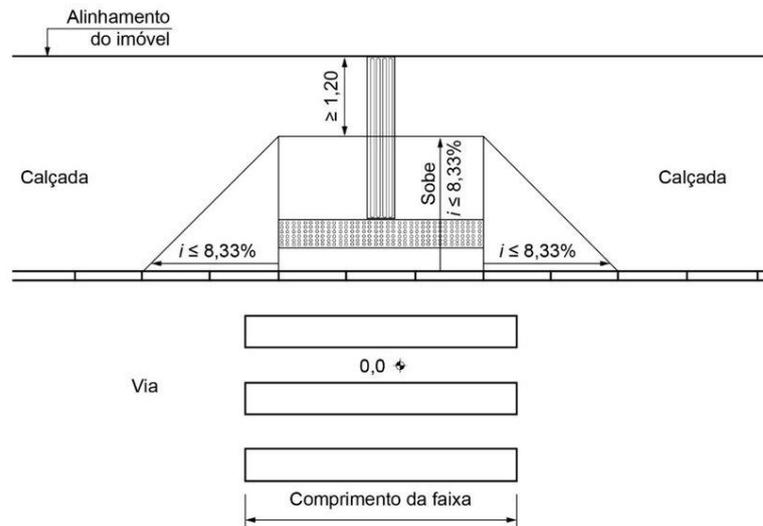
- Faixa de serviço: destina-se à acomodação do mobiliário urbano, canteiros, árvores, postes de iluminação ou sinalização. Para calçadas em processo de construção, recomenda-se uma faixa de serviço com largura mínima de 0,70 m.
- Faixa livre ou passeio: destinada exclusivamente à circulação de pedestres, deve ser isenta de quaisquer obstáculos, apresentar inclinação transversal de até 3%, ser contínua entre os lotes e possuir largura mínima de 1,20 m e altura livre de 2,10 m.
- Faixa de acesso: refere-se ao espaço de transição entre a área pública e o lote. Essa faixa é permitida apenas em calçadas com largura superior a 2,00 m e serve para acomodar a rampa de acesso aos lotes limítrofes, sendo necessária a autorização municipal para sua instalação em edificações já construídas.

2.12.5.3 Rebaixamento de calçadas

Segundo a NBR 9050 (ABNT, 2020), os rebaixamentos de calçadas, ilustrados na Figura 4, devem ser construídos no sentido do fluxo de travessia de pedestres. A inclinação desses rebaixamentos deve ser constante, não ultrapassando 8,33% (1:12) tanto no sentido longitudinal da rampa central quanto nas rampas das abas laterais. A largura mínima permitida para o

rebaixamento é de 1,50 m. Além disso, a instalação do rebaixamento não pode comprometer a faixa livre de circulação, que deve manter uma largura mínima de 1,20 m.

Figura 4 – Rebaixamentos de calçada – Vista superior



NBR 9050, 2020

Inclinação das calçadas

Conforme a NBR 9050 (ABNT, 2020), a inclinação das calçadas deve seguir parâmetros específicos:

- A inclinação transversal da área livre das calçadas ou dos espaços exclusivos para pedestres deve ser inferior a 3%. É importante destacar que, caso seja necessário ajustar a soleira, esses ajustes devem ser realizados dentro dos limites do lote ou, em calçadas com largura superior a 2,00 m, nas faixas de acesso.
- Já a inclinação longitudinal deve acompanhar a inclinação da rua, mantendo-se na área livre das calçadas ou dos espaços exclusivos de pedestres (NBR 9050, 2020).

2.12.5.4 Revestimentos

A superfície de deslocamento deve possuir materiais de revestimento e acabamento antiderrapantes, estáveis, firmes, regulares e não trepidantes. Necessário que se evite também, por exemplo, a utilização de estampas ou cores na superfície do piso que possam causar sensação de tridimensionalidade, de desconforto ou insegurança aos usuários (ABNT, 2020).

2.12.5.5 Sinalização tátil no piso

Sendo um recurso complementar para a promoção da segurança, orientação e mobilidade, especialmente para usuários com deficiência visual, a sinalização tátil e visual desempenha um

papel crucial em espaços públicos e privados. Esse tipo de sinalização tem a função de indicar tanto situações de risco (alerta) quanto direcionamentos em rotas acessíveis. Segundo a NBR 9050, a sinalização tátil nos pisos deve atender a normas específicas, como a ABNT NBR 16.537, que estabelece critérios e parâmetros técnicos para a elaboração de projetos e a instalação de sinalização tátil no piso (ABNT, 2016; ABNT, 2020).

Conforme a NBR 9050 (ABNT, 2020), a sinalização tátil é composta por informações em relevo, como textos, símbolos e Braille. Para a sinalização dos ambientes, a altura dos símbolos deve ter a proporção de 1/200 da distância de visada, com um mínimo de 80 mm. Além disso, o desenho dos símbolos deve seguir as seguintes diretrizes:

- Contornos fortes e bem definidos;
- Simplicidade nas formas, com poucos detalhes;
- Estabilidade na forma;
- Altura mínima dos símbolos: 80 mm;
- Altura do relevo: entre 0,6 mm e 1,20 mm;
- Distância entre o símbolo e o texto: 8 mm;
- Utilização de símbolos padronizados internacionalmente.

2.13 Informações geoespaciais remotas

A utilização de informações geoespaciais desempenha um papel fundamental na concepção e implementação de projetos de acessibilidade urbana universal. Estas informações dão suporte no fornecimento de informações para:

- 1) Mapeamento de Infraestrutura Existente: As informações geoespaciais permitem que as autoridades municipais mapeiem a infraestrutura urbana existente, incluindo calçadas, cruzamentos, semáforos, rampas para cadeiras de rodas e instalações para pessoas com deficiências visuais. Esse mapeamento detalhado serve como ponto de partida para identificar áreas que precisam de melhorias;
- 2) Análise de Rotas Acessíveis: Com dados geoespaciais, é possível analisar as rotas pedestres existentes em relação à acessibilidade. Isso inclui medir distâncias, alturas de meio-fio, inclinações de rampas e a presença de obstáculos. Com base nessa análise, os planejadores podem identificar rotas que precisam de melhorias para atender a padrões de acessibilidade universal;
- 3) Localização de Ponto de Interesse (POIs) Acessíveis: Os dados geoespaciais podem ser usados para identificar e mapear pontos de interesse, como escolas, hospitais, estações

de transporte público e áreas comerciais, acessíveis a todos. Isso ajuda as pessoas a planejarem rotas que atendam às suas necessidades específicas;

- 4) **Avaliação da Qualidade do Ambiente Urbano:** As informações geoespaciais podem ser combinadas com dados sobre a qualidade do ambiente urbano, como iluminação, segurança e poluição sonora. Essa integração ajuda a identificar áreas em que a caminhabilidade pode ser prejudicada e orienta as melhorias necessárias;
- 5) **Planejamento de Transporte Público Acessível:** Os dados geoespaciais são fundamentais para o planejamento de sistemas de transporte público acessíveis. Eles podem ser usados para identificar paradas de ônibus e estações de metrô que precisam de adaptações, bem como para planejar rotas que atendam às necessidades de pessoas com mobilidade reduzida;
- 6) **Monitoramento e Avaliação de Projetos:** As informações geoespaciais também são valiosas para monitorar e avaliar a eficácia de projetos de acessibilidade urbana. Os dados podem ser usados para medir o impacto das melhorias temporal e ajustar os esforços conforme as necessidades em constante evolução da população;
- 7) **Participação Pública:** As informações geoespaciais podem ser compartilhadas com o público para aumentar a conscientização sobre questões de acessibilidade e caminhabilidade. Isso permite que os residentes contribuam com informações sobre problemas em suas áreas e colaborem com os esforços de melhoria.

De acordo com o Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008, que institui a Estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), a informação geoespacial se distingue pela componente espacial, que associa a cada fenômeno uma localização na Terra.

A obtenção das informações geoespaciais podem ocorrer de forma direta, que é o levantamento diretamente em campo, utilizando técnicas de topografia e geodésia, por exemplo. Ou de forma remota, quando a obtenção da informação é realizada a partir da transformação de dados já existentes, ou seja, adquiridos no ambiente através de métodos indiretos, destacam-se as técnicas de fotogrametria, sensoriamento remoto, sejam através da tomada na perspectiva área ou pelo ponto de vista de imagens de rua conhecido por *street view images* (SVI) na língua inglesa. Esta diferença é observada através da Figura 5 apresentada a seguir.

Figura 5 – Margens que as imagens do nível de rua têm sobre as derivadas de plataformas aéreas.



Zhao et al (2018)

Atualmente, as técnicas para obtenção de informação geoespacial remota têm sido amplamente utilizadas no mapeamento de feições urbanas. De maneira geral, essas tecnologias se caracterizam pela possibilidade de se obter informação sem contato direto com o objeto. Quando comparado com o levantamento diretamente em campo, o levantamento remoto apresenta diversas vantagens para a realização do mapeamento da acessibilidade urbana, no que diz respeito ao tempo de execução, possibilidade de atualização com maior frequência e até mesmo, em alguns casos, ao custo financeiro.

2.14 As Imagens de Nível de Rua

As imagens de nível de rua, conhecidas como street view images (SVI) em inglês, são registros visuais dos arredores das vias urbanas. De acordo com Ning et al. (2022), as SVI estão se tornando cada vez mais populares globalmente, sendo utilizadas para diversas finalidades, como navegação, planejamento e exploração de ambientes locais antes de visitas presenciais.

As imagens de nível de rua, especialmente aquelas disponibilizadas por plataformas como o Google Street View (GSV), oferecem uma perspectiva única sobre os ambientes urbanos, permitindo que pesquisadores avaliem diversos aspectos do ambiente construído sem a necessidade de presença física. Kang et al. (2021) destacam que uma das principais vantagens dessas imagens é sua capacidade de capturar detalhes das paisagens urbanas que são frequentemente negligenciados em abordagens tradicionais de sensoriamento remoto, baseadas em imagens aéreas ou de satélite.

Da mesma forma, Sun et al. (2021) ressaltam que as imagens de visualização de rua permitem medir quantitativamente os efeitos das fachadas das ruas, proporcionando uma perspectiva mais centrada no ser humano sobre os ambientes urbanos.

A confiabilidade das SVI como fonte de dados também tem sido foco de pesquisas acadêmicas. Estudos indicam que auditorias virtuais realizadas com o uso dessas imagens podem gerar resultados comparáveis aos obtidos por meio de avaliações presenciais. Clarke et al. (2010) descobriram que, embora certas características, especialmente aquelas que exigem julgamento qualitativo, possam apresentar taxas de concordância mais baixas, a confiabilidade geral das

auditorias baseadas em imagens de visualização de rua é promissora. Vanwolleghem et al. (2014) corroboram esses achados, demonstrando altas pontuações de confiabilidade intra-avaliador para características de ruas avaliadas via Google Street View.

Adicionalmente, a integração de SVI com outras fontes de dados, como imagens aéreas e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), amplia ainda mais seu potencial de aplicação. Cao et al. (2018) mostraram que a combinação de imagens de visualização de rua com dados aéreos pode aprimorar a classificação do uso do solo urbano, proporcionando uma compreensão mais abrangente das paisagens urbanas e de sua dinâmica.

As imagens de nível de rua são acessíveis ao público e representam uma nova e valiosa fonte de dados para investigar a interação entre ambientes físicos e comportamentos humanos. Esforços contínuos têm sido feitos para extrair informações ou conhecimentos dessas imagens, com aplicações que incluem a saúde pública, segurança de pedestres e análise da situação socioeconômica, além de tentativas de detecção e mapeamento de objetos.

2.15 Obtenção das Imagens de Nível de Rua

As imagens de nível de rua são obtidas por meio de um processo complexo que combina tecnologia e técnicas específicas de captura. Esse processo é realizado por veículos equipados com câmeras de 360 graus, que percorrem as ruas registrando imagens em múltiplas direções simultaneamente, permitindo uma cobertura abrangente do ambiente urbano, como ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Sistema R2 Street View



Trek View (2020)

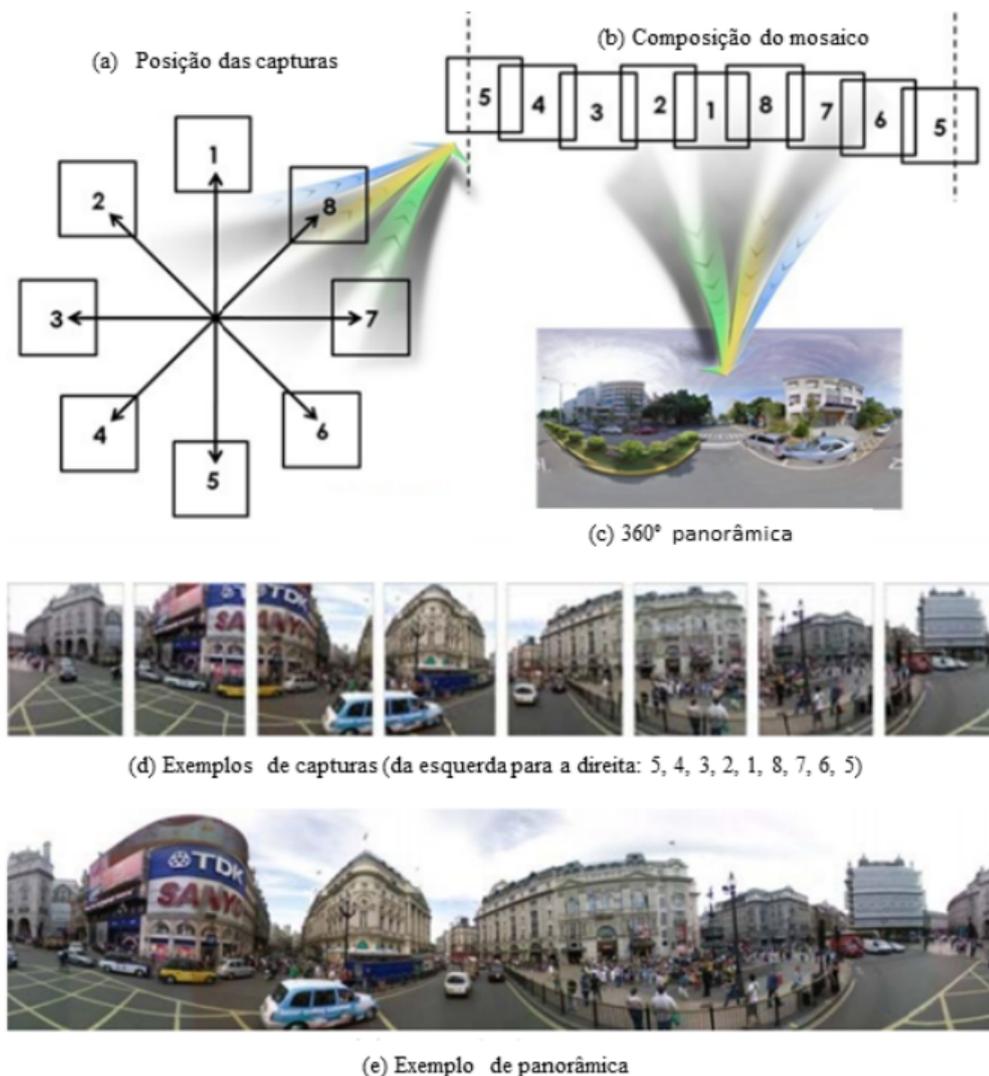
A captura de imagens de nível de rua ocorre em ritmo constante, com os veículos movendo-se a uma velocidade controlada para garantir que as imagens sejam registradas com

clareza e sem distorções. O processo é otimizado para minimizar movimentos que possam comprometer a qualidade das imagens.

Além das câmeras, os veículos podem ser equipados com sensores adicionais, como o GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e LIDAR (*Light Detection and Ranging*), que contribuem para mapear o georreferenciamento das imagens, a topografia e a estrutura do ambiente circundante. A combinação de imagens em 360 graus com dados de LIDAR permite a criação de modelos tridimensionais precisos das áreas urbanas.

Após a captura, as imagens passam por um processo de pós-produção, que inclui correção de distorções e costura das imagens sobrepostas, criando uma visualização contínua, conforme exemplificado na Figura 7. Esse processo é fundamental para assegurar que as transições entre as imagens sejam suaves e que a experiência do usuário seja satisfatória. O uso de algoritmos avançados de processamento de imagem possibilita a remoção de artefatos indesejados e a melhoria da qualidade visual das imagens (Soares, 2012).

Figura 7 – Composição de uma panorâmica do SVI



Silveira (2023) discute o processamento de imagens omnidirecionais e suas aplicações, destacando o valor dessa combinação tecnológica na representação espacial. Ademais, Fangi (2015), citado por Barazzetti et al. (2020), menciona que a relação entre as coordenadas de pixel na imagem equirectangular e a imagem esférica segue a equação apresentada abaixo:

$$[x, y]^T = r \begin{bmatrix} \cos(\theta) \sin(\phi) \\ \sin(\theta) \sin(\phi) \\ \cos(\phi) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Onde:

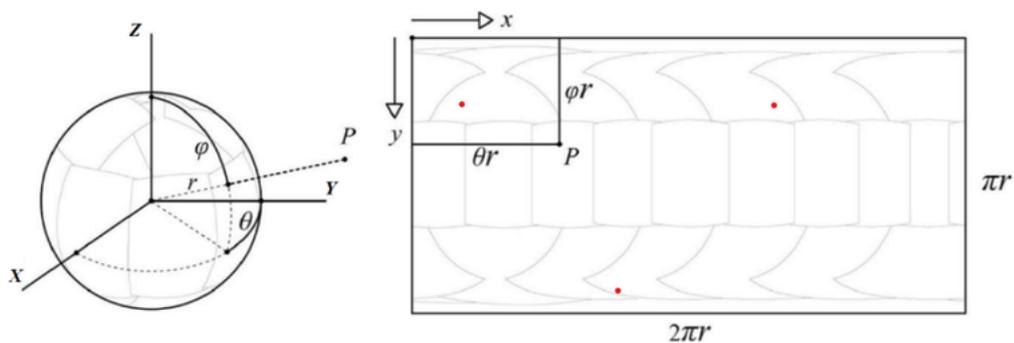
(x, y) são coordenadas de pixel;

(θ, ϕ) representam as componentes horizontal e vertical (longitude e latitude, respectivamente) do mesmo ponto;

e r corresponde à distância focal da câmera utilizada.

A Figura 8 ilustra essa relação. Ao haver uma correspondência entre uma esfera visual real e uma imagem equirectangular, é possível, utilizando-se recursos computacionais, reprojeter a imagem equirectangular sobre uma esfera virtual, criando-se, assim, uma imagem 360° em um ambiente imersivo. O *Street View* é uma das ferramentas que executa essa fase.

Figura 8 – Relação entre as coordenadas esféricas e projetadas na imagem equirectangular



Wahbeh e Nardinocchi (2015)

Fatores técnicos, como a qualidade das câmeras e as condições de iluminação, também influenciam a captura das imagens. O uso de câmeras de alta resolução é imprescindível para garantir que as imagens sejam nítidas e detalhadas. Ademais, as condições de iluminação podem afetar significativamente a aparência das imagens, exigindo que os operadores de captura estejam atentos a esses fatores ao planejar as rotas (Medeiros, 2023).

2.16 O Google Street View

O *Google Street View*, amplamente conhecido e utilizado atualmente, teve suas origens em meados de 2001, no projeto *The Stanford CityBlock Project*, desenvolvido pela Universidade

de Stanford com patrocínio do Google. Na fase inicial do Street View, entre 2006 e 2007, foi utilizada uma van Chevrolet equipada com scanners a laser frontais e laterais, duas câmeras de vídeo de alta velocidade e oito câmeras de alta resolução, conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Conceito inicial Street View.



Trek View (2020)

O serviço foi oficialmente introduzido como parte do *Google Maps* em maio de 2007. A ideia inicial era fornecer uma maneira acessível para visualizar ruas e ambientes urbanos. Desde o seu lançamento, o *Google Street View* (GSV) tem sido continuamente expandido e atualizado, com imagens capturadas em diversas cidades e países ao redor do mundo. O serviço começou com algumas cidades dos Estados Unidos e, ao longo dos anos, expandiu-se para abranger milhões de imagens de ruas em mais de 80 países (Senna et al., 2021).

Um aspecto relevante é a sobreposição ideal das imagens, essencial para criar uma experiência visual contínua e imersiva (Millan, 2021). Essa abordagem não apenas facilita a navegação visual das ruas, mas também possibilita análises detalhadas do ambiente urbano.

As imagens capturadas pelo *Google Street View* são caracterizadas por sua alta resolução e formato panorâmico. Cada imagem oferece um campo de visão de 180 graus na vertical e 360 graus na horizontal, permitindo aos usuários uma visualização abrangente do ambiente. Essa capacidade de visualização é crucial para a análise de elementos urbanos, como a condição das calçadas, a presença de vegetação e a arquitetura dos edifícios (Senna et al., 2021).

Outro destaque do GSV é sua acessibilidade. As imagens podem ser visualizadas gratuitamente por qualquer pessoa com acesso à internet, democratizando o acesso à informação sobre o ambiente urbano. Essa acessibilidade é um fator-chave para a realização de auditorias

virtuais, que oferecem uma alternativa eficiente às auditorias de campo na avaliação da microescala do ambiente urbano (Moreira et al., 2021).

As aplicações do *Google Street View* são amplas e diversificadas. Uma das principais utilizações está na pesquisa acadêmica, onde suas imagens são empregadas para estudar aspectos do ambiente construído, como a caminhabilidade e a qualidade dos espaços públicos. Estudos indicam que as auditorias virtuais realizadas com o GSV podem fornecer dados confiáveis sobre as características do ambiente urbano, permitindo que pesquisadores analisem a relação entre o espaço físico e o comportamento humano (Steinmetz-Wood et al., 2019).

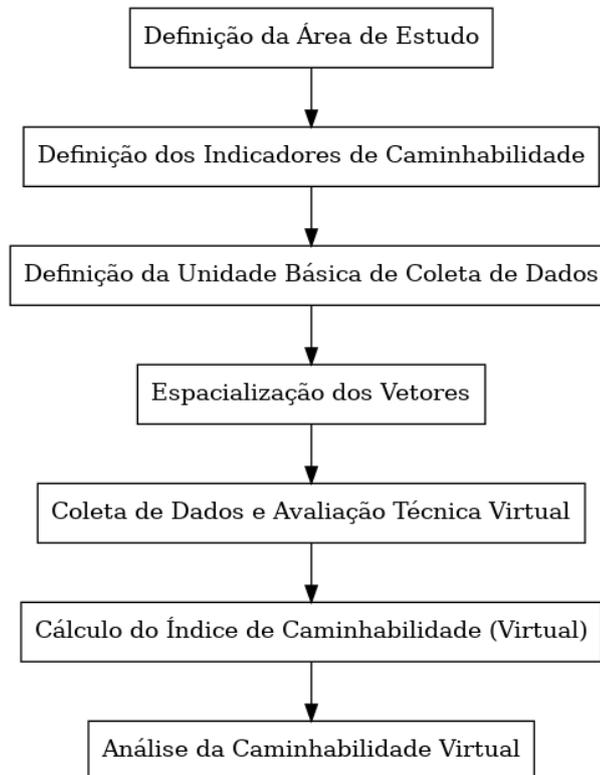
3 PROPOSTA METODOLÓGICA

Este capítulo apresenta a proposta metodológica para o mapeamento da caminhabilidade com base em imagens de nível de rua, detalhando as etapas de análise e avaliação dos dados coletados. Além disso, será apresentada a metodologia de validação, que visa assegurar a precisão e confiabilidade dos dados mapeados, possibilitando a comparação dos resultados obtidos com as condições reais em campo.

3.1 Metodologia para o Mapeamento Virtual

A metodologia proposta para o mapeamento virtual está estruturada em uma sequência de etapas, conforme ilustrado no fluxograma da Figura 10 e posteriormente detalhas.

Figura 10 – Fluxograma da metodologia virtual



Autor (2024)

3.1.1 Definição da Área de Estudo

A primeira etapa da metodologia é a definição da área de estudo. A seleção dessa área preferencialmente deverá ser baseada em critérios de representatividade urbana e disponibilidade de dados em plataformas de visualização virtual, como o Google Street View. A área escolhida deverá apresentar uma diversidade de características urbanas que permita uma análise abrangente

da caminhabilidade, contemplando vias com diferentes níveis de acessibilidade e variadas condições de infraestrutura urbana.

3.1.2 Definição dos Indicadores de Caminhabilidade

Em seguida, será realizada a definição dos indicadores que serão utilizados para mensurar a caminhabilidade das vias analisadas. Esses indicadores deverão ser selecionados com base na literatura científica e em metodologias consolidadas, adequando-os ao contexto específico da área de estudo.

3.1.3 Definição da Unidade Básica de Coleta de Dados

A unidade básica de coleta de dados será definida pela segmentação do espaço urbano em blocos, quadras ou trechos de ruas. Essa segmentação deve garantir que os dados coletados sejam homogêneos dentro de cada unidade e representativos das condições reais de caminhabilidade. A definição da unidade básica facilita a organização dos dados e permite uma análise mais detalhada e precisa das condições de caminhabilidade em cada segmento da área de estudo.

3.1.4 Espacialização dos Vetores

Com a área de estudo e as unidades de coleta de dados definidas, procede-se à espacialização dos vetores. Nessa etapa, serão utilizadas ferramentas de geoprocessamento para delimitar de forma precisa os trechos de vias que serão analisados. Essa espacialização, realizada em softwares de Sistema de Informação Geográfica (SIG), garantirá a correspondência espacial exata das vias selecionadas e possibilitará uma visualização clara e objetiva da área estudada.

3.1.5 Coleta de Dados nas Imagens de Nível de Rua e Avaliação Técnica Virtual

A avaliação e coleta de dados serão realizadas virtualmente, utilizando plataformas de visualização de imagens de rua e software GIS. Esta abordagem permite observar e analisar as condições físicas das vias e suas características de acessibilidade sem a necessidade de deslocamento ao local, otimizando tempo e recursos.

3.1.5.1 Escolha da Plataforma

Para a coleta de dados, será utilizada a plataforma Google Street View, que oferece ampla cobertura geográfica, atualizações frequentes e imagens de alta qualidade. Essas características tornam a plataforma adequada para a avaliação visual detalhada das vias públicas.

3.1.5.2 Procedimento de Coleta

Cada unidade será percorrida virtualmente para observação das condições de caminhabilidade, utilizando o *plugin Street View* no QGIS, que possibilita a integração direta da navegação virtual no ambiente SIG. Esse recurso permitirá “caminhar” virtualmente pelas vias, captando imagens e registrando as condições de infraestrutura em pontos de interesse para os indicadores de caminhabilidade previamente definidos. Durante o processo de navegação, serão registrados tanto dados qualitativos quanto quantitativos, organizados de forma padronizada para a análise subsequente. A integração entre o *plugin Street View* e o QGIS otimiza o procedimento de coleta, facilitando a captura de informações essenciais para a análise espacial detalhada e mantendo todos os dados estruturados em uma única plataforma.

3.1.6 Integração dos Dados Coletados

Após a coleta, os dados obtidos por meio da plataforma *Street View* serão organizados em um banco de dados georreferenciado. Utilizando ferramentas de SIG, os dados serão espacializados e combinados com outras informações urbanas, como redes viárias e zoneamentos, possibilitando análises mais detalhadas e a criação de mapas temáticos.

3.1.7 Cálculo do Índice de Caminhabilidade (Virtual)

Após a coleta dos dados, será realizado o cálculo do índice de caminhabilidade virtual, que consistirá na combinação ponderada dos indicadores definidos anteriormente. Esse índice permitirá quantificar a qualidade da caminhabilidade em cada unidade de análise, facilitando comparações entre diferentes áreas da cidade e destacando as regiões que apresentam melhores ou piores condições de acessibilidade.

3.1.8 Análise da Caminhabilidade (virtual)

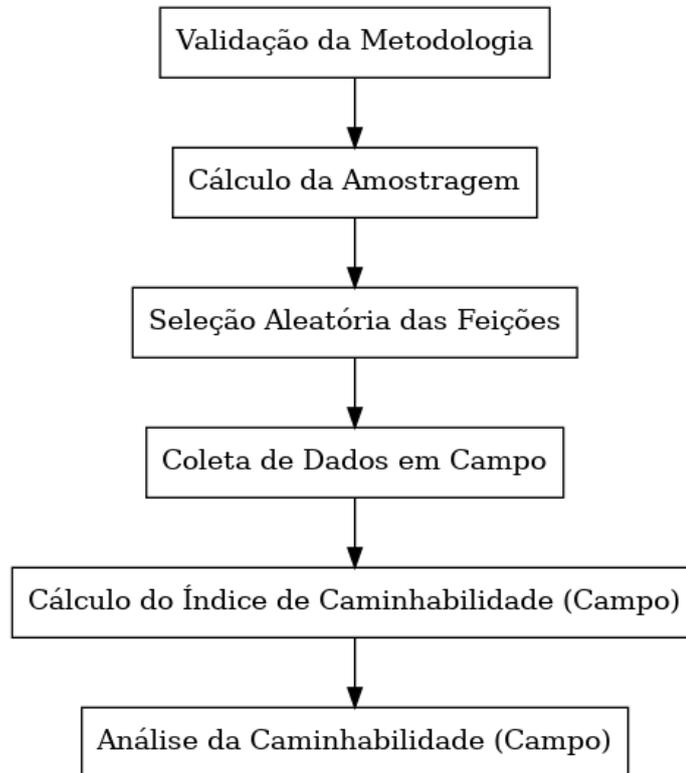
Com o índice de caminhabilidade calculado, será conduzida a análise dos resultados obtidos. Essa etapa objetiva identificar padrões espaciais, verificar correlações entre variáveis e apontar áreas críticas que demandam melhorias na acessibilidade. Além disso, serão gerados mapas temáticos que facilitarão a visualização das áreas com diferentes níveis de caminhabilidade.

3.2 Metodologia de Validação

11Para assegurar a confiabilidade e a precisão dos resultados obtidos na análise de caminhabilidade, baseada em imagens de nível de rua, propõe-se um processo de validação estruturado em etapas sequenciais, conforme fluxograma da Figura , visando comparar os resultados virtuais com dados coletados diretamente em campo. Esse processo permitirá avaliar

a representatividade e a precisão do índice de caminhabilidade, bem como realizar ajustes, caso necessário.

Figura 11 – Fluxograma da metodologia de validação



Autor (2024)

3.2.1 Cálculo do Tamanho da Amostra

A validação segue com o cálculo do tamanho da amostra necessário para garantir que os dados coletados em campo sejam representativos da área de estudo. Esse cálculo será realizado utilizando um erro amostral tolerável previamente estabelecido, para equilibrar a precisão dos resultados e a viabilidade prática da coleta de dados. A população total considerada compreenderá os segmentos de calçadas da área estudada.

A fórmula utilizada para o cálculo do tamanho da amostra seguirá o modelo de amostra aleatória simples:

$$n_0 = \frac{1}{E^2} \quad (3.1)$$

$$n = \frac{(N * n_0)}{(N + n_0)} \quad (3.2)$$

Onde:

N é o tamanho da população (total de segmentos);

E é o erro amostral tolerável;

n é o tamanho da amostra necessária;

n_0 é a primeira aproximação do tamanho da amostra

Com base nesses parâmetros, o tamanho da amostra será definido para garantir uma cobertura adequada da área de estudo e permitir uma comparação precisa entre os dados coletados em campo e os resultados obtidos na análise virtual. Esse processo busca capturar as variabilidades nas condições das calçadas e assegurar a representatividade dos dados coletados.

3.2.2 Seleção Aleatória dos Segmentos

Após o cálculo do tamanho da amostra, proceder-se-á à seleção aleatória dos segmentos de calçadas a serem avaliados em campo. A seleção aleatória é essencial para garantir que a amostra seja representativa e livre de vieses, permitindo uma avaliação imparcial das condições de caminhabilidade.

Para realizar essa seleção, utilizar-se-á uma ferramenta de seleção aleatória disponível no software QGIS. Esse procedimento possibilitará a escolha automatizada dos segmentos a serem analisados, distribuindo-os de forma equilibrada por toda a área de estudo e garantindo a representatividade das diversas condições encontradas nas vias urbanas.

3.2.3 Coleta de Dados em Campo

A etapa seguinte consistirá na coleta de dados em campo, a ser realizada nos segmentos selecionados aleatoriamente. Durante as visitas, será utilizado um formulário padronizado contendo os mesmos indicadores de caminhabilidade aplicados na análise virtual, assegurando a comparabilidade dos dados obtidos em campo com os virtuais.

Além do preenchimento dos formulários, serão registradas fotografias dos locais que apresentarem características relevantes, como calçadas danificadas, presença de obstáculos e ausência de rampas. Esses registros visuais complementarão os dados quantitativos e fornecerão uma base sólida para a comparação com os resultados da análise virtual.

3.2.4 Cálculo do Índice de Caminhabilidade (Campo)

Após a coleta de dados, será realizado o cálculo do índice de caminhabilidade com base nas informações registradas em campo. Esse cálculo seguirá a mesma metodologia aplicada na avaliação virtual, combinando os indicadores de caminhabilidade em um índice único para cada segmento de calçada. Essa abordagem permitirá uma comparação direta entre os índices gerados nas duas metodologias.

Cada segmento de calçada será avaliado individualmente para cada indicador, atribuindo-se uma pontuação conforme os critérios definidos pelo índice. Esse índice, calculado com base nos dados coletados em campo, fornecerá um parâmetro de comparação para validar a análise

virtual, destacando possíveis discrepâncias e indicando a precisão da metodologia aplicada remotamente.

3.2.5 Análise Comparativa e Discussão dos Resultados

Com o índice de caminhabilidade calculado em campo, será realizada uma análise comparativa entre os resultados das avaliações virtual e presencial. Essa etapa permitirá identificar eventuais discrepâncias entre as metodologias e avaliar a capacidade da análise virtual de capturar as condições reais das calçadas.

A análise comparativa possibilitará verificar a validade e a precisão do índice de caminhabilidade virtual, destacando possíveis limitações da metodologia virtual em certos aspectos, como a detecção de pequenos desníveis ou defeitos superficiais. Discrepâncias significativas serão analisadas criticamente, e ajustes na metodologia virtual poderão ser propostos, caso necessário, para aumentar sua confiabilidade.

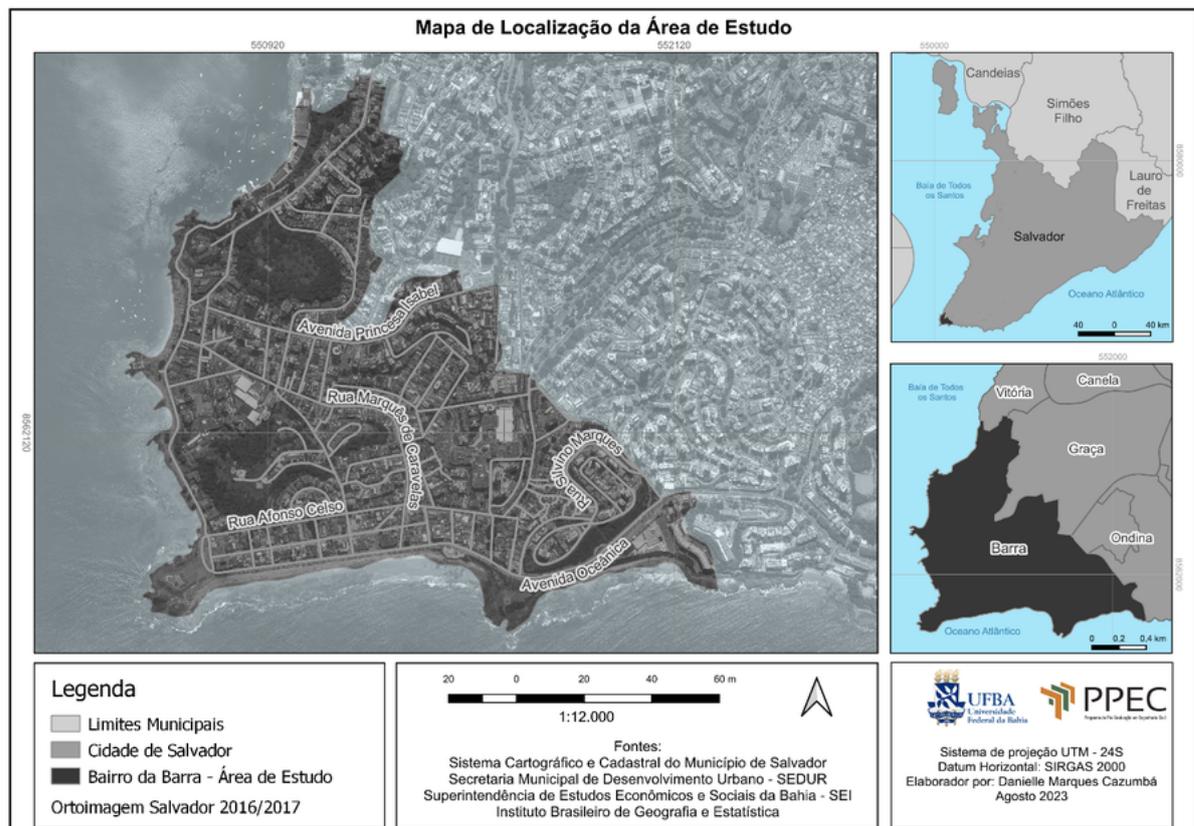
4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Neste capítulo serão abordados os procedimentos metodológicos utilizados para o estudo da caminhabilidade e a avaliação do potencial das imagens SVI para utilização em índices de caminhabilidade, a contextualização da área de estudo, os procedimentos de coleta e a aplicação do índice de avaliação da caminhabilidade.

4.1 Caracterização da área de estudo

Para a definição da área de estudo desta pesquisa, foram consideradas as características específicas e as demandas relacionadas aos fluxos de pedestres, a fim de garantir que o estudo fosse direcionado a um local relevante e que os resultados tivessem impacto na experiência dos pedestres na região. Então o bairro da Barra, localizado no município de Salvador, no estado da Bahia, região Nordeste do Brasil, foi definido como área de estudo para esta pesquisa, ela está ilustrada na Figura 12, subsequentemente apresentada.

Figura 12 – Mapa de localização da área de estudo



O autor (2024)

A Barra é um dos bairros mais conhecidos e turísticos de Salvador. Situado na península que separa a Baía de Todos os Santos do Oceano Atlântico, o bairro abriga o Farol da Barra, o

primeiro farol da costa brasileira e o mais antigo das Américas, e o Forte de Santa Maria.

Tanto os residentes de Salvador quanto os turistas, a Barra é um destino bastante popular. A Praia do Farol da Barra é uma das mais movimentadas da cidade, enquanto a Praia do Porto da Barra é famosa por suas águas cristalinas sendo considerada uma das melhores praias urbanas do Brasil. Além das belezas naturais, o bairro também é conhecido por suas festas populares, como o Carnaval, que atrai milhares de foliões para as ruas.

O bairro da Barra abriga ruas e avenidas importantes da capital baiana, como a Avenida Sete de Setembro, a Avenida Oceânica e a Rua Marquês de Caravelas, além de uma extensa área de calçada ao longo da orla. Sua infraestrutura conta com uma variedade de estabelecimentos comerciais, incluindo shoppings, supermercados, farmácias e lojas de conveniência.

Apesar das transformações pelas quais o bairro passou nos últimos anos, ainda existem diversas demandas e preocupações relacionadas à caminhabilidade na Barra. Portanto, julgou-se relevante escolher o bairro da Barra como área de estudo para esta pesquisa, a fim de analisar e propor melhorias nesse aspecto.

4.2 Definição dos indicadores de caminhabilidade

A obtenção de um índice de caminhabilidade envolve a definição de indicadores que ajudem a avaliar a facilidade e a segurança dos pedestres em uma determinada área. Os indicadores de caminhabilidade são medidas quantitativas e qualitativas usadas para avaliar a experiência de caminhar.

O ICam 2.0, conforme detalhado no capítulo anterior, abrange um conjunto de 15 indicadores distribuídos em seis categorias distintas, cada uma oferecendo uma perspectiva importante da caminhabilidade. A definição dos indicadores que compõem o índice de caminhabilidade desta pesquisa foi uma adaptação do ICam 2.0.

Primeiramente, durante o processo de adaptação, observou-se que alguns dos indicadores do ICam 2.0 não podiam ser coletados por meio de auditoria técnica virtual usando SVI. Portanto, para manter a viabilidade da coleta de dados, optou-se por excluir esses indicadores, que são o fluxo de pedestres diurno e noturno, uso público diurno e noturno e a poluição sonora. Embora esses indicadores sejam importantes na avaliação da caminhabilidade, sua exclusão foi necessária devido à limitação dos métodos de coleta disponíveis.

Além disso, durante a análise do ICam 2.0, observou-se uma lacuna relacionada à acessibilidade para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. O ICam 2.0 não inclui uma categoria que aborda especificamente os elementos que influenciam diretamente a experiência de caminhar desses indivíduos. Nesse contexto, para tornar a avaliação mais inclusiva e abrangente, foi incluída uma categoria adicional denominada “Acessibilidade.”

Sendo esta nova categoria composta por três indicadores essenciais:

- 1) Piso Tátil: este indicador avalia a presença de pisos táteis, fundamentais para orientar e auxiliar as pessoas com deficiência visual na navegação segura pelas ruas e calçadas.

- 2) **Obstáculos:** Mede a presença de obstáculos nas calçadas, como postes, caixas de correio ou veículos estacionados, que podem representar desafios para pessoas com mobilidade reduzida.
- 3) **Rampa:** Avalia a disponibilidade de rampas de acesso nas calçadas, facilitando a mobilidade de cadeirantes e outras pessoas com mobilidade reduzida.

Essa inclusão da categoria de acessibilidade enriqueceu a abordagem do índice de caminhabilidade, assegurando que a experiência de caminhar seja avaliada de maneira mais completa e inclusiva. Ela complementa as seis categorias preexistentes do ICam 2.0 e destaca a importância de garantir que o ambiente urbano seja acessível e amigável para todos os cidadãos.

4.3 Descrição dos indicadores

Com as adaptações propostas nesta pesquisa, o índice de caminhabilidade adotado possui 18 indicadores agrupados em 7 categorias, como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Adaptação das categorias e indicadores do ICam 2.0



adaptação de ITDP (2018a)

Cada indicador que compõe o Índice de Caminhabilidade possui particularidades e critérios de classificação diversos. Devido a isso, o Manual da Versão 2.0 do ICam descreve os parâmetros de adequação dos valores obtidos para cada classe (ótimo, bom, suficiente e

insuficiente). Esses parâmetros serão apresentados a seguir, onde se procurou também adicionar referências aos indicadores.

4.3.1 Calçada

Nesta categoria são mensurados dois indicadores, o pavimento e a largura. De acordo o ITDP (2018a), uma calçada ideal não contém buracos, desníveis ou irregularidades sendo pavimentada ao longo de toda a sua extensão. Além disso, precisa possuir uma largura mínima que esteja conforme a demanda do segmento no período de maior fluxo de pessoas. Esses itens são imprescindíveis para a circulação de pedestres.

No indicador pavimentação são quantificados todos os buracos com mais de 15 centímetros de comprimento em uma de suas dimensões e os desníveis superiores a 1,5 centímetro, com exceção de escadarias, ao longo do segmento da calçada analisado, seguindo os critérios de avaliação e pontuação abaixo:

- Pontuação 3 – ótimo: Todo o trecho é pavimentado, não há buracos ou desníveis
- Pontuação 2 - bom: todo o trecho é pavimentado, porém, há ≤ 5 buracos ou desníveis a cada 100 m de extensão.
- Pontuação 1 - suficiente: todo o trecho é pavimentado, porém, há ≤ 10 buracos ou desníveis a cada 100 m de extensão.
- Pontuação 0 - insuficiente: inexistência de pavimentação em algum trecho ou há > 10 buracos, ou desníveis a cada 100 m de extensão.

A avaliação para o indicador largura é feita em duas etapas. Primeiro é observado o formato da rua (via exclusivas para pedestres, vias compartilhadas ou vias com calçadas segregadas), e mensurada a largura da faixa livre em cada segmento de calçada, medindo sempre no ponto mais estreito da circulação. A faixa livre a ser considerada deve ser ausente de obstáculos permanentes ou temporários e prevê a possibilidade de circulação de um cadeirante (1,5m) e outra pessoa passando ao lado (2,0m). Já na segunda etapa é avaliado o fluxo de pedestres, a fim de verificar se a faixa atende ao fluxo local. A avaliação e pontuação obedece aos seguintes critérios:

- Pontuação 3 – ótimo: largura mínima ≥ 2 m e comporta o fluxo de pedestres ou trata-se de uma via exclusiva para pedestres (calçadão).
- Pontuação 2 - bom: largura mínima $\geq 1,5$ m e comporta o fluxo de pedestres, ou é uma via compartilhada e comporta o fluxo de pedestres.
- Pontuação 1 - suficiente: largura mínima $\geq 1,5$ m e não comporta o fluxo de pedestres, ou é uma via compartilhada e não comporta o fluxo de pedestres.
- Pontuação 0 - insuficiente: largura mínima $< 1,5$ m.

4.3.2 Mobilidade

Os indicadores avaliados nesta categoria são: Dimensão das quadras e a distância a pé ao transporte.

A extensão lateral das quadras colabora para melhorar a mobilidade do pedestre. As dimensões dadas pela distância entre uma esquina e outra, no mesmo lado da rua, devem permitir oportunidades de cruzamentos e possibilitar rotas mais diretas. As pontuações atribuídas seguem os critérios abaixo:

- Pontuação 3 - ótimo: lateral da quadra ≤ 110 m de extensão.
- Pontuação 2 - bom: lateral da quadra ≤ 150 m de extensão.
- Pontuação 1 - suficiente: lateral da quadra ≤ 190 m de extensão.
- Pontuação 0 - insuficiente): lateral da quadra > 190 m de extensão

Além disso, a proximidade das estações de transporte coletivo facilita o acesso do pedestre aos locais de destino. Para mensurar esse indicador é medida a distância a pé entre o ponto médio do segmento da calçada e a estação ou parada de ônibus mais próxima, simulando o percurso do pedestre ao longo do caminho, e não em linha reta, pontuada de acordo com os critérios abaixo:

- Pontuação 3 - ótimo: distância máxima a pé até uma estação de transporte de alta ou média capacidade ≤ 500 m.
- Pontuação 2 - bom: distância máxima a pé até uma estação de transporte de alta ou média capacidade ≤ 750 m.
- Pontuação 1 - suficiente: distância máxima a pé até uma estação de transporte de alta ou média capacidade ≤ 1 km.
- Pontuação 0 - insuficiente: distância máxima a pé até uma estação de transporte de alta ou média capacidade > 1 km.

4.3.3 Segurança Viária

Tipologias de rua adequadas e travessias que atendem aos regulamentos de acessibilidade contribuem para melhorar a percepção da segurança viária. O indicador “tipologia da rua” verifica as características físicas das vias e a velocidade de circulação para os veículos. De acordo com o ITDP (2018a), há uma relação exponencial entre a velocidade dos veículos e as mortes no trânsito. Acima de 30 km/h, todo acréscimo na velocidade amplia a letalidade da colisão. Portanto as vias com velocidades mais baixas recebem maiores pontuações por representar maior segurança aos pedestres.

- Pontuação 3 - ótimo: vias exclusivas para pedestres (calçadas).
- Pontuação 2 - bom: vias compartilhadas entre os modos de transporte - velocidade regulamentada ≤ 20 km/h; vias com calçadas segregadas e circulação de veículos motorizados - velocidade regulamentada ≤ 30 km/h.
- Pontuação 1 - suficiente: vias compartilhadas entre os modos de transporte - velocidade regulamentada ≤ 30 km/h; vias com calçadas segregadas e circulação de veículos motorizados - velocidade regulamentada ≤ 50 km/h.
- Pontuação 0 - insuficiente: vias compartilhadas entre os modos de transporte - velocidade regulamentada > 30 km/h; vias com calçadas segregadas e circulação de veículos motorizados - velocidade regulamentada > 50 km/h.

As faixas de travessia visam alertar aos usuários da via para a prioridade dos pedestres naquele ponto. No ICam 2.0 são considerados requisitos de qualidade para as travessias as seguintes características: faixa de travessia de pedestres visível, acesso completo a cadeiras de rodas, piso tátil de alerta e direcional, tempos de travessia adequados a pessoas com mobilidade reduzida e ainda o sinal sonoro em travessias semaforizadas com alto fluxo de pedestres.

Para que o segmento obtenha pontuação máxima, deve todas as travessias que partem daquele trecho obtenham notas máximas. As notas referentes a cada critério aparecem no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Requisitos para o indicador travessia

	 Travessias semaforizadas	 Travessias não semaforizadas
Nota +30:	Há faixa de travessia de pedestres visível ou trata-se de via com baixo volume de veículos motorizados (existe somente uma faixa de circulação de veículos ou trata-se de via compartilhada com os diferentes modos de transporte).	
Nota +25:	Há rampas com inclinação apropriada às cadeiras de rodas no acesso à travessia de pedestres ou a travessia é no nível da calçada.	
Nota +15:	Há piso tátil de alerta e direcional no acesso à travessia de pedestres.	
Nota +30	A duração da fase “verde” para pedestres é superior a 10 segundos e a duração da fase “vermelha” para pedestres (tempo de ciclo) é inferior a 60 segundos.	Há áreas de espera de pedestres (ilhas de refúgio ou canteiros centrais) para travessias com distância superior a 2 faixas de circulação de automóveis consecutivas.

ITDP (2018)

- Pontuação 3 - ótimo: 100% das travessias a partir do segmento da calçada cumprem os requisitos de qualidade.
- Pontuação 2 - bom: $\geq 75\%$ das travessias a partir do segmento da calçada cumprem os requisitos de qualidade.
- Pontuação 1 - suficiente: $\geq 50\%$ das travessias a partir do segmento da calçada cumprem os requisitos de qualidade.
- Pontuação 0 - insuficiente: $< 50\%$ das travessias a partir do segmento da calçada cumprem os requisitos de qualidade.

4.3.4 Atração

A concentração de pedestres pode beneficiar a segurança pública. Fachadas fisicamente permeáveis e visualmente ativas atraem as pessoas para a rua. Comércio, serviços e equipamentos públicos estimulam a convivência e alteram a relação do pedestre com o ambiente construído. Pisos térreos ativos evitam a monotonia do caminhar e cooperam para que as pessoas permaneçam na rua por mais tempo (SANTOS et al., 2017).

Para o indicador “fachadas fisicamente permeáveis” são contabilizadas as entradas e acessos, ao longo da face da quadra, que contribui para a atração dos pedestres, tais como aberturas nas fachadas de lojas, entradas de parques, restaurantes, cafés e entradas ativas de serviço. Os critérios de pontuação estabelecidos pela metodologia do ICam 2.0 foram adaptados apresentados a seguir:

- Pontuação 3 - ótimo: ≥ 5 entradas por 150 m de extensão da face de quadra.
- Pontuação 2 - bom: ≥ 3 entradas por 150 m de extensão da face de quadra.
- Pontuação 1 - suficiente: ≥ 1 entrada por 150 m de extensão da face de quadra.
- Pontuação 0 - insuficiente: < 1 entrada por 150 m de extensão da face de quadra.

O indicador “fachadas visivelmente ativas” avalia a extensão de elementos que permitem a conexão visual entre o meio interno e externo às edificações, como janelas e paredes parcial ou completamente transparentes, situados entre o térreo e o primeiro andar na face da quadra avaliada. A extensão de todos os elementos visualmente ativos considerados, onde o valor é dividido pela extensão de cada segmento de calçada e multiplicado por 100. Após o cálculo da porcentagem da extensão total de elementos ativos, a pontuação é atribuída a partir dos critérios a seguir:

- Pontuação 3 – ótimo: $\geq 60\%$ da extensão da face de quadra é visualmente ativa.
- Pontuação 2 - bom: $\geq 40\%$ da extensão da face de quadra é visualmente ativa.
- Pontuação 1 - suficiente: $\geq 20\%$ da extensão da face de quadra é visualmente ativa.
- Pontuação 0 - insuficiente: $< 20\%$ da extensão da face de quadra é visualmente ativa.

Em “usos mistos” é analisado o uso predominante nos pavimentos das edificações. A diversidade de usos é favorável para os pedestres, uma vez que possibilita o acesso a um maior número de serviços a distâncias caminháveis. São contabilizados também a existência de lotes vazios ou sem uso.

- Pontuação 3 - ótimo: $\leq 50\%$ do total de pavimentos é ocupado pelo uso predominante.
- Pontuação 2 - bom: $\leq 70\%$ do total de pavimentos é ocupado pelo uso predominante.
- Pontuação 1 - suficiente: $\leq 85\%$ do total de pavimentos é ocupado pelo uso predominante.
- Pontuação 0 - insuficiente: $> 85\%$ do total de pavimentos é ocupado pelo uso predominante ou o segmento não cumpre dois requisitos.

4.3.5 Segurança pública

A iluminação proporciona maior sensação de segurança e conseqüentemente favorece a caminhabilidade em horários noturnos. O ICam 2.0 sugere duas metodologias para avaliar este indicador: através da iluminância, mensurada com um luxímetro, e o levantamento alternativo, que utilizado nesta pesquisa, o qual dispensa o uso de equipamentos específicos e pode ser realizado em qualquer horário do dia. Os requisitos de qualidade são apresentados no Quadro 14, onde é respondido “sim” ou “não” para existência de cada um desses.

Figura 14 – Requisitos para o indicador Iluminação (levantamento alternativo).

Nota +20	Há pontos de iluminação voltados à rua (faixas de circulação de veículos).
Nota +40	Há pontos de iluminação dedicados ao pedestre, iluminando exclusivamente a calçada.
Nota +40	Há pontos de iluminação nas extremidades do segmento, iluminando a travessia. (nota +20 se houver em somente uma extremidade).
Nota -10	Há obstruções de iluminação ocasionadas por árvores ou lâmpadas quebradas.

ITDP Brasil (2018)

- Pontuação 3 - ótimo: resultado da avaliação = 100. A iluminação atende totalmente os requisitos mínimos para o pedestre.
- Pontuação 2 - bom: resultado da avaliação = 90.
- Pontuação 1 - suficiente: resultado da avaliação = 60.
- Pontuação 0 - insuficiente: resultado da avaliação < 60 ou inexistência de iluminação noturna em determinados pontos.

4.3.6 Ambiente

Entre as características que delineiam um ambiente que proporciona uma caminhada agradável estão: a presença de sombra durante a maioria do dia, o conforto acústico e ruas limpas. A sombra pode ser fornecida por árvores, marquises, abrigos de transporte público. A pontuação do segmento segue os critérios mostrados a seguir:

- Pontuação 3 - ótimo: $\geq 75\%$ da extensão do segmento da calçada apresenta elementos adequados de sombra/abrigo.

- Pontuação 2 - bom: $\geq 50\%$ da extensão do segmento da calçada apresenta elementos adequados de sombra/abrigo.
- Pontuação 1 - suficiente: $\geq 25\%$ da extensão do segmento da calçada apresenta elementos adequados de sombra/abrigo.
- Pontuação 0 - insuficiente: $< 25\%$ da extensão do segmento da calçada apresenta elementos adequados de sombra/abrigo.

O indicador “coleta de lixo e limpeza” avalia as condições de limpeza das ruas, o qual é um aspecto relevante para um ambiente atrativo e agradável para caminhar. A pontuação foi levantada conforme os requisitos de qualidade são apresentados no Quadro 4:

Quadro 4 – Requisitos para o indicador Coleta de Lixo e Limpeza.

Nota -10	Presença de 3 ou mais sacos de lixo espalhados ou concentrados ao longo da calçada.
Nota -20	Há visivelmente mais de 1 detrito a cada metro de extensão na calçada.
Nota -40	Presença de lixo crítico (seringas, materiais tóxicos, preservativos, fezes, vidro, materiais perfurocortantes) ou presença de animal morto no ambiente de circulação de pedestres.
Nota -30	Presença de bens irreversíveis (por exemplo, um sofá); entulho no trecho; presença de galhadas ou pneus no ambiente de circulação de pedestres

ITDP Brasil (2018)

- Pontuação 3 - ótimo: resultado da avaliação = 100 - a limpeza urbana está adequada ao pedestre.
- Pontuação 2 - bom: resultado da avaliação = 90.
- Pontuação 1 - suficiente: resultado da avaliação = 80.
- Pontuação 0 - insuficiente: resultado da avaliação < 80 ou a limpeza urbana está inadequada ao pedestre.

4.3.7 Acessibilidade

A caminhabilidade deve ser garantida a todos e para isso, um ambiente caminhável precisa ser universal e respeitar às necessidades de todas as pessoas. Sendo então a acessibilidade um

conceito prioritário a ser aplicado em todas as ações públicas que promovam de qualidade de vida no âmbito do espaço urbano, a categoria foi incluída e os indicadores mensurados conforme avaliação e critérios descritos abaixo:

A ausência de pisos táteis torna extremamente dificultosa a caminhada para pedestres que com deficiência pois a presença desses pisos conduz através do alto relevo no chão em contato com o indivíduo, orientando-o com segurança. Os critérios de avaliação e pontuação estão descritos abaixo:

- Pontuação 3 – ótimo: Todo o trecho possui piso tátil;
- Pontuação 2 - bom: todo o trecho possui, porém, há uma descontinuidade a cada 150 m de extensão.
- Pontuação 1 - suficiente: todo o trecho possui, porém, há duas ou mais descontinuidades a cada 150 m de extensão.
- Pontuação 0 - insuficiente: inexistência de piso tátil.

Para tornar o espaço público acessível faz-se necessário eliminar obstáculos físicos ou naturais que impedem ou dificultam a circulação autônoma das pessoas longo das calçadas. A avaliação e pontuação deste indicador obedece aos seguintes critérios:

- Pontuação 3 – ótimo: Todo o trecho não possui obstáculos;
- Pontuação 2 - bom: o trecho possui um ou mais obstáculos sinalizados;
- Pontuação 1 – suficiente: o trecho possui um obstáculo não sinalizado;
- Pontuação 0 - insuficiente: o trecho possui mais de um obstáculo não sinalizado.

O último indicador da categoria de acessibilidade é a rampa. A calçada sem rampa torna-se inacessível e impede que todas as pessoas, sejam elas com deficiência, mobilidade reduzida ou simplesmente de posse de um carrinho de bebê, por exemplo, acesse com autonomia a referida calçada. A avaliação e pontuação deste indicador obedece aos seguintes critérios:

- Pontuação 3 – ótimo: Calçada com rampa de acesso de acordo com os normativos vigentes;
- Pontuação 2 - bom: calçada com rampa de acesso em desacordo com os normativos vigentes;
- Pontuação 1 – suficiente: calçada no mesmo nível da rua
- Pontuação 0 - insuficiente: calçada inacessível.

4.4 Definição da Unidade Básica de Coleta de Dados

A unidade fundamental para coleta de dados e avaliação dos indicadores nesta pesquisa foi o “segmento de calçada”, uma escolha que segue a abordagem proposta pelo iCam 2.0. Esse conceito se refere a uma porção específica da rua, delimitada pelos cruzamentos adjacentes na rede de pedestres, mesmo que esses cruzamentos não envolvam veículos motorizados.

A decisão de utilizar o segmento de calçada como a unidade de análise central foi tomada para proporcionar uma representação precisa da experiência do pedestre ao caminhar. Dessa forma, permitir uma avaliação minuciosa dos indicadores de caminhabilidade ao longo das rotas de caminhada, tornando possível identificar áreas de melhoria e áreas que já atendem aos critérios desejados.

4.5 Espacialização dos Vetores

Para a aplicação da metodologia proposta, foram utilizados os vetores de calçadas do Conjunto de Dados Geoespacial Vetorial de Salvador, bem como uma ortoimagem datada de 2017, ambos disponibilizados pelo geoserviço da Prefeitura Municipal. Esses dados forneceram a base espacial necessária para identificar e analisar as condições dos segmentos de calçada dentro da área de estudo, permitindo uma representação precisa das estruturas urbanas e dos elementos que impactam a caminhabilidade.

Os vetores de calçadas foram importados para o software QGIS, onde seus atributos foram editados para refletir as características essenciais à análise de caminhabilidade. A ortoimagem foi utilizada como referência para a localização e posicionamento preciso dos vetores, o que contribuiu para uma melhor identificação dos elementos no espaço urbano e facilitou a correspondência entre os dados geoespaciais e os pontos de interesse no campo.

4.6 Coleta de Dados nas Imagens de Nível de Rua e Avaliação Técnica Virtual

Nessa fase, navegou-se virtualmente pelas ruas da área de estudo utilizando as plataformas Google Street View e Google Maps, com foco nas calçadas. A metodologia aplicada permitiu a captura precisa das condições de caminhabilidade e acessibilidade, garantindo que todas as características relevantes para a análise fossem devidamente registradas.

Durante essa etapa, cada segmento de calçada foi examinado de forma sistemática, e todas as informações solicitadas para a obtenção do ICam 2.0 foram registradas. Entre os aspectos observados, destacaram-se a presença de buracos, rachaduras, desníveis, obstáculos físicos, ausência de rampas de acessibilidade e sinalização inadequada, além de quaisquer outras características que poderiam comprometer a segurança e a acessibilidade para os pedestres. Esse processo de observação criteriosa assegurou que cada detalhe influente na experiência de caminhabilidade dos usuários fosse considerado na análise.

Para realizar essa avaliação visual detalhada dos segmentos de calçada, utilizou-se o plugin “Street View” no QGIS, que permitiu o acesso direto às imagens de nível de rua do Google Street View dentro do ambiente SIG. Esse recurso viabilizou uma visualização e análise em 360 graus dos pontos de interesse identificados previamente nos vetores de calçadas, proporcionando uma inspeção visual minuciosa das condições físicas das calçadas, como a largura, a presença de obstáculos, a qualidade do pavimento e a acessibilidade.

A integração entre dados geoespaciais e imagens de nível de rua possibilitou uma análise abrangente e detalhada da caminhabilidade na área de estudo. Esse procedimento fundamentou a base para o cálculo do índice de caminhabilidade, assegurando que os resultados da análise fossem precisos e confiáveis, alinhados aos objetivos do estudo e às condições reais observadas virtualmente.

4.7 Cálculo do Índice de Caminhabilidade

A pontuação final para cada indicador é obtida através equação (4.1) e (4.2) da soma das pontuações ponderadas de cada segmento de Calçada. (ITDP, 2018).

$$Pi_1 = \frac{(e_1 * 100)}{(e_1; e_2; e_3 \dots)} * i_1 \quad (4.1)$$

$$Ri_1 = \frac{(Pi_1; Pi_2 \dots)}{100} \quad (4.2)$$

Onde:

Pi_1 = pontuação ponderada do segmento de calçada para cada indicador;

$e_1; e_2; e_3 \dots$ = extensão de cada segmento de calçada;

i_1 = Pontuação atribuída ao segmento para cada indicador (0-1-2-3);

Ri_1 = Resultado de cada indicador.

Para cada indicador o ITDP (2018), determina que a pontuação calculada, corresponda a critérios específicos de avaliação.

A pontuação final para cada categoria corresponde à média aritmética de cada indicador presente na categoria, conforme a equação (4.3) e (4.4).

$$Ci_1 = \frac{(Pi_1; Pi_2 \dots)}{n_1} \quad (4.3)$$

$$RCi = \frac{(Ci_1; Ci_2 \dots)}{100} \quad (4.4)$$

Onde:

$Ci_1; Ci_2 \dots$ = Pontuação ponderada do segmento de calçada para cada categoria.

$Pi_1; Pi_2; \dots$ = Pontuação ponderada do segmento de calçada para cada indicador.

n_1 = Número de indicadores pertencentes à categoria.

RC = Resultado de cada categoria.

A pontuação final do índice de caminhabilidade é calculada através da média aritméticas de todas as categorias, conforme a equação (4.5)

$$RI = \frac{(Rc_1; Rc_2 \dots)}{nc} \quad (4.5)$$

Onde:

RI = Resultado final do índice de caminhabilidade.

RC1; RC2; . . . = Resultado final de cada categoria.

nc = Número de categorias pertencentes ao índice

4.8 Validação da Metodologia

Para a validação da metodologia foi utilizado o método original proposto pelo ITDP. Inicialmente foi realizado o cálculo do tamanho da amostra e a adaptação do formulário proposto pelo ITDP para avaliar a caminhabilidade e o levantamento dos dados em campo.

Os segmentos foram avaliados individualmente e compuseram a nota final. Para cada segmento de calçada será atribuída uma pontuação que poderá variar de 0 (zero) a 3 (três), representando uma avaliação qualitativa da experiência do pedestre em insuficiente (0), suficiente (1), bom (2) ou ótimo (3).

A segunda etapa compreenderá de um levantamento fotográfico das ruas que compõem a área de estudo. Durante o processo de obtenção de dados em campo, serão registrados por meio de fotografias planas os locais com aspectos relevantes para caracterização das calçadas.

E a terceira etapa será o tratamento dos dados e comparação com as informações obtidas segundo os critérios estabelecidos pela ferramenta. Esta etapa também será composta pelo cálculo do Índice propriamente e análise dos resultados.

Todo o processo de cálculo dos resultados será feito a partir da Planilha de Cálculo da Ferramenta ICam 2.0, disponível no site oficial do ITDP Brasil. Obtido o resultado de cada categoria e do ICam, estes serão classificados e demonstrados em mapas temáticos que serão produzidos utilizando o software QGIS.

4.8.1 Definição do tamanho da amostra

Para calcular o tamanho da amostra foi definido um erro tolerável de 10% a quantidade de seguimentos avalizados para o cálculo do índice acima apresentado foi de 180 segmentos. Foi utilizada a fórmula para o cálculo de uma amostra aleatória simples.

$$n_0 = \frac{1}{0,10^2} = 100$$

$$n = \frac{(180*100)}{(180+100)} = 64, 2$$

Onde:

N é o tamanho da população (N = 180).

E é o erro amostral tolerável (10%, ou seja, E = 0.10)

é a primeira aproximação do tamanho da amostra

Portanto, com base na fórmula acima e considerando um erro tolerável de 10% e uma população de 180 indivíduos, o tamanho da amostra necessário para esta pesquisa é aproximadamente 64 segmentos. Foi utilizada uma ferramenta de seleção aleatória no software QuantumGis para selecionar os 64 segmentos a serem analisados.

A segunda etapa foi a adaptação do formulário proposto pelo ITDP para avaliar a caminhabilidade e o levantamento dos dados em campo e a terceira etapa foi o tratamento dos dados e comparação com as informações obtidas segundo os critérios estabelecidos pela ferramenta. Esta etapa também é composta pelo cálculo do Índice propriamente e análise dos resultados.

4.8.2 Seleção aleatória das feições

Após o cálculo do tamanho da amostra foi realizada a seleção aleatória das feições que seriam levantadas dentro da área de estudo, para isso foi empregado o *plugin* do QGIS denominado “Seleção Aleatória”. Este recurso proporciona uma abordagem sistemática e automatizada para a escolha dos segmentos de forma aleatória.

O *plugin* supracitado possibilita a aplicação de parâmetros específicos, como a quantidade desejada de feições a serem escolhidas aleatoriamente. Este método evita enviesamentos na seleção manual e assegura que todas as feições tenham uma chance igual de serem incluídas na amostra.

Esta seleção aleatória foi essencial para refletir de maneira fiel à diversidade da área em estudo, permitindo inferências mais robustas e generalizáveis a partir dos resultados obtidos. Além disso, a seleção automatizada por meio do *plugin* “Seleção Aleatória” no QGIS garante não apenas a aleatoriedade, mas também a boa distribuição das amostras ao longo da área de estudo.

4.8.3 Coleta de Dados

Cada indicador constitui uma fonte fundamental de informação para a avaliação. Tomando a categoria “calçada” como exemplo, o indicador de pavimentação requer dados sobre a presença ou ausência de pavimentação, a quantidade de buracos e a existência de desníveis na calçada a cada 100 metros. Para cada segmento avaliado, as informações da rua lateral foram registradas no início e no final do percurso.

As visitas de campo foram realizadas nos dias 24, 29 e 30 de setembro. Nos dias 29 e 30, foi necessária a assistência de uma pessoa para realizar as medições no local, e nessa etapa, o formulário foi preenchido conforme as características analisadas.

Durante a coleta de dados em campo, foram registrados, por meio de fotografias, locais com aspectos relevantes para a caracterização das calçadas. Esses elementos específicos podem ser visualizados na figura abaixo.

4.8.4 Cálculo do Índice de Caminhabilidade (Campo)

Para calcular a pontuação final de cada indicador, foi determinado percentual da extensão de cada segmento de calçada em relação ao comprimento total avaliado. Esse processo envolve a divisão do comprimento de cada segmento pela soma das extensões de todos os segmentos utilizados, multiplicando o resultado por 100. Com o percentual da extensão do segmento obtido, multiplicou-se esse valor pela pontuação atribuída ao segmento em cada indicador.

Para obter a pontuação final do indicador, somaram-se as pontuações ponderadas de cada segmento avaliado e dividiu-se o resultado por 100, conforme as diretrizes do ITDP, Brasil (2018), como descrito nas equações 1 e 2 do item 3.7 desta pesquisa.

E para as pontuações finais das categorias avaliadas, o ITDP Brasil (2018) recomenda calcular a média aritmética entre as pontuações ponderadas dos indicadores de cada categoria. O valor final de cada categoria é, então, obtido somando-se as pontuações ponderadas dos segmentos de calçada e dividindo o resultado por 100, conforme as equações 3, 4 e 5 do item 3.7 desta pesquisa. Esse método assegura uma avaliação abrangente e ponderada, refletindo a qualidade global das categorias em análise.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia descrita anteriormente. As discussões subsequentes mergulharão nas implicações desses resultados, contextualizando-os no âmbito mais amplo da literatura pertinente e explorando as possíveis ramificações para futuras pesquisas.

5.1 Índice de Caminhabilidade

Após conduzir uma auditoria técnica virtual utilizando imagens SVI e aplicar a metodologia oficial do iCam para calcular o índice, as notas dos indicadores e categorias foram determinadas e classificadas para cada segmento, variando entre suficiente e bom. Essa classificação é atribuída com base na nota final alcançada por cada segmento.

A área de estudo recebeu uma classificação global de “suficiente”, atingindo a nota de 1,75. Às sete categorias do iCam obtiveram pontuações que variaram de insuficientes a boas, as quais serão detalhadas no decorrer deste capítulo. A síntese dos resultados está apresentada na Tabela 1 a seguir.

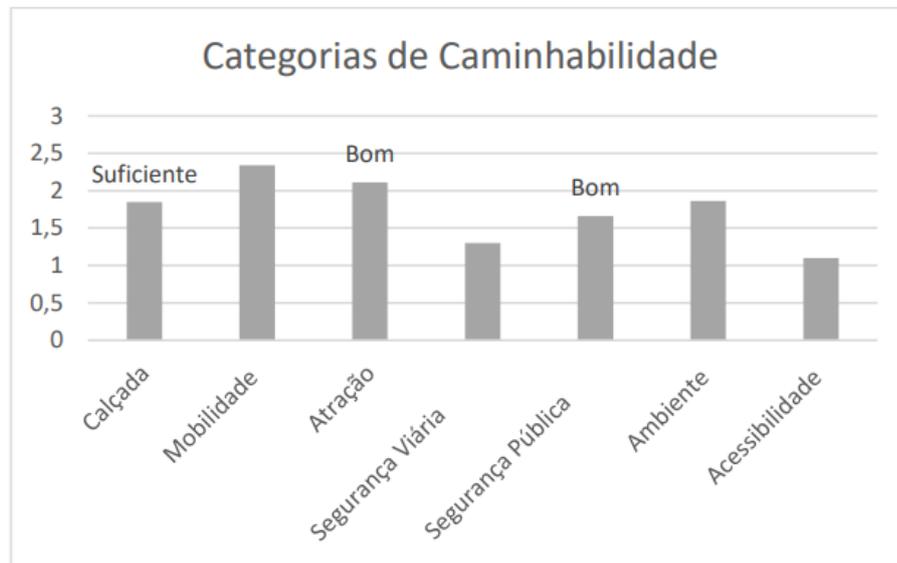
Tabela 1 – Pontuações e as respectivas avaliações das categorias e indicadores

Categoria	Pontuação	Classificação	Indicador	Pontuação	Classificação
Calçada	1,85	Suficiente	Largura	1,75	Suficiente
			Pavimentação	1,95	Suficiente
Mobilidade	2,34	Bom	Dimensão das Quadras	1,89	Suficiente
			Distância a Pé ao Transporte	2,78	Bom
Atração	2,11	Bom	Fachadas Fisicamente Permeáveis	2,38	Bom
			Fachadas Fisicamente Ativas	2,29	Bom
			Usos Mistos	1,65	Suficiente
Segurança Viária	1,30	Suficiente	Tipologia da Rua	1,48	Suficiente
			Travessias	1,12	Suficiente
Segurança Pública	1,66	Suficiente	Iluminação	1,66	Suficiente
Ambiente	1,86	Suficiente	Sombra e Abrigo	1,76	Suficiente
			Coleta de Lixo	1,96	Suficiente
Acessibilidade	1,10	Suficiente	Piso Tátil	1,31	Suficiente
			Obstáculos	1,33	Suficiente
			Rampa	0,66	Insuficiente

Autor (2024)

Observa-se que todas as categorias são suscetíveis a intervenções, sejam elas de curto ou médio prazo, conforme indicado pelas pontuações. Apesar de as categorias de mobilidade e atração terem recebido pontuação “boa”, ainda são necessárias intervenções a médio prazo. No geral, a avaliação total da área demonstra condições insuficientes de caminhabilidade, exigindo intervenções a médio prazo para aprimorar as condições para os pedestres.

Gráfico 1 – Classificação das notas das categorias



Autor (2024)

O gráfico acima 1 ilustra a classificação das notas das categorias correspondentes à área de estudo. Para uma compreensão mais detalhada e visualização dos resultados, cada indicador e categoria será abordado individualmente, culminando na apresentação do índice de caminhabilidade desenvolvido para o recorte espacial da área de estudo, com a avaliação das imagens do *Google Street View* para esse propósito.

Para melhor entendimento e visualização dos resultados, serão tratadas individualmente cada indicador e cada categoria e por fim será apresentado o índice da caminhabilidade elaborado para o recorte espacial da área de estudo, além da avaliação das *street view images* para esta finalidade.

5.1.1 Categoria Calçada

A calçada ideal proporciona um ambiente seguro e confortável para caminhar, com materiais adequados, ausência de obstáculos e desníveis entre terrenos, além de um posicionamento adequado do mobiliário urbano e da vegetação, para não obstruir a passagem dos pedestres. A qualidade de uma calçada para a circulação de pedestres pode ser avaliada principalmente com base em três fatores: fluidez, conforto e segurança.

Uma calçada fluente apresenta largura e espaço livres que atendem ao fluxo de pedestres, permitindo que eles caminhem com velocidade constante e sem interrupções. A calçada confortável, „ possui superfície lisa, quase horizontal, antiderrapante mesmo quando molhada e livre de obstáculos. Já uma calçada segura reúne essas características sem riscos de quedas ou tropeços, protegendo a integridade física dos pedestres, como cabeça, mãos e pernas.

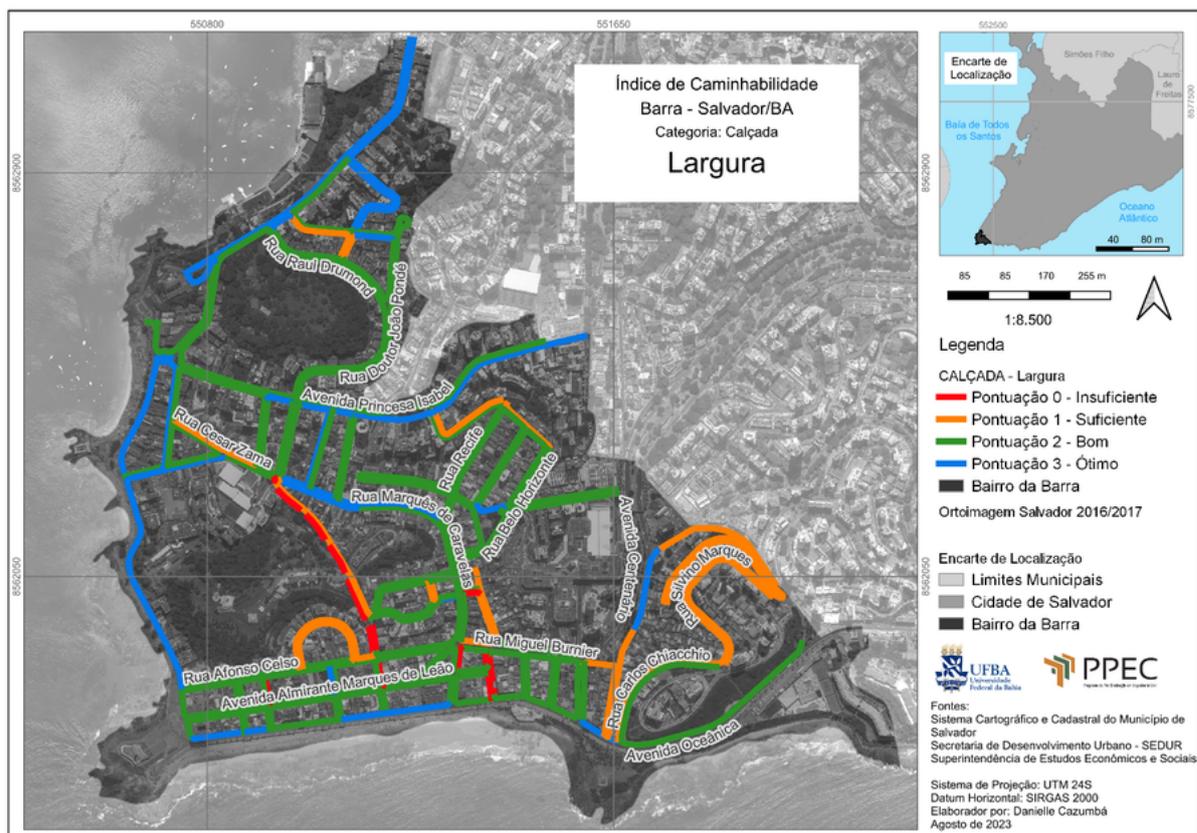
Segundo a análise do Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP), a qualidade de uma calçada está diretamente ligada à infraestrutura, considerando-se aspectos

como dimensões, superfície e manutenção adequada do piso. Dois indicadores principais são avaliados: largura e pavimentação. Na análise geral, a categoria “calçada” obteve uma pontuação de 1,85, considerada suficiente.

O indicador “largura” foi avaliado pela dimensão crítica da faixa livre em cada segmento de calçada estudado, sendo 1,50 metros a largura mínima recomendada para evitar pontuação “0”. A largura crítica da faixa livre é definida como a menor largura disponível em um trecho, influenciada também pelos indicadores de fluxo de pedestres e tipologia da rua, pois, quanto maior o fluxo de pedestres, maior é a necessidade de largura para garantir um bom fluxo.

A Figura 15 apresenta o mapa temático do indicador “largura” no recorte espacial da área de estudo. A largura obteve uma pontuação de 1,95, considerada suficiente. Dos 180 segmentos avaliados, 17,8% foram classificados como “ótimos”, 62,8% como “bons”, 13,9% como “suficientes” e 5,6% como “insuficientes”.

Figura 15 – Mapa Temático do indicador Largura



Autor (2024)

Alguns pontos críticos foram identificados no bairro da Barra, no segmento da Rua Dom Marcos Teixeira a largura crítica de faixa livre possui aproximadamente 60 centímetros, conforme Figura 16. Já no segmento da Rua Professor Lemos Brito há ausência de calçadas, apresentado na Figura 17, não possui calçada para pedestres. Existem outros casos, como mostram as Figura 18 e 19 em que a largura crítica foi consideravelmente pequena, devido a postes de energia elétrica,

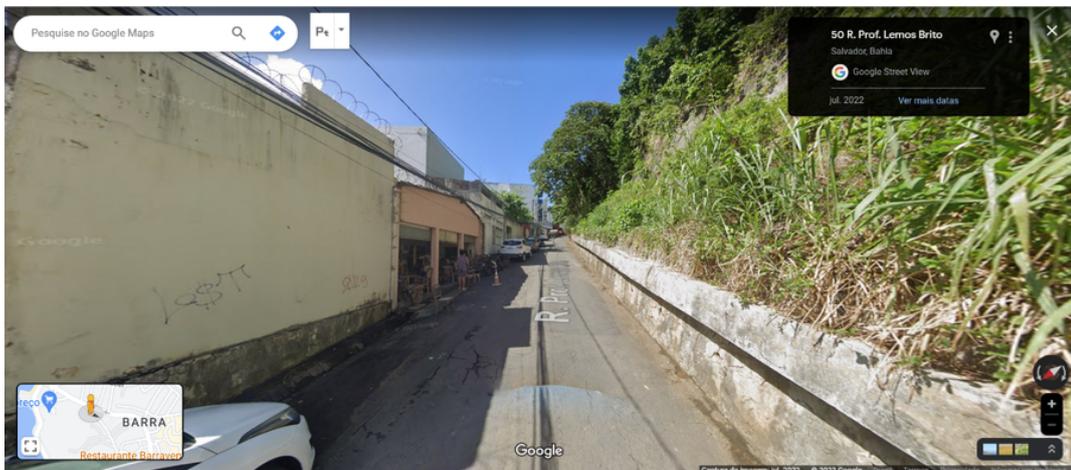
bancos fixos, árvores, entre outros que invadiam a faixa livre.

Figura 16 – Segmento da Rua Dom Marcos Teixeira com largura crítica



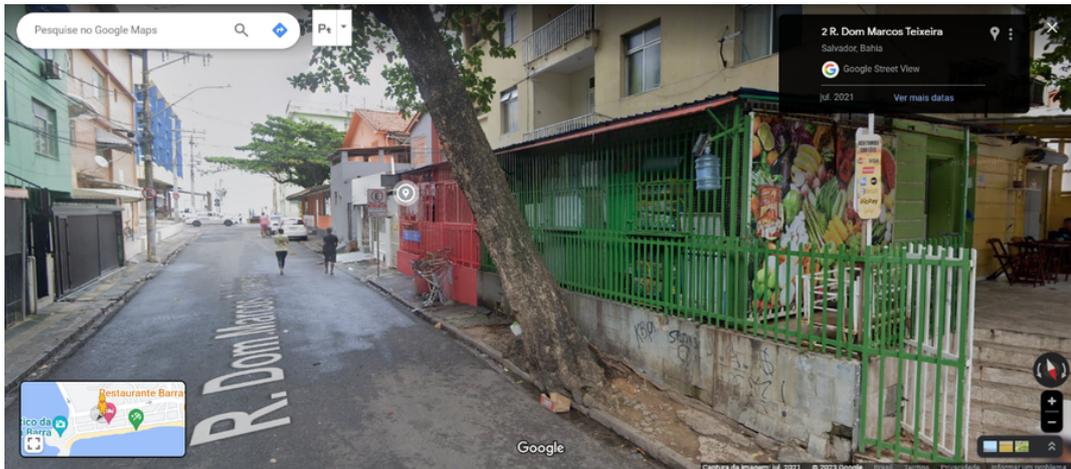
Google Street View (2022)

Figura 17 – Segmento da Rua Professor Lemos Brito sem calçada



Google Street View (2022)

Figura 18 – Segmento da Rua Dom Marcos Teixeira



Google Street View (2021)

Figura 19 – Segmento da Rua Travessa Marquês de Caravelas



Google Street View (2022)

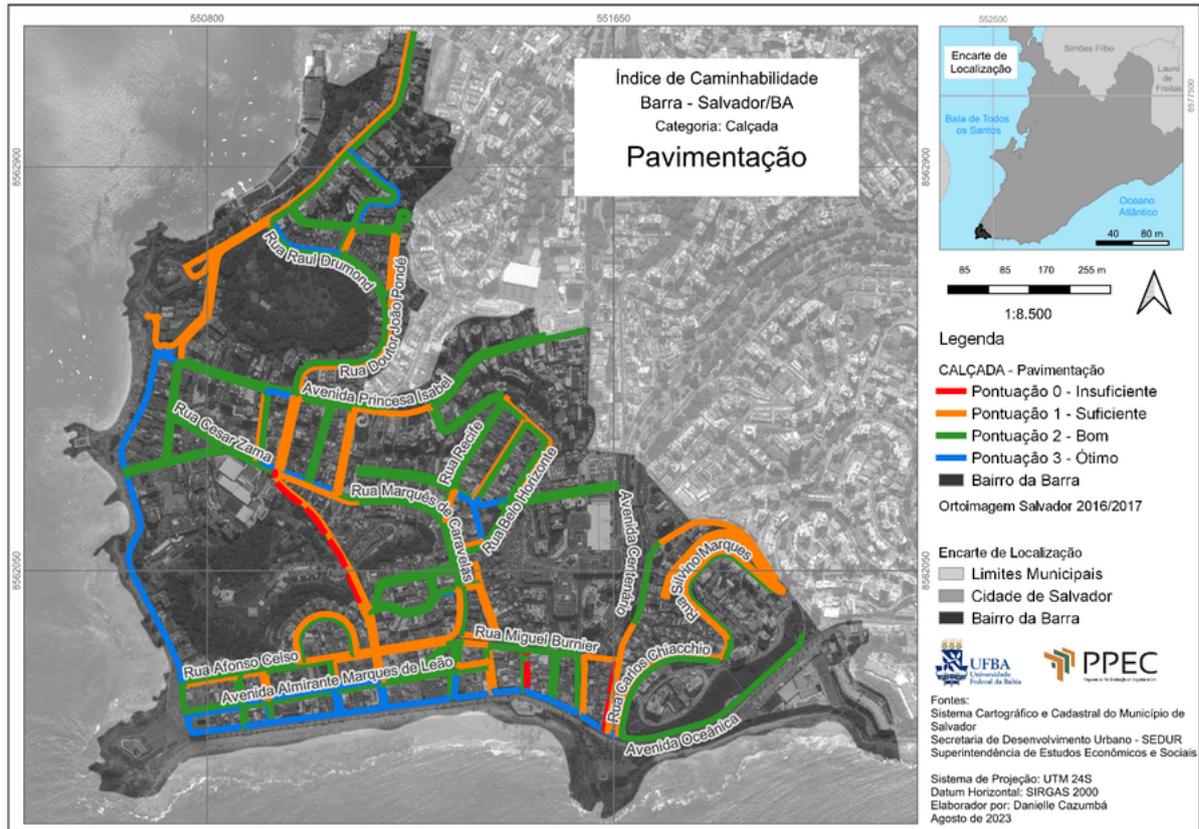
Para o indicador de pavimentação, foi feita de forma visual através da identificação de segmentos pavimentados ou não e do número de buracos e desníveis que esses segmentos possuíam.

A Pavimentação obteve uma pontuação 1,75, enquadrada como suficiente, apontado os seguintes percentuais de classificação: 17,8% dos trechos foram considerados ótimos, não sendo encontrados buracos e desníveis ao longo do segmento de calçada. 50,5% foram considerados bons, apresentando no máximo 5 buracos e desníveis a cada 100 metros de extensão, 30% foram considerados suficientes, apresentando no máximo 10 buracos e desníveis a cada 100 metros de extensão; 1,7% foram considerados insuficientes, apresentando mais de 10 buracos e desníveis a

cada 100 metros de extensão ao longo da calçada.

O mapa desse indicador se encontra apresentado na Figura 20, sendo possível identificar os trechos com as suas respectivas classificações.

Figura 20 – Mapa Temático do indicador Pavimentação



Autor (2024)

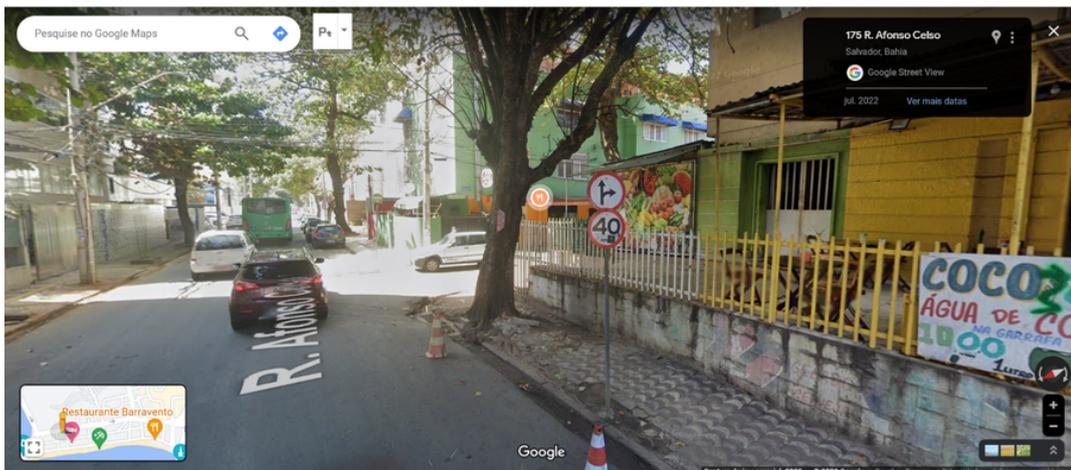
O segmento da Rua Professor Fernando Luz apresenta diferentes tipos de pavimento e buracos com dimensões superiores a 15 cm, conforme Figura 21. O segmento da Rua Afonso Celso não possui trecho totalmente pavimentado devido às raízes das árvores que danificaram o pavimento existente, não havendo posterior manutenção ao ocorrido, conforme exposto na Figura 22.

Figura 21 – Segmento da Rua Professor Fernando Luz



Google Street View (2021)

Figura 22 – Segmento da Rua Afonso Celso



Google Street View (2022)

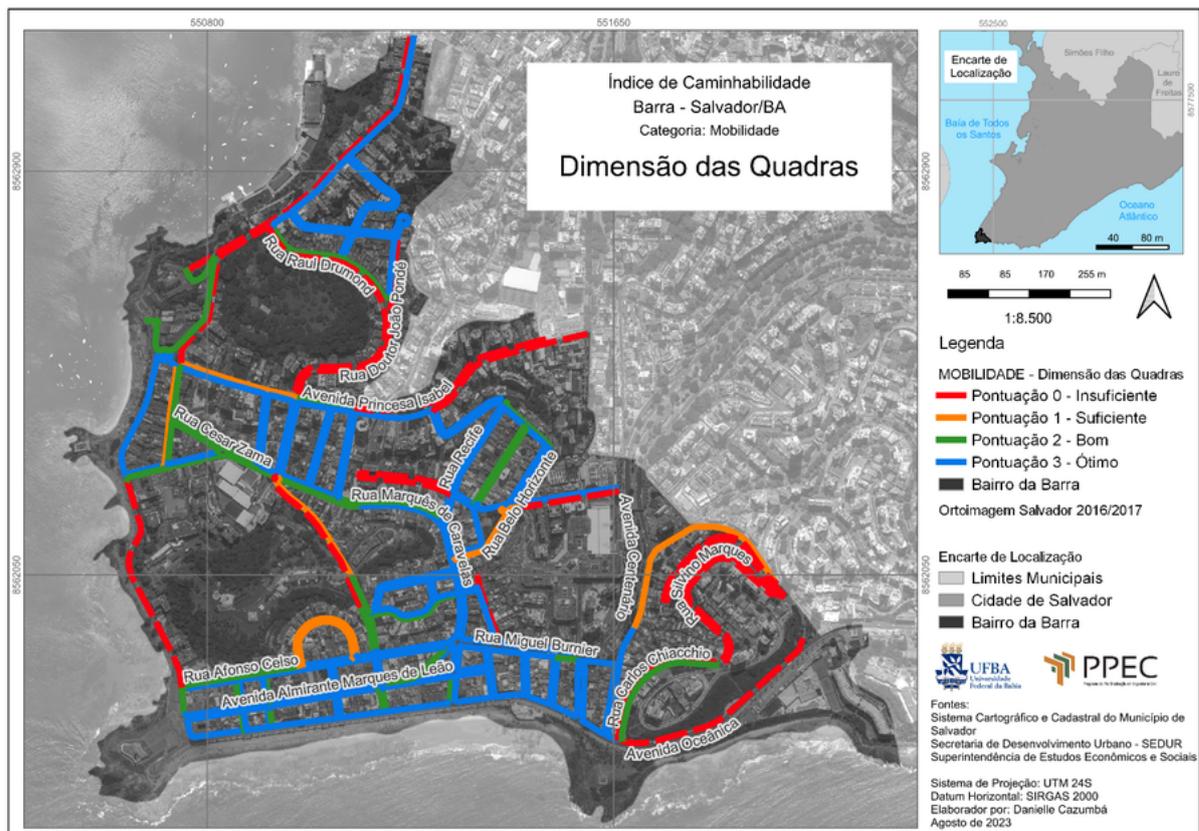
5.1.2 Categoria Mobilidade

A mobilidade está intimamente relacionada à acessibilidade e à disponibilidade do sistema de transporte público, além de depender da permeabilidade da estrutura urbana. Para avaliar esses aspectos, foram considerados indicadores como a dimensão das quadras e a distância a pé até o transporte público. Os resultados obtidos a partir desses indicadores foram combinados por meio de uma média aritmética, resultando em uma pontuação final de 2,34. Com base nessa avaliação, conclui-se que a experiência dos pedestres ao se deslocarem pelo bairro em mobilidade é positiva, embora intervenções de melhoria a médio prazo sejam recomendáveis.

As quadras constituem elementos fundamentais da composição urbana, delimitadas por cruzamentos e travessias (sejam estas exclusivas para pedestres ou não). Sua dimensão desempenha um papel essencial na mobilidade dos pedestres, pois influencia a possibilidade de pontos de cruzamento e a criação de trajetos mais eficientes e diretos.

No indicador “dimensão das quadras”, a pontuação obtida foi de 1,89, classificada como suficiente. A distribuição dos percentuais de classificação é a seguinte: 67,8% dos trechos foram considerados ótimos, com extensão de quadra inferior ou igual a 110 metros; 17,8% foram classificados como bons; 4,4% como suficientes; e 10% como insuficientes. A Figura 23 apresenta o mapa desse indicador, onde é possível visualizar os trechos com suas respectivas classificações.

Figura 23 – Mapa Temático do indicador Dimensão das Quadras



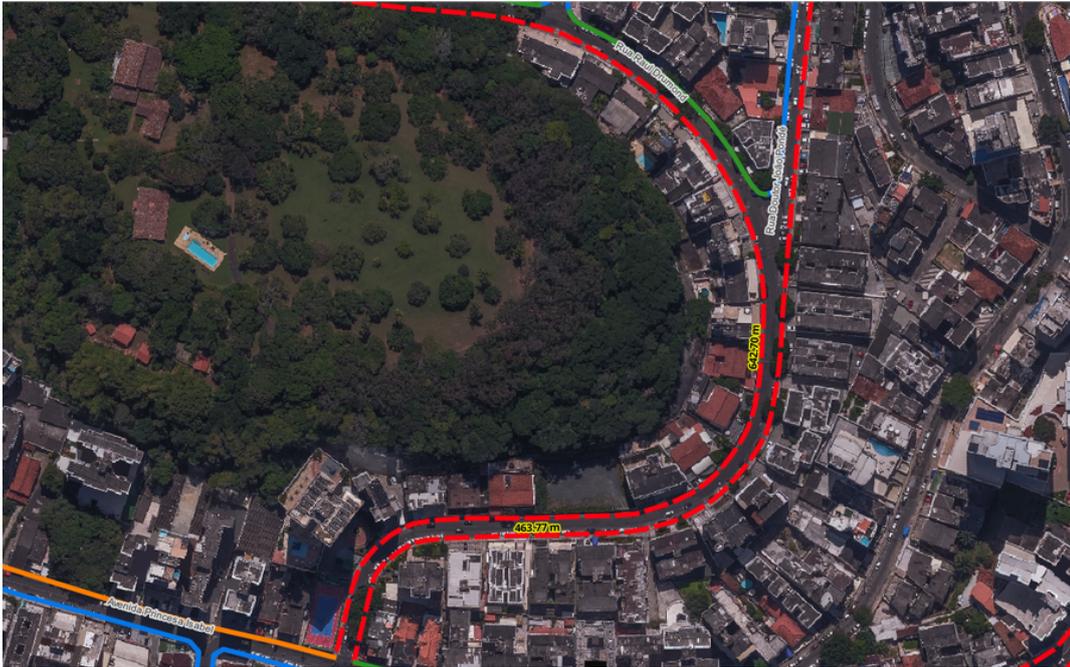
Fonte: Autor (2023)

Conforme indicado no mapa acima, o tamanho das quadras no bairro favorece, na maioria dos segmentos, o deslocamento a pé, permitindo acesso aos diferentes usos da região a uma distância caminháveis.

O segmento de maior extensão corresponde à Rua Raul Drummond, com 642,70 metros, seguido pela Rua Doutor João Pondé, com 463,77 metros. Ambos ultrapassam os 190 metros e, por isso, receberam pontuação “0”, considerados insuficientes para o indicador, conforme mostra a Figura 24. Por outro lado, os segmentos das Ruas Almirante Marquês de Leão, Leoni Ramos e Miguel Burnier, com extensões inferiores a 110 metros, obtiveram pontuação 3, sendo

classificados como ótimos, conforme ilustrado na Figura 25.

Figura 24 – Segmento das ruas Raul Drummond e Doutor João Pondé



Autor (2023)

Figura 25 – Segmento das ruas Almirante Marquês de Leão, Leoni Ramos e Miguel Burnier

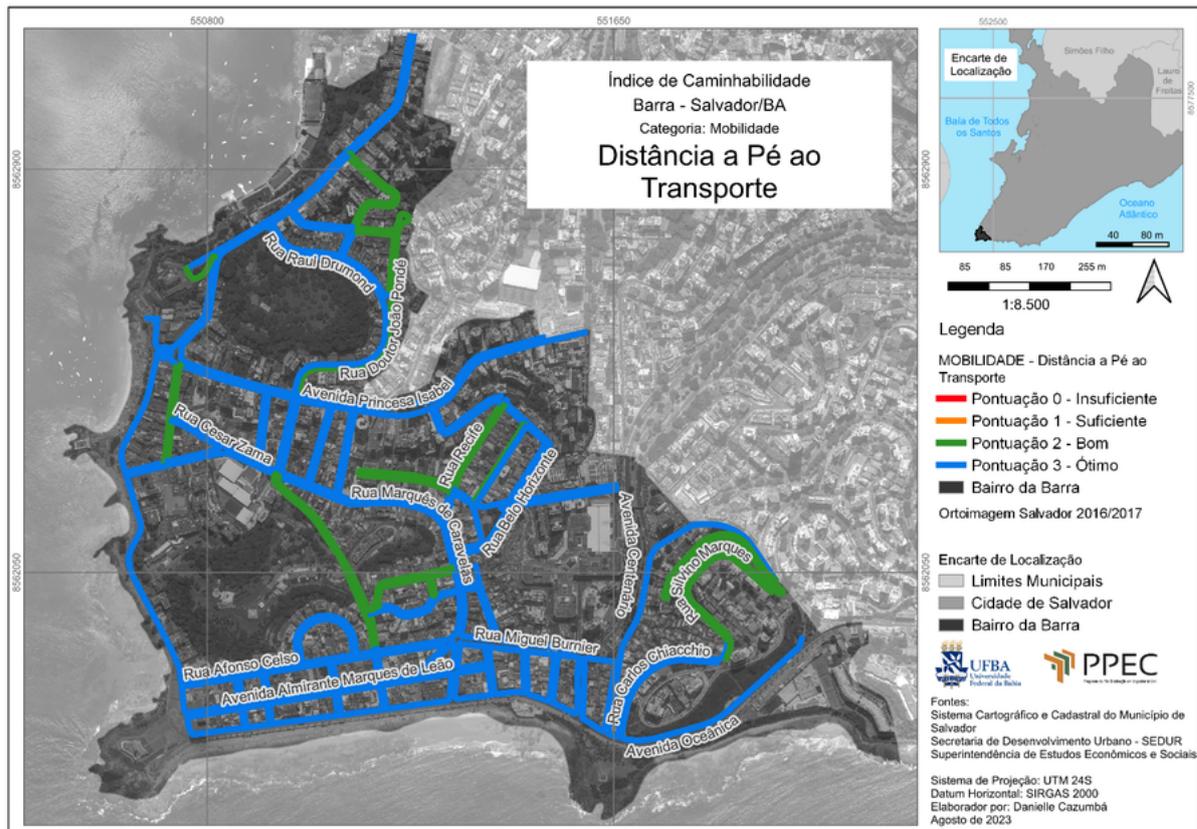


Autor (2023)

No indicador “Distância a Pé ao Transporte”, considerou-se a proximidade dos pedestres às estações de transporte de média ou alta capacidade situadas na área de estudo. Como não há estações de transporte de maior capacidade na área, avaliou-se a proximidade dos pedestres às paradas de ônibus convencionais.

A distância a pé ao transporte recebeu uma pontuação de 2,78, classificada como “bom”. A análise baseou-se nos pontos de ônibus presentes na área de estudo e apresentou os seguintes percentuais de classificação: 84,4% dos trechos foram considerados ótimos, com distância de até 500 metros até o ponto de ônibus, e 15,6% foram classificados como bons, com distâncias entre 501 e 700 metros. O mapa desse indicador encontra-se na Figura 26, onde é possível identificar os trechos com suas respectivas classificações.

Figura 26 – Mapa Temático do indicador Distância a Pé ao Transporte



Autor (2023)

5.1.3 Categoria Atração

A categoria “Atração” abrange os indicadores relacionados às características do uso do solo, que têm um impacto positivo na capacidade de atrair pedestres. Esses indicadores analisam elementos do ambiente construído que influenciam significativamente a quantidade de pessoas que utilizam as rotas para pedestres e sua distribuição ao longo do dia e da semana.

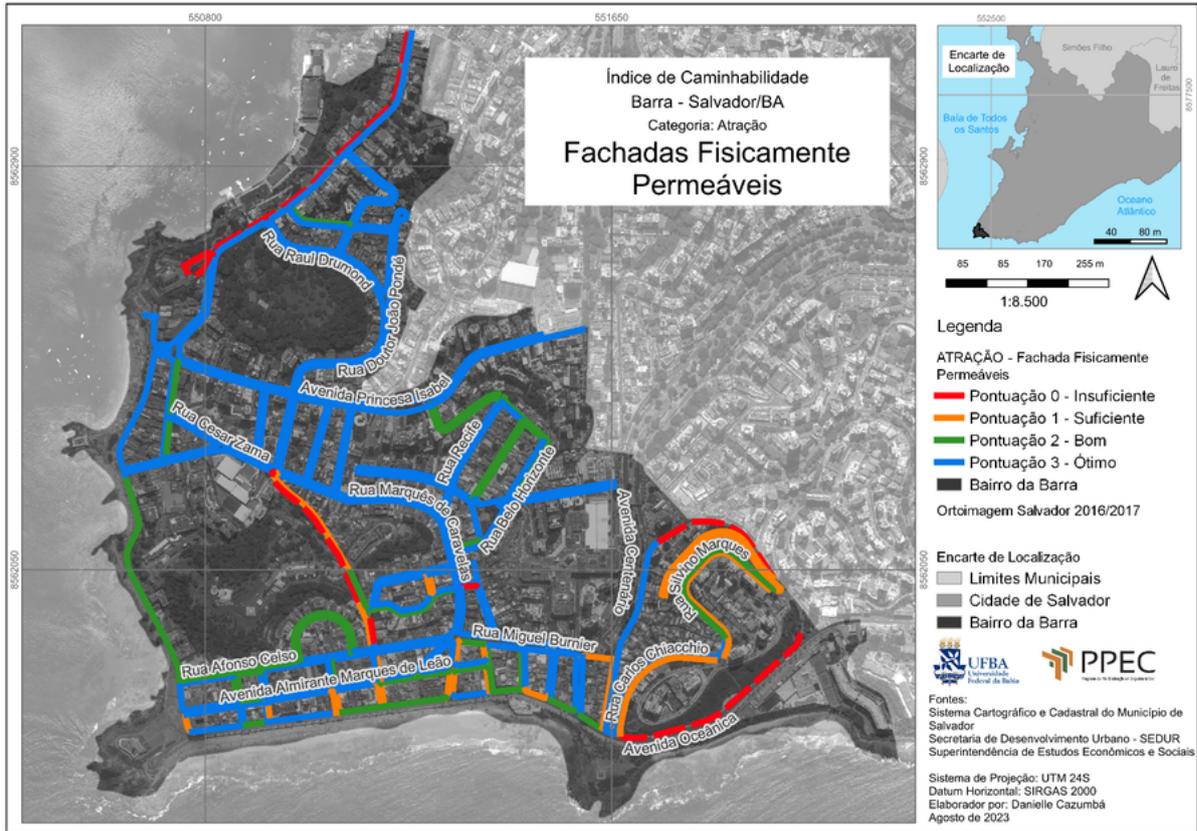
Os indicadores avaliados foram “Fachadas Fisicamente Permeáveis”, “Fachadas Visualmente Ativas” e “Usos Mistos”. A pontuação final foi obtida por meio da média aritmética dos resultados desses indicadores, resultando em uma pontuação de 2,11. Assim, a experiência do pedestre em relação à atratividade ao caminhar pelo bairro é considerada boa.

No indicador “Fachadas Fisicamente Permeáveis”, foram examinados os acessos e entradas que contribuem para atrair pedestres. Esse indicador inclui elementos como aberturas em fachadas de lojas, entradas de parques, restaurantes, lojas e cafés, além de acessos ativos de serviços. Excluem-se, no entanto, saídas de emergência, acessos a depósitos e entradas para veículos, a menos que estejam claramente destinados ao uso de pedestres para acessar os edifícios.

O resultado desse indicador foi insuficiente, com pontuação de 2,38, sugerindo uma intervenção prioritária e recomendando-se ação imediata. Foram avaliados 180 segmentos de

calçada, dos quais 65,5% foram considerados ótimos, 18,9% bons, 11,7% suficientes, e 3,9% das fachadas foram classificadas como insuficientes, conforme indicado no mapa da Figura 27.

Figura 27 – Mapa Temático do indicador Fachadas Fisicamente Permeáveis



Autor (2023)

Um segmento que obteve boa pontuação foi o da Rua Carlos Chiacchio (Figura 28), onde as residências permitem a visualização tanto do interior quanto do exterior. A Figura 29, por sua vez, apresenta o segmento da Rua Marquês de Caravelas, que conta com diversos pontos de pequeno comércio, representando um exemplo de segmento com fachadas fisicamente permeáveis.

Figura 28 – Segmento da Rua Carlos Chiacchio



Google Street View (2022)

Figura 29 – Segmento da Rua Marquês de Caravelas

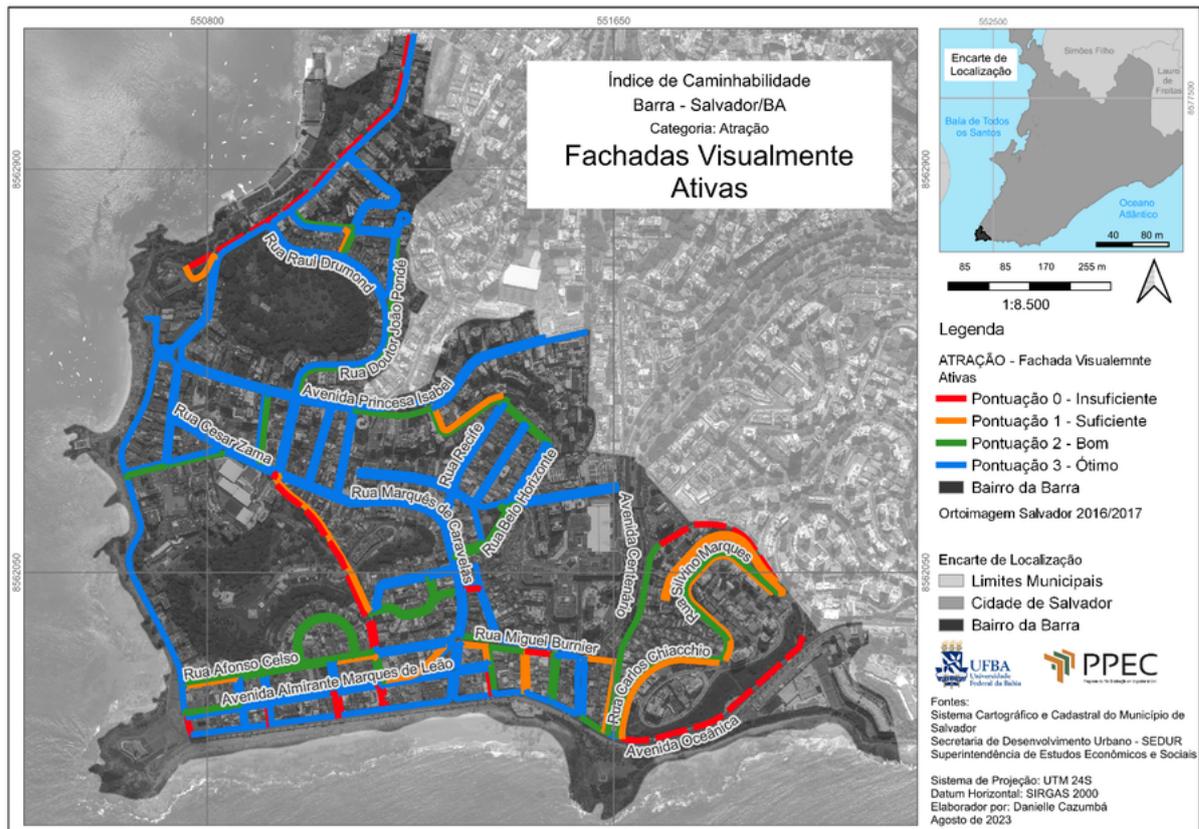


Google Street View (2022)

O indicador “Fachadas Visualmente Ativas” avaliou a proporção da face das quadras que oferece uma conexão visual com as atividades ocorrendo no interior dos edifícios. Essa conexão visual, considerada ideal quando presente em 60% ou mais da extensão da quadra, ocorre entre o térreo e o primeiro andar.

O resultado desse indicador foi classificado como bom, com uma pontuação de 2,29. Foram analisados 180 segmentos de calçada, dos quais 62,2% foram considerados ótimos, 20% bons, 10% suficientes e 7,8% das fachadas foram classificadas como insuficientes, conforme ilustrado no mapa da Figura 30.

Figura 30 – Mapa Temático do indicador Fachadas Visualmente Ativas



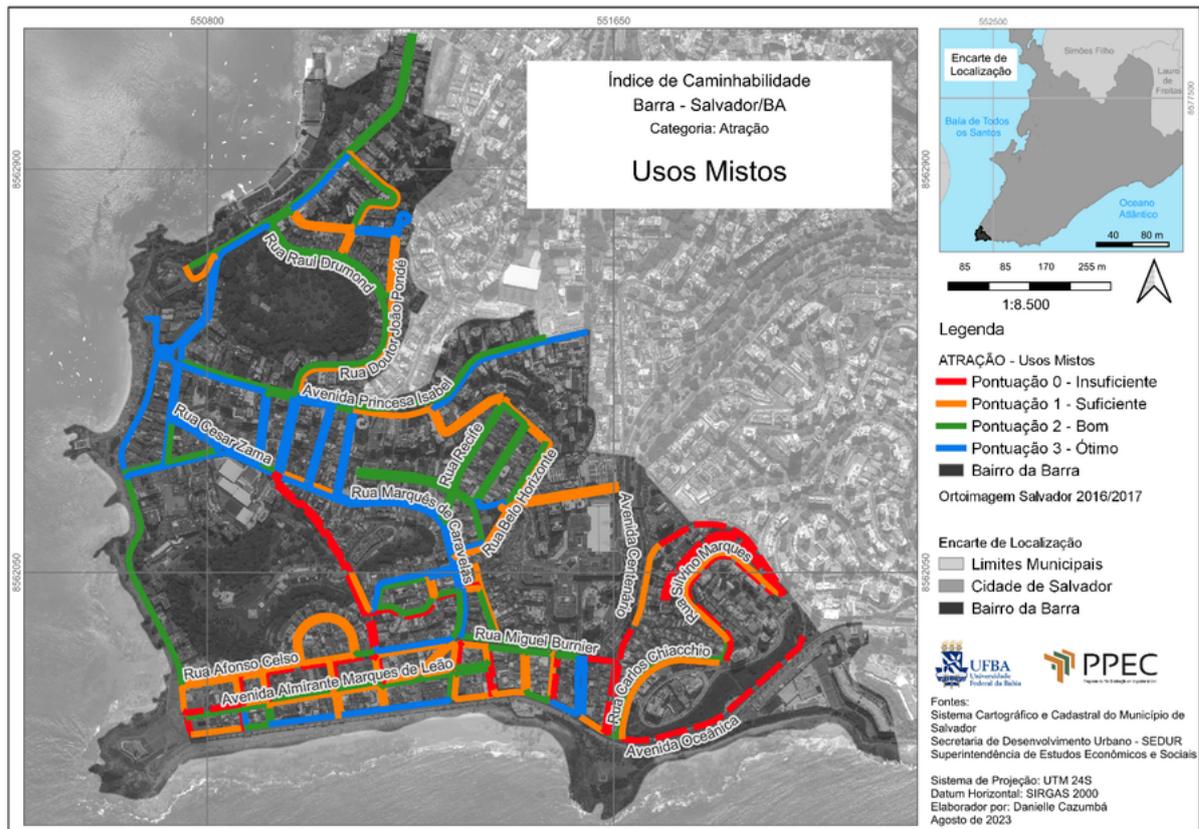
Autor (2023)

O indicador “Usos Mistos” avalia a combinação harmoniosa de diferentes usos e atividades complementares, promovendo um ambiente favorável aos pedestres, onde a necessidade de deslocamento e as distâncias a serem percorridas são minimizadas. A integração de diferentes tipos de uso também contribui para a vitalidade dos espaços públicos ao longo de várias partes do dia e da noite.

Para avaliar este indicador, é feito um levantamento do uso predominante em cada pavimento dos edifícios com entradas diretamente voltadas para as calçadas analisadas, classificando-os em quatro categorias: uso residencial, uso comercial e de serviços, equipamentos públicos, institucionais ou estações de transporte, e uso industrial e logístico.

O resultado desse indicador foi considerado insuficiente, com uma pontuação de 1,65, indicando a necessidade de uma intervenção prioritária e recomendando-se ação em curto prazo. Dos segmentos avaliados, foram obtidos os seguintes percentuais de classificação: 23,9% ótimos, 28,9% bons, 31,7% suficientes e 15,5% insuficientes. A Figura 31 apresenta essa classificação.

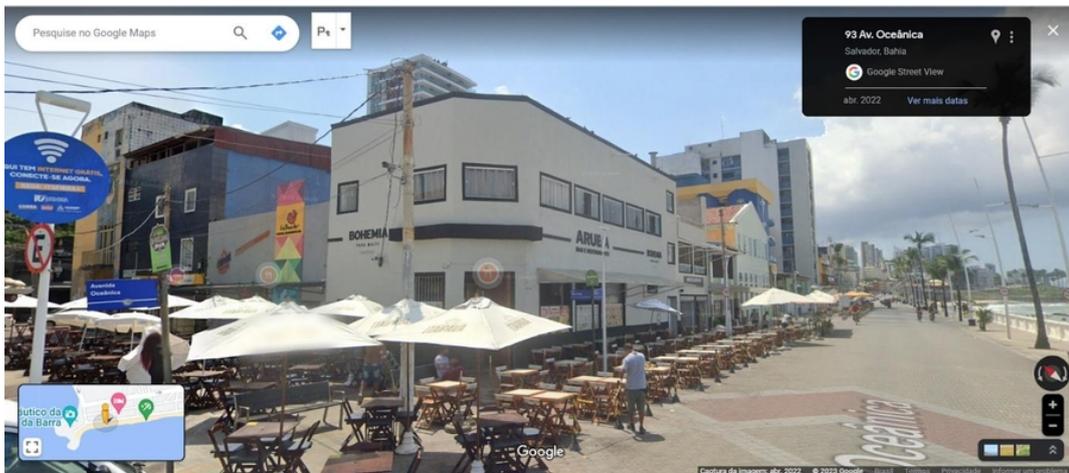
Figura 31 – Mapa Temático do indicador Usos Mistos



Autor (2023)

Grande parte dos usos localizados no bairro da Barra é composta por edificações residenciais. A região da Avenida Oceânica, Avenida Almirante Marquês de Leão e Avenida Sete de Setembro concentra o maior número de edificações mistas, configurando-se como uma área com alto potencial de atratividade para a circulação de pessoas, conforme ilustrado na Figura 32.

Figura 32 – Segmento da Avenida Oceânica



Google Street View (2022)

A Figura 33 exibe uma das praças de uso público do bairro. Este espaço representa um importante potencial atrativo, caracterizado por sua área arborizada, a presença de estabelecimentos de usos variados e uma constante vigilância policial.

Figura 33 – Largo do Porto da Barra



Google Street View (2022)

5.1.4 Categoria Segurança Viária

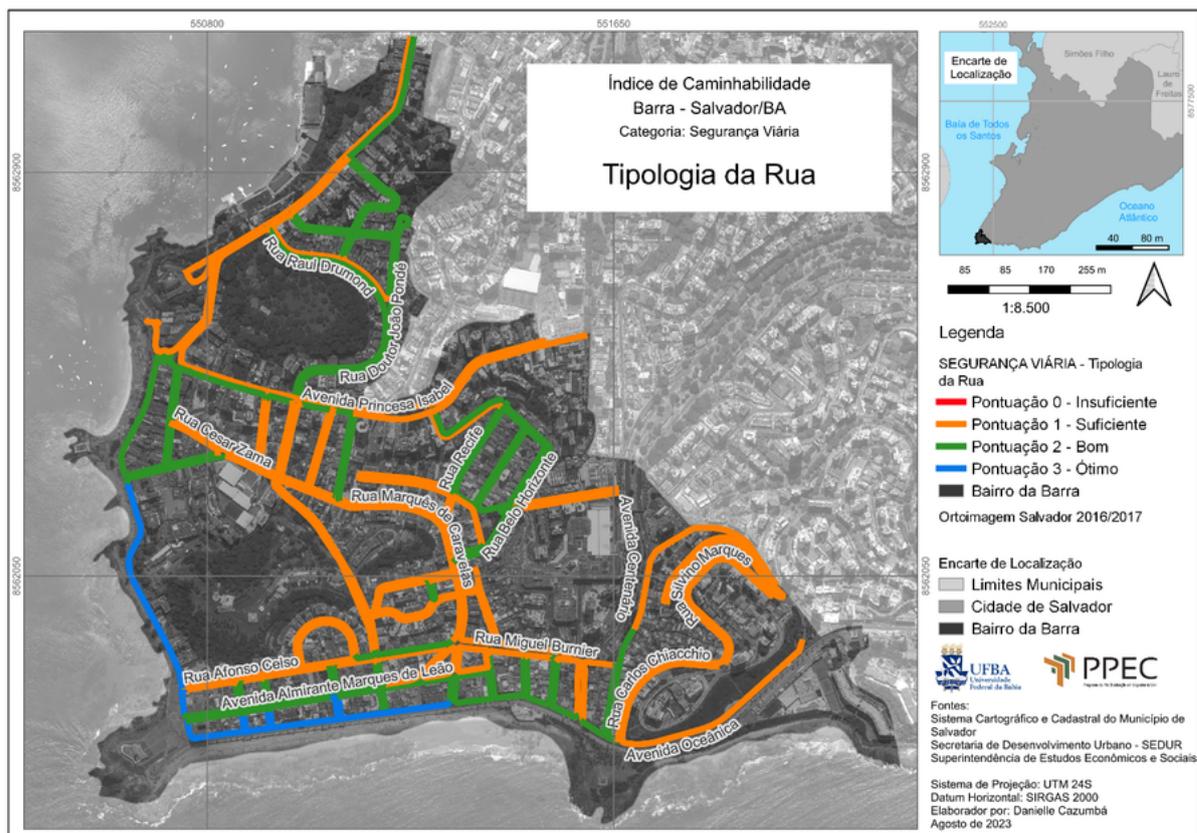
A categoria “Segurança Viária” foca em relacionar a segurança do pedestre com as infraestruturas voltadas ao tráfego de veículos. A pontuação final foi de 1,30, enquadrando-se no critério de “suficiente”.

O indicador “Tipologia da Rua” considera a experiência do pedestre na cidade, sendo amplamente influenciado por fatores externos. Uma tipologia inadequada ocorre quando a

calçada não é destinada de forma segura ao uso dos pedestres ou não oferece proteção adequada contra o tráfego de veículos motorizados, especialmente quando estes circulam em velocidades incompatíveis com a segurança dos pedestres. A velocidade dos veículos é um dos principais fatores que afetam a segurança dos pedestres durante sua locomoção.

O resultado desse indicador foi classificado como bom, com pontuação de 1,48, indicando uma intervenção desejável e recomendando-se ação a médio prazo. Dos segmentos de calçada avaliados, 7,2% foram classificados como ótimos, 38,9% como bons, e 48,9% como suficientes, conforme ilustrado no mapa da Figura 34.

Figura 34 – Mapa Temático do indicador Tipologia da Rua

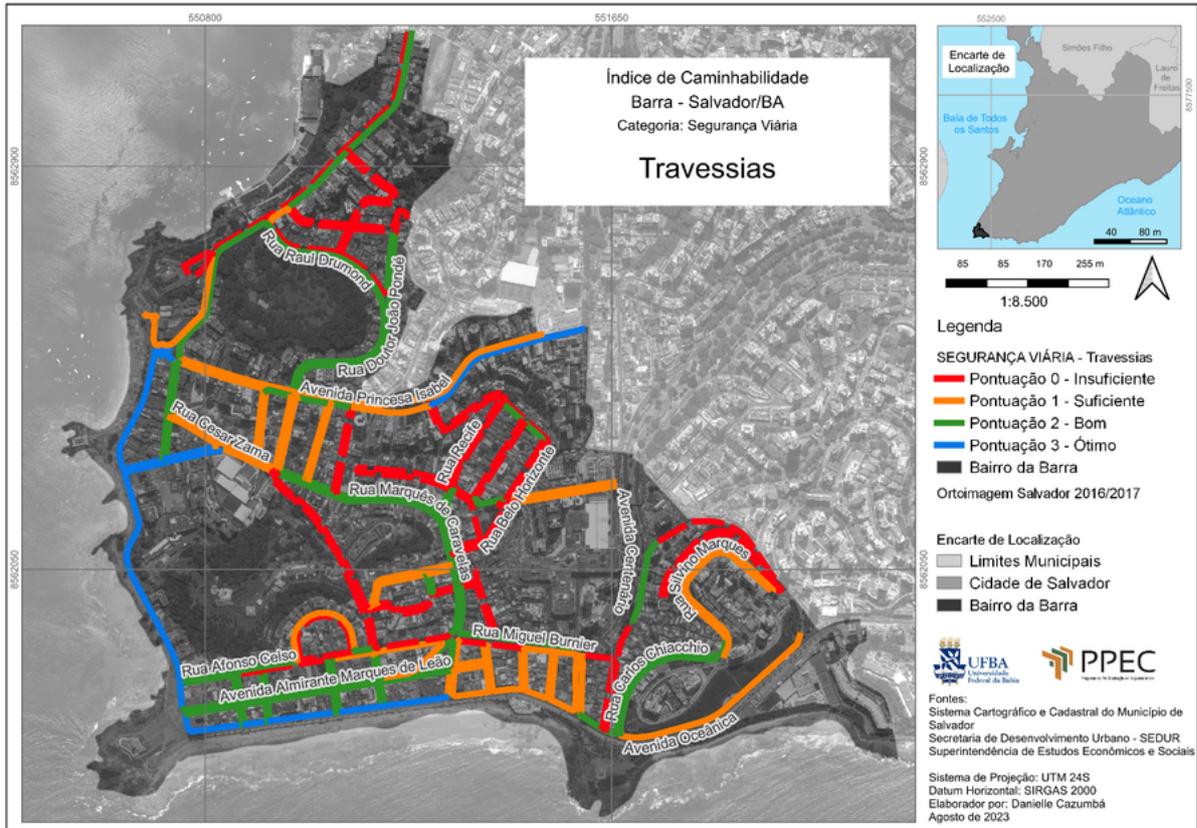


Autor (2023)

O indicador “Travessia” analisa a rede de calçadas, que deve ser contínua e estar conforme os regulamentos e normas locais de acessibilidade. Nesse contexto, travessias seguras são elementos essenciais.

O resultado desse indicador foi classificado como suficiente, com pontuação de 1,12, indicando a necessidade de intervenção prioritária e recomenda ações a médio prazo. Conforme mostra o mapa na Figura 35, o indicador revelou a seguinte distribuição de classificações: 7,2% dos trechos foram considerados ótimos, 35% bons, 27,2% suficientes e 30,6% insuficientes.

Figura 35 – Mapa Temático do indicador Travessia



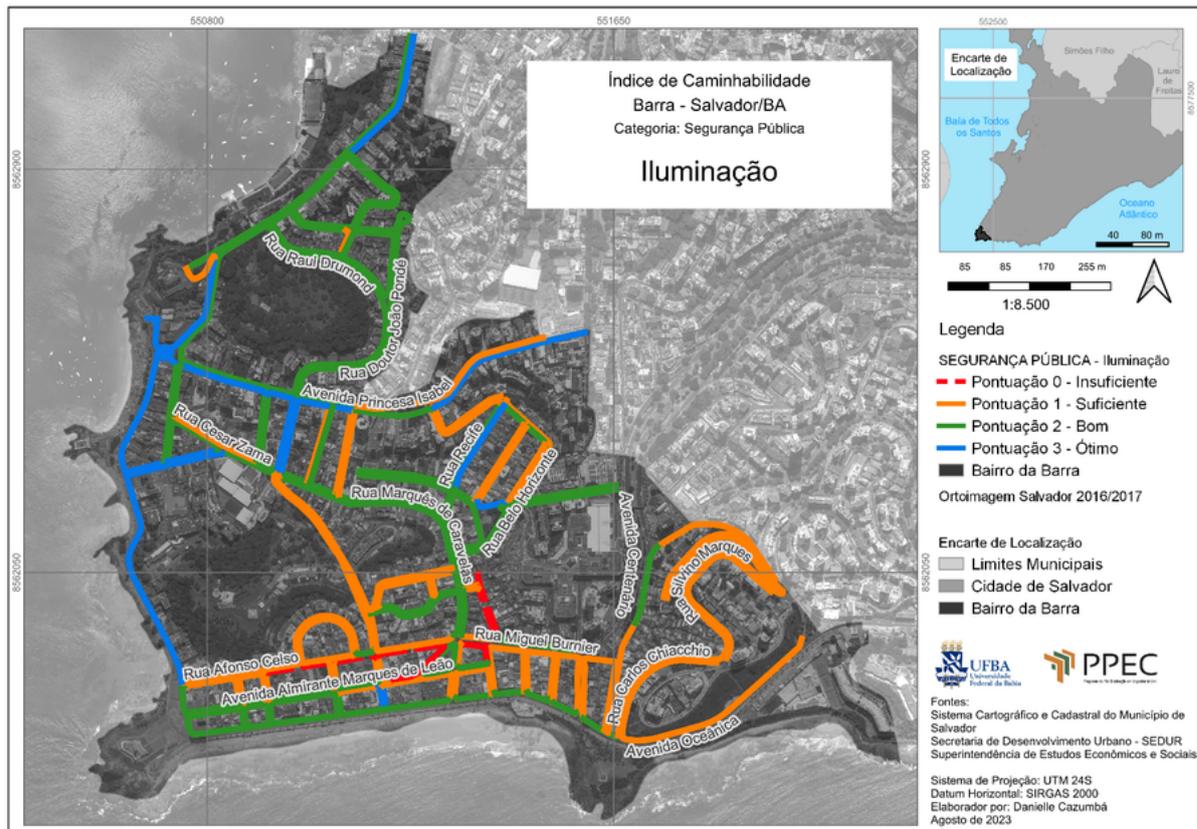
Autor (2023)

5.1.5 Segurança Pública

A categoria “Segurança Pública” aborda elementos do planejamento urbano que proporcionam uma sensação de segurança aos pedestres. Quando essa sensação não é alcançada, a locomoção a pé é prejudicada, levando o pedestre a optar por outras formas de deslocamento. A pontuação final para essa categoria foi de 1,66, classificando-se como “suficiente” conforme os critérios estabelecidos.

O indicador considerado nesta análise é a iluminação. A segurança pública ideal é aquela em que a iluminação é direcionada para o pedestre, abrangendo cada segmento de calçada. A Figura 36 apresenta o mapa temático desse indicador no recorte espacial da área de estudo.

Figura 36 – Mapa Temático do indicador Iluminação



Autor (2023)

O resultado desse indicador apresentou os seguintes percentuais de classificação: 10% receberam avaliação ótima, 46,7% foram bons, 38,3% receberam avaliação suficiente e 5% dos trechos receberam avaliação insuficiente, mostrando baixa adesão ao deslocamento noturno.

5.1.6 Categoria Ambiente

A categoria “Ambiente” abrange indicadores relacionados a aspectos ambientais que influenciam as condições de caminhada em áreas urbanas. Os indicadores avaliados incluíram sombra e abrigo, além de coleta de lixo e limpeza, cuja média aritmética dos resultados resultou em uma pontuação final de 1,86. Assim, a experiência do pedestre em relação ao ambiente no bairro é considerada suficiente, indicando a necessidade de uma intervenção prioritária com ações a médio prazo.

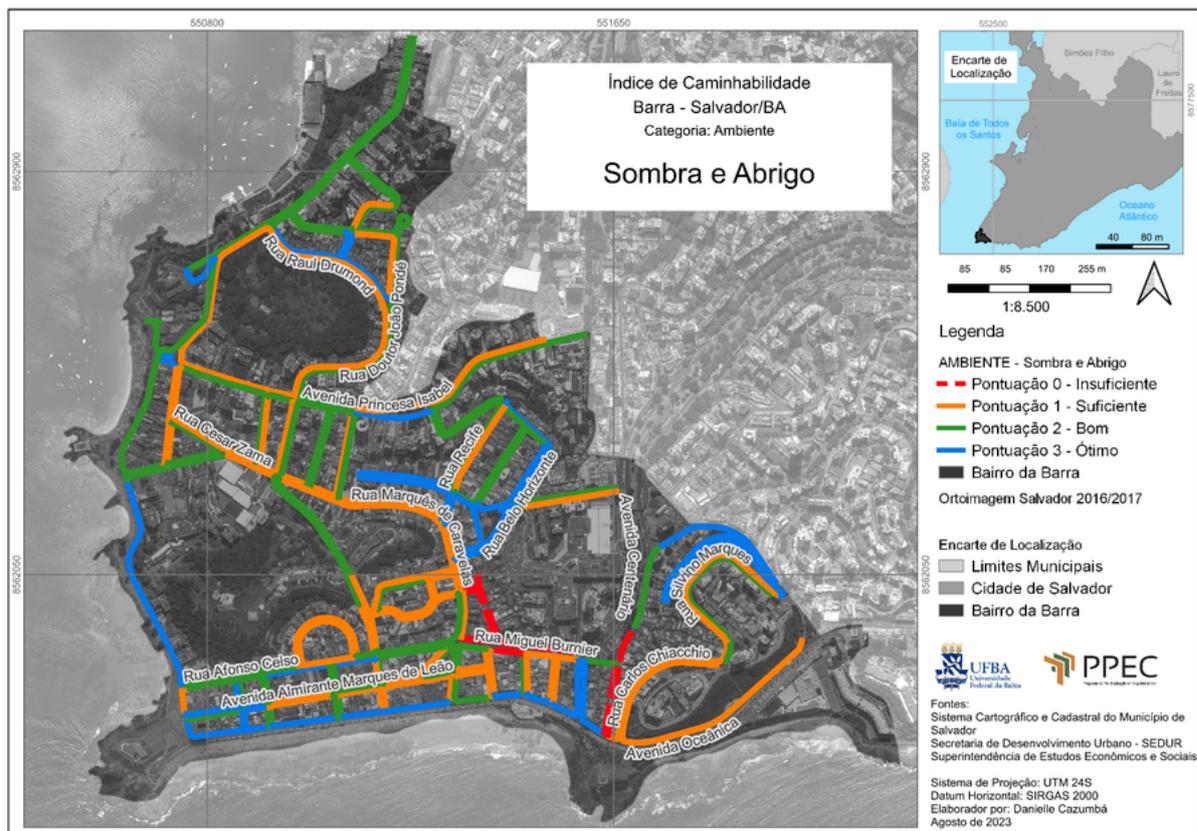
O indicador de sombra e abrigo concentrou-se na análise de áreas que oferecem sombra e proteção ao longo dos trechos das calçadas. Esse é o indicador mais relevante dentro da categoria “Ambiente” para o fluxo de pedestres e a capacidade de atrair deslocamentos em determinados segmentos.

A pontuação para o indicador de sombra e abrigo foi de 1,76, enquadrando-se como suficiente. A classificação dos segmentos foi distribuída da seguinte forma: 22,3% dos trechos

foram considerados ótimos, com sombra para o pedestre em mais de 75% do segmento; 37,2% foram classificados como bons, com sombra em 50% do segmento; 35% foram suficientes, com sombra em 25% do segmento; e 5,5% foram insuficientes, com sombra em menos de 25% do segmento.

A Figura 36 apresenta o mapa desse indicador, onde é possível visualizar os trechos com suas respectivas classificações.

Figura 37 – Mapa Temático do indicador Sombra e Abrigo



Autor (2023)

Os segmentos das ruas Belo Horizonte e Florianópolis que apresentam uma arborização que oferece sombra em quase que a totalidade do percurso como demonstrado nas Figuras 38 e 39, respectivamente.

Figura 38 – Segmento da Rua Belo Horizonte



Google Street View (2022)

Figura 39 – Segmento da Rua Florianópolis



Google Street View (2022)

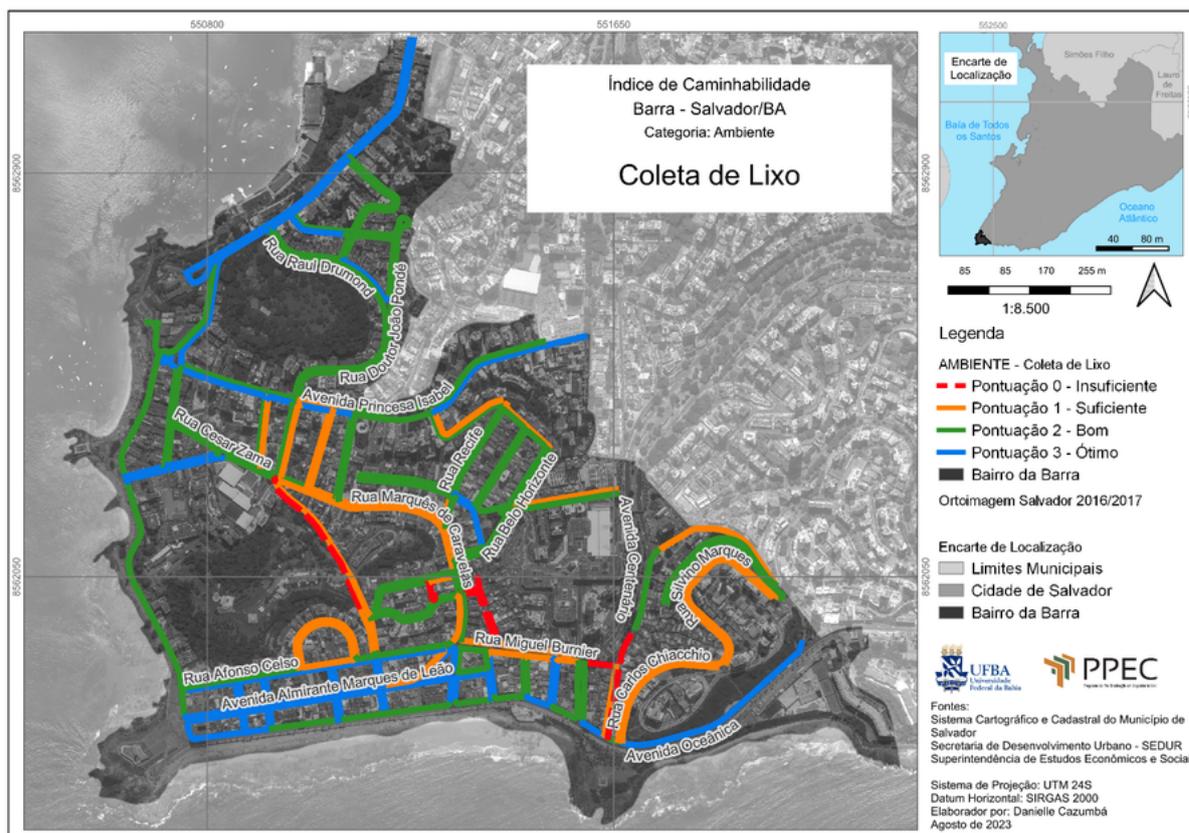
Um aspecto essencial do ambiente para os pedestres é a presença de detritos nas ruas. Os serviços de limpeza urbana e coleta de resíduos sólidos são fundamentais para o funcionamento adequado de qualquer espaço, seja público ou privado, e precisam ser realizados de maneira regular e sistemática.

A coleta de lixo está relacionada à remoção eficiente dos resíduos sólidos, enquanto a limpeza das vias públicas inclui atividades como varrição, capina e higienização dos espaços públicos.

O indicador de coleta de lixo e limpeza obteve uma pontuação de 1,96, classificada como “bom”. A classificação dos segmentos avaliados foi a seguinte: 34,5% dos trechos foram

considerados ótimos, 41,1% bons, 19,4% suficientes e 5% insuficientes. O mapa desse indicador é apresentado na Figura 40 abaixo.

Figura 40 – Mapa Temático do indicador Coleta de Lixo



Autor (2023)

Neste indicador, foram identificados trechos onde o lixo estava acumulado nas calçadas, afetando negativamente a experiência visual das pessoas ao caminhar, como ilustrado nos trechos das ruas Eduardo Diniz Gonçalves e Dr. Artur Neiva, conforme pode ser observado nas figuras 41 e 42.

Figura 41 – Segmento da Rua Eduardo Diniz Gonçalves



Google Street View (2022)

Figura 42 – Segmento da Rua Dr. Artur Neiva



Google Street View (2022)

É importante ressaltar que os dados foram obtidos por meio de auditoria virtual, e ao longo do dia, pode haver flutuações na quantidade de lixo ao longo das calçadas analisadas. Isso ocorre porque a entidade encarregada da coleta e disposição final de resíduos pode realizar a coleta diariamente no bairro. Portanto, para uma representação mais precisa deste indicador, é aconselhável conduzir a coleta de dados em campo em horários diferentes.

5.1.7 Categoria Acessibilidade

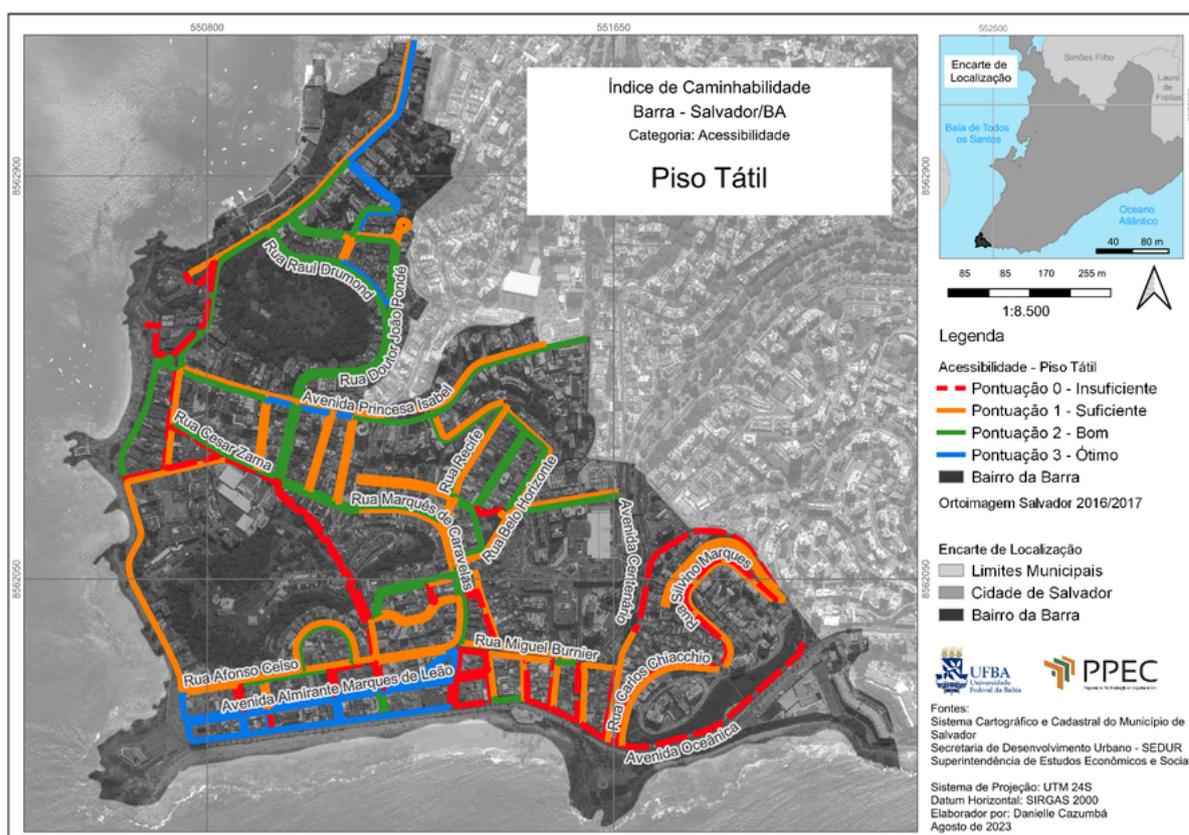
Na categoria “Acessibilidade”, foram avaliados indicadores relacionados à acessibilidade universal que podem influenciar as condições de caminhada em áreas urbanas. Os indicadores incluíram piso tátil, obstáculos e rampas, e a média aritmética dos resultados resultou em uma

pontuação final de 1,10. Essa pontuação é classificada como suficiente, indicando a necessidade de uma intervenção prioritária com ações a médio prazo.

O indicador de piso tátil, dentro da categoria de acessibilidade, desempenha um papel crucial na melhoria das condições para pedestres, especialmente para pessoas com deficiência visual.

Esse indicador obteve uma pontuação de 1,31 e apresentou a seguinte distribuição percentual: 25,5% insuficiente, 32,8% suficiente, 25,5% bom e 16,2% ótimo. O resultado foi classificado como suficiente, reforçando a necessidade de intervenção prioritária e recomendando ações a médio prazo, conforme demonstrado no mapa do indicador apresentado na Figura 43 a seguir.

Figura 43 – Mapa Temático do indicador Piso Tátil



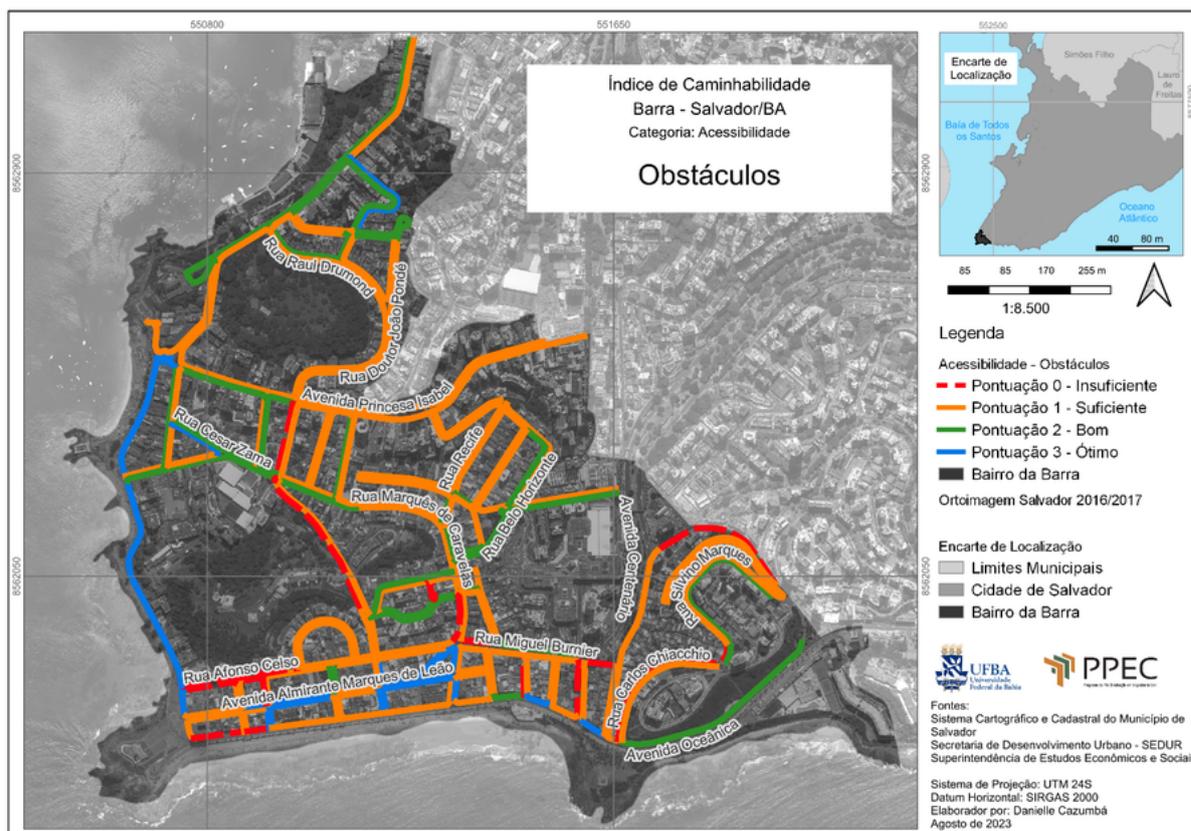
Autor (2023)

O indicador de obstáculos analisou a presença de barreiras ao longo dos trechos das calçadas, que podem representar obstáculos significativos para os pedestres, dificultando a livre circulação e apresentando riscos à segurança.

A pontuação obtida para este indicador foi de 1,33, com a seguinte distribuição percentual: 8,9% insuficiente, 59,4% suficiente, 21,1% bom e 10,6% ótimo. O resultado geral foi classificado como suficiente, recomendando-se a implementação de ações a médio prazo para eliminar ou reduzir os obstáculos nas calçadas, a fim de aprimorar a acessibilidade e a segurança para todos

os pedestres, conforme demonstrado no mapa da Figura 44.

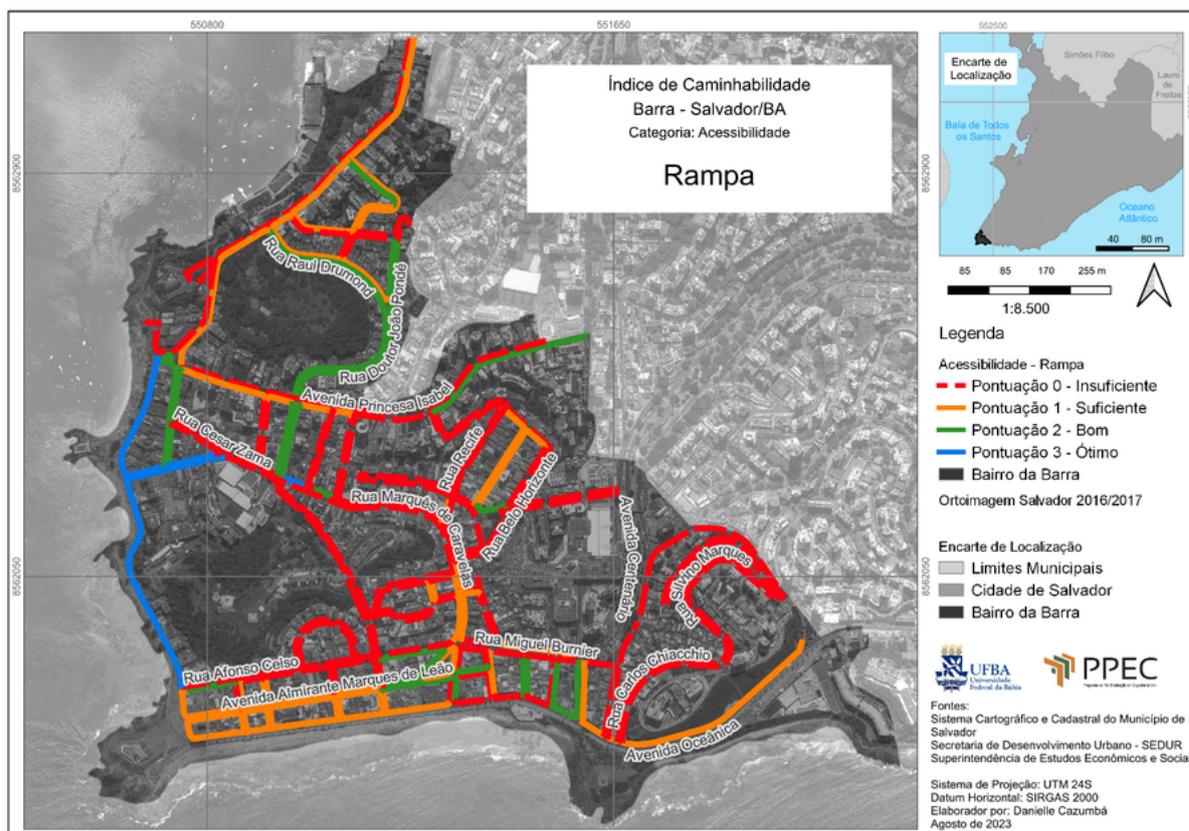
Figura 44 – Mapa Temático do indicador Obstáculo



Autor (2023)

Por fim, o indicador de rampas obteve a menor pontuação entre os avaliados, alcançando apenas 0,66, o que o classifica como insuficiente. Essa classificação indica claramente a necessidade de uma intervenção imediata. Entre os segmentos analisados, 57,8% foram classificados como insuficientes, 30,6% como suficientes, 13,3% como bons e 3,3% como ótimos, conforme ilustrado no mapa da Figura 45, abaixo.

Figura 45 – Mapa Temático do indicador Rampa



Autor (2023)

O indicador de rampa concentrou-se na análise da conformidade das rampas presentes ao longo dos trechos das calçadas com os critérios estabelecidos na NBR 9050. A avaliação deste indicador considerou a conformidade das rampas em relação aos parâmetros definidos na NBR 9050, incluindo largura adequada e inclinação apropriada.

5.2 Validação da metodologia

A validação da metodologia de obtenção da caminhabilidade por meio da utilização de imagens do Street View em conjunto com o levantamento em campo é um passo necessário para assegurar a precisão e confiabilidade dos resultados. Esse processo ajuda a identificar possíveis disparidades e ajustar parâmetros para melhorar a correspondência entre as percepções virtuais e a realidade física.

5.2.1 Índice de Caminhabilidade

Após a coleta de dados em campo e a aplicação da metodologia oficial do iCam para calcular o índice, as notas dos indicadores e categorias dos segmentos foram obtidas e classificadas.

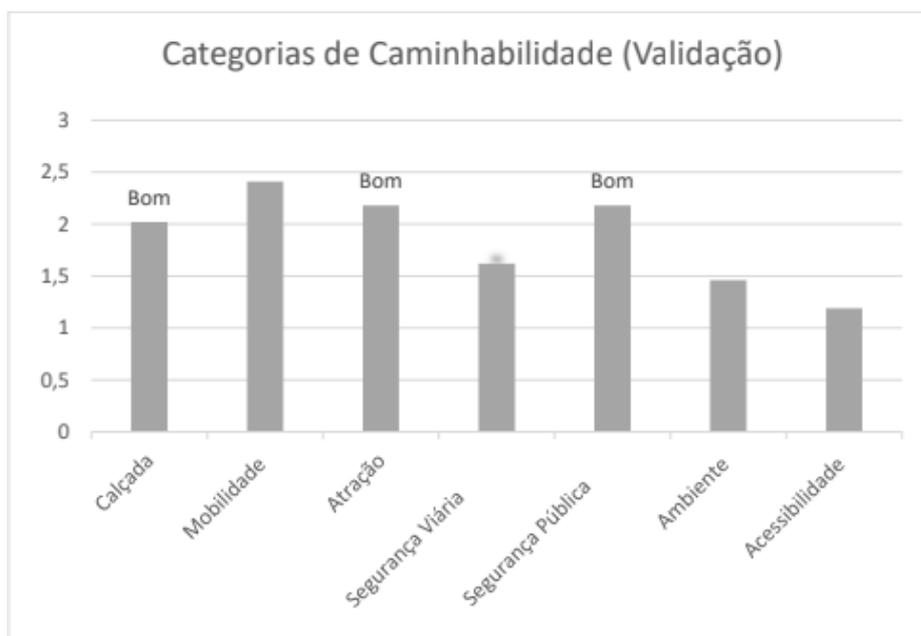
As classificações variam entre insuficiente, suficiente, bom e ótimo, atribuídas com base na nota final de cada segmento. A Tabela 2 a seguir apresenta os resultados dos indicadores e categorias.

Tabela 2 – Pontuações e as respectivas avaliações das categorias e indicadores.

Categoria	Pontuação	Classificação	Indicador	Pontuação	Classificação
Calçada	2,02	Bom	Largura	1,82	Suficiente
			Pavimentação	2,21	Bom
Mobilidade	2,41	Bom	Dimensão das Quadras	1,95	Suficiente
			Distância a Pé ao Transporte	2,86	Bom
Atração	2,18	Bom	Fachadas Fisicamente Permeáveis	2,42	Bom
			Fachadas Fisicamente Ativas	2,29	Bom
			Usos Mistos	1,83	Suficiente
Segurança Viária	1,62	Suficiente	Tipologia da Rua	1,56	Suficiente
			Travessias	1,67	Suficiente
Segurança Pública	2,18	Bom	Iluminação	2,18	Bom
Ambiente	1,46	Suficiente	Sombra e Abrigo	1,85	Suficiente
			Coleta de Lixo	1,07	Suficiente
Acessibilidade	1,19	Suficiente	Piso Tátil	1,29	Suficiente
			Obstáculos	1,42	Suficiente
			Rampa	0,85	Insuficiente

Autor (2024)

A amostra dos segmentos da área de estudo foi categorizada como suficiente, com uma nota de 1,87. As sete categorias que compõem o iCam receberam pontuações que variaram entre suficiente e bom. Observa-se, a partir dessas pontuações, que todas as categorias apresentam potencial para melhorias, podendo exigir intervenções de curto ou médio prazo. De forma geral, a avaliação global da área indica condições suficientes de caminhabilidade, embora intervenções a médio prazo sejam necessárias para aprimorar as condições de deslocamento dos pedestres.

Gráfico 2 – Classificação das notas das categorias - Validação

Autor (2023)

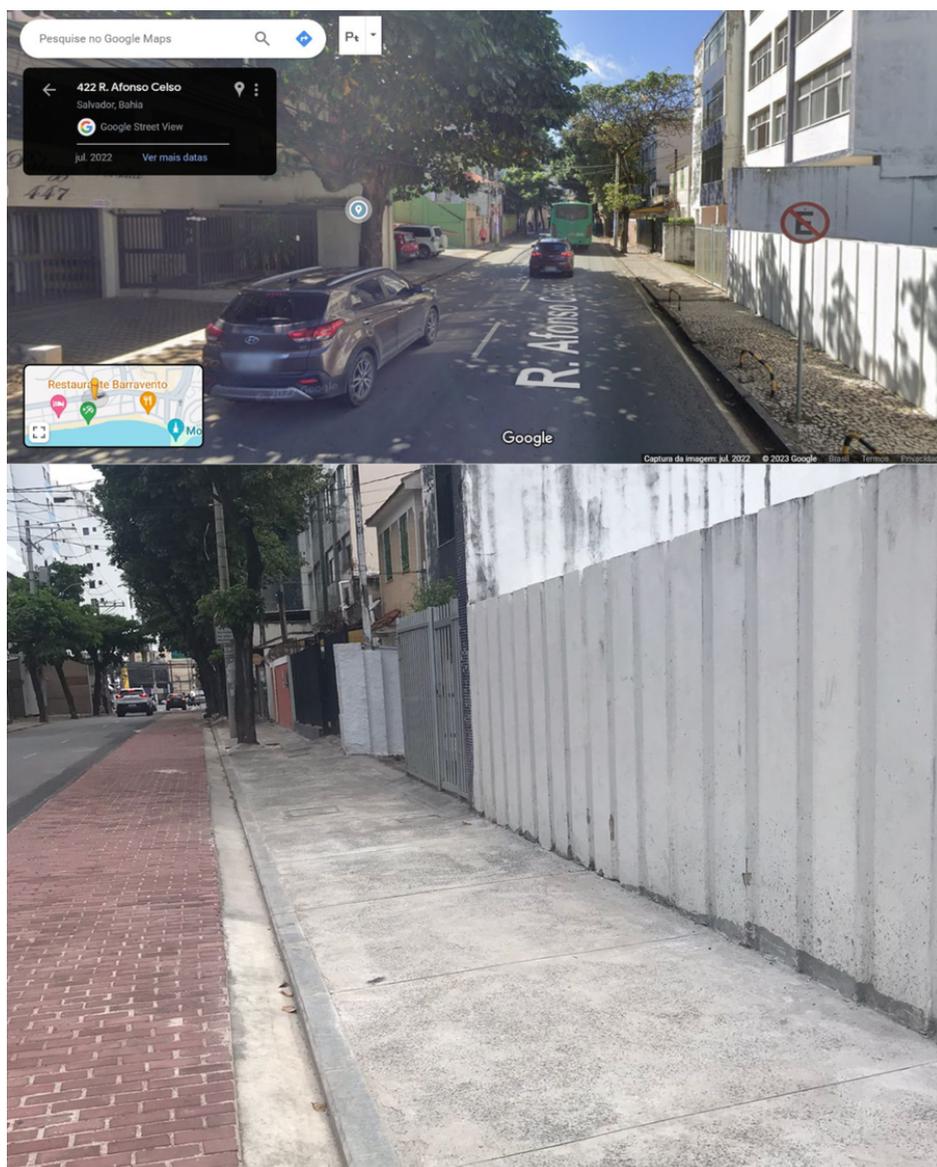
O Gráfico 2 acima oferece uma representação visual da classificação das notas das categorias relacionadas à área de estudo, proporcionando uma visão resumida do desempenho em cada categoria.

5.2.2 Análise da Validação

Esta pesquisa, ao abordar a avaliação da caminhabilidade urbana, tem como um de seus objetivos propor uma metodologia virtual que utiliza imagens de nível de rua (street view images). A proposta metodológica visa preencher lacunas das abordagens convencionais, utilizando as SVI como ferramenta para avaliar a qualidade do ambiente pedestre.

Ao utilizar as imagens de nível de rua, o índice de caminhabilidade obtido foi de 1,75, enquanto o levantamento em campo resultou em uma pontuação ligeiramente superior, de 1,86. Essa validação, ao comparar a pontuação derivada da observação direta com a obtida por métodos remotos, oferece uma base sólida para a análise da caminhabilidade.

A diferença entre os resultados é atribuída a melhorias e reformas realizadas após a captura das imagens do SVI. Essas intervenções posteriores, como novas infraestruturas e ajustes de acessibilidade, contribuíram para uma elevação na pontuação do índice de caminhabilidade, conforme demonstrado nas Figuras 46, 47 e 48, abaixo

Figura 46 – Melhorias na Rua Afonso Celso

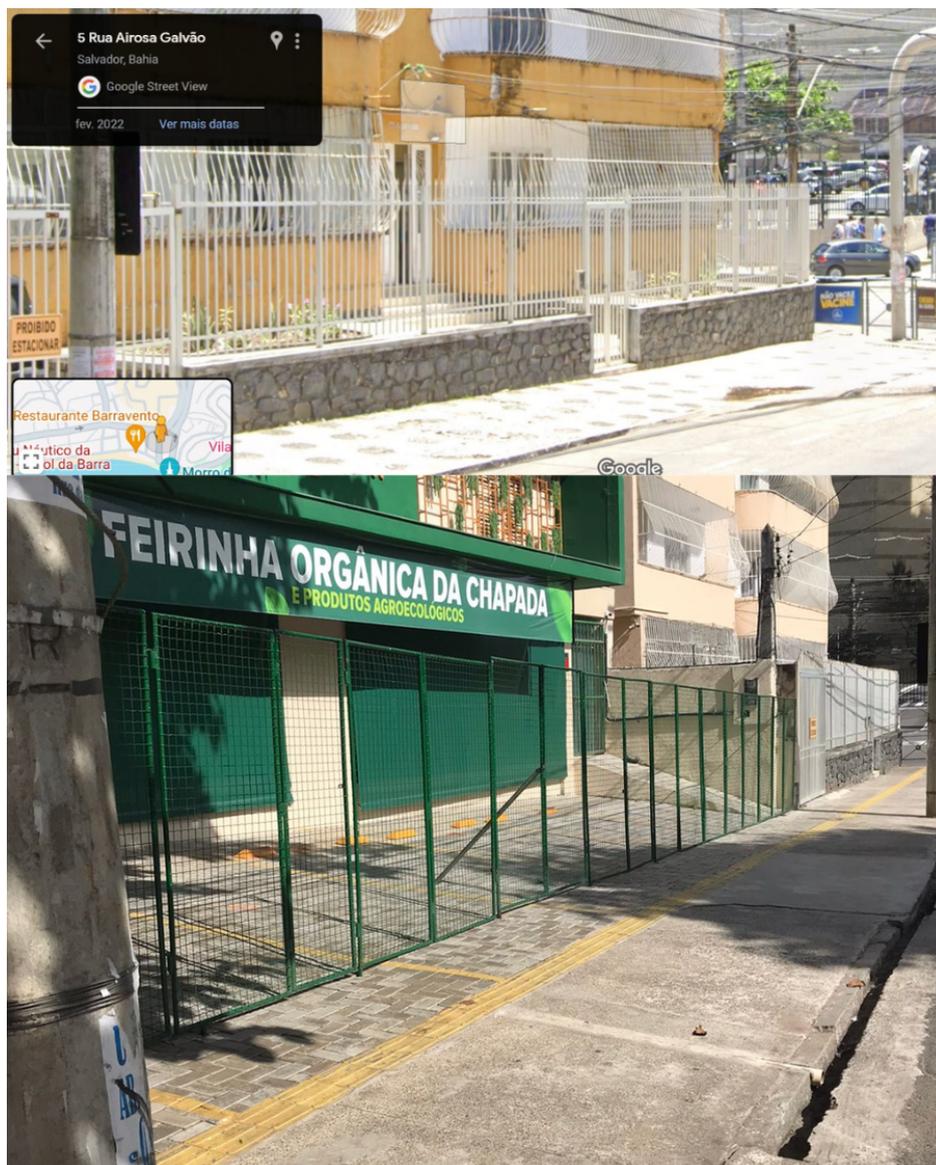
Google Street View (2022) / Acervo Pessoal (2023)

Figura 47 – Melhorias na Rua Marquês de Caravelas



Google Street View (2022) / Acervo Pessoal (2023)

Figura 48 – Melhorias na Rua Airosa Galvão



Google Street View (2022) / Acervo Pessoal (2023)

A disparidade entre os valores não compromete a significância das conclusões, pois a classificação comum destaca a necessidade de medidas imediatas para aprimorar a infraestrutura urbana. Além disso, a metodologia baseada em imagens de Street View demonstrou ser aplicável, embora seja fundamental reconhecer a dinamicidade da cidade. A discrepância entre os índices ressalta a importância de atualizações regulares das imagens para refletir com precisão as mudanças no ambiente urbano ao longo do tempo.

Essa análise integral enriquece a compreensão da dinâmica urbana, fornecendo uma base sólida para a interpretação e implementação de melhorias, destacando a importância de considerar as transformações ao longo do tempo para orientar decisões tanto a curto quanto a longo prazo.

5.3 Avaliação da utilização das Street view images

A utilização das imagens do Street View para avaliação da caminhabilidade de uma área urbana oferece diversas vantagens e desvantagens, destacando-se como uma abordagem inovadora que transforma a maneira como profissionais e pesquisadores analisam o ambiente urbano.

A possibilidade de explorar virtualmente ruas e bairros, sem a necessidade de deslocamento físico, representa um avanço significativo na coleta de dados para avaliações urbanas. Essa abordagem não apenas economiza tempo e recursos, mas também proporciona uma visão detalhada e realista das condições das vias, permitindo uma análise abrangente da caminhabilidade. Contudo, é crucial considerar as limitações inerentes a essa metodologia, como a falta de atualização em tempo real e a possível ausência de detalhes específicos que podem influenciar na percepção da qualidade do espaço urbano.

5.3.1 As Vantagens

A utilização das imagens do *Google Street View* para avaliar a caminhabilidade em áreas urbanas mostrou-se uma abordagem versátil, com inúmeras vantagens que aprimoram a análise e o planejamento urbano. Essa metodologia oferece, além da conveniência da acessibilidade remota, uma ampla cobertura de regiões ao redor do mundo.

A possibilidade de explorar virtualmente ruas e bairros sem a necessidade de deslocamento físico economiza tempo e recursos, fornecendo uma visão detalhada e realista das condições das vias, o que permite uma análise completa da facilidade de caminhar. Essa acessibilidade remota é especialmente valiosa para pesquisadores, urbanistas e planejadores urbanos, que podem examinar grandes áreas de forma prática.

A extensa cobertura do *Google Street View* é outro diferencial significativo, permitindo comparações entre diferentes cidades, bairros e regiões. Essa perspectiva global proporciona uma compreensão abrangente das condições de caminhabilidade em diversos contextos, contribuindo para a identificação das melhores práticas e para a aplicação de mudanças fundamentadas.

O recurso de registro histórico oferece um elemento temporal importante, permitindo o monitoramento das mudanças na infraestrutura urbana temporal. Esse aspecto é essencial para analisar o impacto de intervenções urbanas, políticas de transporte ou desenvolvimentos imobiliários. O registro histórico desempenha, portanto, um papel fundamental na tomada de decisões informadas, auxiliando em estratégias de longo prazo no planejamento das cidades.

Além disso, a visualização das imagens no nível da rua é uma vantagem crucial. Essa representação detalhada permite a identificação precisa de elementos críticos para a caminhabilidade, como a qualidade das calçadas, sinalizações específicas e possíveis obstáculos. A visualização realista não apenas complementa os dados quantitativos, mas também desempenha um papel significativo na avaliação subjetiva da caminhabilidade, influenciando a percepção

pública sobre a segurança e a atratividade das áreas para pedestres.

Por fim, as imagens de nível de rua oferecem uma contribuição valiosa para o planejamento urbano, permitindo a identificação de necessidades específicas em caminhabilidade e facilitando a priorização de intervenções. Esse recurso possibilita o desenvolvimento de projetos mais precisos e alinhados às características reais das áreas urbanas, além de favorecer o engajamento público e promover um planejamento urbano mais participativo e adaptado às necessidades locais.

Em resumo, a utilização das imagens de *Street View* proporciona uma abordagem abrangente e eficaz para a avaliação da caminhabilidade. Essas vantagens não apenas ampliam a compreensão das condições urbanas, mas também oferecem ferramentas valiosas para o desenvolvimento de intervenções eficazes e a promoção de ambientes urbanos mais acessíveis e acolhedores para os pedestres.

5.3.2 As Desvantagens

Embora a utilização das imagens de nível de rua para avaliação da caminhabilidade em áreas urbanas ofereça diversas vantagens, ela também apresenta desvantagens significativas que requerem consideração cuidadosa. Uma das limitações mais importantes é a falta de atualização em tempo real, o que pode comprometer a precisão das análises, especialmente em ambientes urbanos dinâmicos.

Outra limitação envolve a captura de detalhes específicos. As imagens panorâmicas podem não fornecer informações detalhadas sobre elementos cruciais para a caminhabilidade, como a qualidade do pavimento e pequenos obstáculos. A complexidade da infraestrutura urbana frequentemente demanda uma análise mais minuciosa do que aquela proporcionada pelas imagens de nível de rua.

Além disso, as imagens de nível de rua não capturam plenamente aspectos sociais e culturais das comunidades. A natureza objetiva das imagens pode deixar de representar a diversidade cultural de uma área, incluindo comércios locais, espaços de convivência comunitária e a identidade única de cada região. Isso pode resultar em estratégias de intervenção que negligenciam a preservação cultural e a inclusão nas melhorias de caminhabilidade.

Essas desvantagens destacam a importância de abordagens complementares ao uso de imagens do *Street View*. É fundamental integrar dados mais recentes, informações detalhadas provenientes de fontes específicas e uma compreensão aprofundada da diversidade cultural e social da comunidade para uma avaliação completa e precisa da caminhabilidade urbana. Ao reconhecer e superar essas limitações, os profissionais podem promover intervenções mais eficazes e adaptadas às necessidades reais das áreas urbanas, resultando em ambientes mais acessíveis e agradáveis para pedestres.

6 CONCLUSÃO

A metodologia proposta para o mapeamento virtual da caminhabilidade urbana, baseada no uso de SVI, mostrou-se eficaz para uma análise preliminar das condições urbanas, permitindo a obtenção de dados sem a necessidade de deslocamento físico. Essa metodologia se apresenta como uma alternativa viável para análise de grandes áreas e áreas de difícil acesso, reduzindo significativamente o custo e o tempo em relação às auditorias presenciais. Contudo, foi observada uma discreta discrepância entre os índices obtidos pela SVI (1,75) e aqueles levantados em campo (1,86), sugerindo limitações na precisão da metodologia. Essa diferença, atribuída às atualizações e reformas realizadas na área após a captura das imagens, ressalta a importância de revisões periódicas para que as avaliações reflitam as condições reais e mais atuais do espaço urbano.

Em uma análise detalhada das categorias de caminhabilidade, observou-se que as calçadas receberam uma avaliação “suficiente” (2,02), com problemas evidentes em largura e pavimentação. A presença de obstáculos e irregularidades na superfície compromete a segurança e a fluidez dos pedestres. A categoria de mobilidade, com pontuação de 2,41, foi a melhor avaliada, destacando-se a proximidade das paradas de transporte público como um fator positivo. No entanto, a dimensão das quadras apresenta-se como um aspecto a ser aprimorado para otimizar os trajetos a pé. Já a atratividade foi classificada como “boa” (2,18), especialmente nos segmentos com fachadas permeáveis e visualmente ativas. Entretanto, a falta de usos mistos impede que a área se torne ainda mais atrativa e movimentada para os pedestres.

As categorias de segurança viária e segurança pública foram avaliadas como “suficientes”, evidenciando a necessidade de melhorias em travessias seguras e iluminação para proporcionar maior segurança aos pedestres, principalmente durante o período noturno. A categoria “Ambiente” recebeu uma pontuação também “suficiente” (1,46), indicando a necessidade de intervenções que aumentem o conforto dos pedestres, como a adição de sombras, abrigos e a melhoria na limpeza das vias. Em relação à acessibilidade, a avaliação foi “insuficiente” (1,19), destacando uma carência em rampas e um excesso de obstáculos, que dificultam o trânsito de pessoas com mobilidade reduzida. Esse aspecto revela a necessidade urgente de intervenções que promovam a acessibilidade universal e tornem o ambiente urbano mais inclusivo.

A utilização das imagens de nível de rua apresenta vantagens ao proporcionar uma visão abrangente das condições de caminhabilidade em diferentes contextos urbanos, além de permitir análises históricas para a comparação e monitoramento das transformações urbanas ao longo do tempo. No entanto, essa metodologia não está isenta de limitações. A falta de atualização em tempo real e a captura limitada de detalhes específicos – como a qualidade do pavimento e pequenos obstáculos – reduzem a precisão da avaliação e sugerem que a aplicação da SVI deva ser complementada por levantamentos em campo. Dessa forma, as imagens de nível de rua consolidam-se como uma ferramenta útil e prática para estudos de caminhabilidade, especialmente quando utilizadas em conjunto com métodos tradicionais.

Em síntese, a metodologia virtual proposta nesta pesquisa busca preencher uma lacuna nos métodos convencionais ao propor o uso de SVI para o mapeamento de caminhabilidade e acessibilidade. Os resultados indicam que a metodologia possui grande potencial para ser replicada em diferentes contextos urbanos, oferecendo uma alternativa robusta e eficiente para a avaliação preliminar das condições de caminhabilidade. Contudo, a necessidade de atualizações constantes nas imagens, bem como o suporte de validações em campo, é essencial para capturar a dinâmica das transformações urbanas. Conclui-se, portanto, que o mapeamento virtual da caminhabilidade urbano associado à acessibilidade possui notável potencial para apoiar o planejamento urbano e orientar intervenções que promovam ambientes mais acessíveis, seguros e inclusivos para todos os pedestres.

REFERÊNCIAS

ABLEY, Steve; TURNER, Shane. Predicting walkability. New Zealand: Nz Transport Agency, 2011.

ABLEY, S. Walkability scoping paper. Disponível em: <<http://www.levelofservice.com/walkability-research.pdf>> Acesso em: 09 de jun. de 2024.

ALBALA, P. L. R.; MÜLFARTH, R. C. K. Avaliação de percursos de pedestres: Proposta de um índice a partir das inter-relações entre caminhabilidade e conforto ambiental. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2023.

ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE PÚBLICO. Relatório Geral SIMOB, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Adequação das edificações e do mobiliário urbano à pessoa deficiente. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências em edificações, espaços, mobiliário e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16.537: Sinalização tátil no piso. Rio de Janeiro, 2016.

BAHIA. Lei nº 8.260, de 02 de maio de 2012. Diário Oficial do Município de Salvador, 02 maio 2012. Disponível em: <http://www.dom.salvador.ba.gov.br>. Acesso em: 12 nov. 2023.

BAHIA. Lei nº 8.268, de 04 de dezembro de 2002. Diário Oficial do Estado da Bahia, 04 dez. 2002. Disponível em: <http://www.legislacao.ba.gov.br>. Acesso em: 12 nov. 2023.

BAHIA. Lei nº 9.069, de 30 de junho de 2016. Diário Oficial do Município de Salvador, 30 jun. 2016. Disponível em: <http://www.dom.salvador.ba.gov.br>. Acesso em: 12 nov. 2023.

BAHIA. Lei nº 9.374, de 08 de agosto de 2018. Diário Oficial do Município de Salvador, 08 ago. 2018. Disponível em: <http://www.dom.salvador.ba.gov.br>. Acesso em: 12 nov. 2023.

BARAZZETTI, L.; FANGI, G.; REMONDINO, F.; SCAIONI, M. 3D Digital Documentation and Presentation of Heritage Buildings. *Journal of Cultural Heritage*, 2020.

BOSSLER, J. D. GPSVan—A Mobile Multipurpose Surveying System. In: *Proceedings of the 1991 National Technical Meeting of The Institute of Navigation*, 1991.

BRADSHAW, C. Planning for Walking: Street-Level Planning in Ottawa. *Canadian Journal of Urban Research*, 1993.

BRADSHAW, C. *Walking and the Local Transport System*. London: HMSO, 1993.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Decreto Legislativo n.º 186, de 9 de julho de 2008. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Dlg/Dlg186.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Decreto n.º 3.298, de 20 de dezembro de 1999. Regulamenta a Lei n.º 7.853, de 1989, e institui a Política Nacional para a Integração da Pessoa com Deficiência. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Decreto n.º 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis n.º 10.048, de 2000, e n.º 10.098, de 2000. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Decreto n.º 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei n.º 10.436, de 2002, e o art. 18 da Lei n.º 10.098. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2005a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Decreto n.º 6.949, de 25 de agosto de 2009. Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Lei n.º 4.169, de 4 de dezembro de 1962. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1962. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4169.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Lei n.º 7.853, de 24 de outubro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7853.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Lei n.º 10.048, de 8 de novembro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2000a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10048.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Lei n.º 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2000b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10098.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Lei n.º 11.126, de 27 de julho de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2005b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11126.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Lei n.º 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 jan. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 29 mai. 2024.

BRASIL. Lei n.º 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Ministério das Cidades. Mobilidade Urbana. Caderno Técnico – Série de Publicações Técnicas de Mobilidade, 2006.

BRASIL. Ministério das Cidades. Política Nacional de Mobilidade Urbana, Lei n.º 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Brasília, 2012.

BRASIL. Portaria Interministerial n.º 424, de 30 de dezembro de 2016. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2016.

CARVALHO, Angela Costa Werneck de. Desenho universal, acessibilidade e integração modal, estudo exploratório no transporte coletivo no Rio de Janeiro. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes) – Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

CARVALHO, I. R. V. D. Caminhabilidade como instrumento de mobilidade urbana: um estudo de caso em Belo Horizonte. UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2018.

CONNELL, B. R. et al. *Universal Design Principles: The Center for Universal Design Environments and Products for All People*. Raleigh: NC State University, The Center for Universal Design, 1997.

CRUZ, V. V.; SÉ, A. C. S. MACHADO, W. C. A.; FIGUEIREDO, N. M. A.; PEREIRA, R. S. S.; MONTEIRO, R. S. Percepção dos usuários de centro especializado em reabilitação física sobre barreiras de acessibilidade e mobilidade urbana. *Revista de Pesquisa: Cuidado é Fundamental*, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.9789/2175-5361.rpcf.v15.11945>.

DIXON, L. B. Bicycle and pedestrian level-of-service performance measures and standards for congestion management systems. *Transportation Research Record*, v. 1538, p. 1-9, 1996.

DORNELES, V. T. BARROS, L. B.; FIGUEIREDO, G. S. *Acessibilidade no espaço urbano: análise de acessibilidade em áreas públicas*. 2013. [Publicação].

FAN, Z.; ZHANG, F.; LOO, B. P. Y.; RATTI, C. Urban Visual Intelligence: uncovering hidden city profiles with street view images. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 120, n. 27, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.2220417120>.

FANGI, G. Spherical Photogrammetry: applications and perspectives. In: BARAZZETTI, L. (Ed.). *Photogrammetric Applications*. Springer, 2015.

FERRARI DE LIMA, D.; LIMA, L. A.; SAMPAIO, A. A. Promover a caminhabilidade: um ensaio para a promoção de saúde e qualidade de vida de brasileiros. *Espaço Saúde*, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22421/1517-7130/es.2021v22.e809>.

FERREIRA, A. B.; SILVA, M. J.; OLIVEIRA, L. A. Indicadores e suas aplicações em diferentes contextos. *Revista de Indicadores*, v. 7, n. 2, p. 34-45, 2009.

FRUIN, J. J. *Pedestrian Planning and Design*. New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971.

GHIDINI, R. *Caminhabilidade: o espaço da rua e a apropriação pelo pedestre*. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

GALLIS, C. M. Sistema de Mapeamento Móvel: levantamentos fotogramétricos terrestres. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2002.

GUIMARÃES SILVA, K.; LEÃO, A. L. F.; URBANO, M. R.; KANASHIRO, M. Percepções do ambiente construído e sua associação com a caminhabilidade objetiva. *Revista de Morfologia Urbana*, v. 7, n. 2, e00084, 2019.

HALL, F. Evaluation of Walkability through a Multi-Criteria Index. *Journal of Urban Mobility*, v. 45, n. 3, p. 203-217, 2010.

INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO – ITDP. *Caminhabilidade no Brasil: medindo o caminhar nas cidades*. São Paulo, 2017.

INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO – ITDP. Índice de caminhabilidade – ICam: metodologia para avaliação da caminhabilidade urbana. São Paulo, 2018a. Disponível em: <https://itdpbrasil.org>. Acesso em: 20 set. 2024.

INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO – ITDP. Índice de caminhabilidade – ICam 2.0: manual de aplicação. São Paulo, 2018b. Disponível em: <https://itdpbrasil.org>. Acesso em: 20 set. 2024.

ITDP BRASIL. Caminhabilidade e espaços públicos: guia de boas práticas. Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento, 2017.

ITE , *Designing Walkable Urban Thoroughfares: A Context Sensitive Approach, Recommended Practice*, Institute of Transportation Engineers, 2010.

JANUZZI, P. M. Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações. 2. ed. São Paulo: Alínea, 2002.

JONES, P. Urban mobility systems and pedestrian needs: methods and indicators. *Urban Studies Journal*, v. 31, p. 707-719, 1994.

KHISTY, C. J. Evaluation of pedestrian facilities: beyond the level-of-service concept. *Transportation Research Record*, v. 1438, p. 45-50, 1994.

KRAMBECK, H. The Global Walkability Index: methodology and findings. *World Bank Urban Transport Strategy Review*, v. 32, n. 2, p. 154-172, 2006.

LARRANAGA, A. M. CYBIS, H. B. B.; ARELLANA, J.; RIZZI, L. I.; STRAMBI, O. Estimando a importância de características do ambiente construído para estimular bairros caminháveis usando Best-Worst Scaling. *Transportes*, v. 24, n. 2, p. 13-20, 2016.

LEITE, A. L. Acessibilidade Urbana e Mobilidade Reduzida: análise das calçadas na cidade de São Paulo. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

LI, X. et al. Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified Green View Index. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 14, n. 3, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.06.006>.

LIN, C.; SINCLAIR, T.; MITCHELL, I. *Advancing Transportation and Urban Mobility Optimization: insights from a comprehensive review and analysis*. 2023.

MAGALHÃES, C. M. Crítica à utilização de indicadores em estudos sociais. *Cadernos de Políticas Públicas*, v. 12, n. 3, p. 67-79, 2004.

MEDEIROS, R. Impacto das condições de iluminação na captura de imagens urbanas: um estudo sobre o Google Street View. *Revista de Engenharia Fotogramétrica*, 2023.

MILANOVIC, B. A interpretação de dados sociais: limitações e desafios dos indicadores. *Journal of Social Metrics*, v. 10, n. 1, p. 101-116, 2019.

MILLAN, M. Sobreposição ideal em processos fotogramétricos com Google Street View. *Revista de Cartografia e Geoprocessamento*, 2021.

MORAES, M. C. Análise crítica das normas de acessibilidade aplicadas à mobilidade urbana. São Paulo: Editora X, 2007.

MOREIRA, L.; SILVA, J.; PEREIRA, F. Auditorias virtuais e a análise do ambiente urbano: utilização do Google Street View para estudos em microescala. *Caderno de Urbanismo e Planejamento*, 2021.

MOURA, F.; SILVA, C.; FERRAZ, A. Urbanismo Caminhável: Caminhabilidade e Mobilidade Urbana. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 2017.

MUSEMBANI, L.; RIBEIRO, R. A. Estudo sobre compensações na avaliação da caminhabilidade urbana com apoio de SIG. III Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana, 2021.

NING, X. et al. Street View Images: applications in urban studies and planning. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022.

OZELIM, M. Planejamento e Caminhabilidade nas Cidades Brasileiras. *Revista de Urbanismo*, 2024.

PACIFICO, D. S.; SILVA JÚNIOR, O. S.; REIS, M. M. Plano de Mobilidade Urbana e os Desafios para a sua Elaboração: uma análise dos municípios do estado do Rio de Janeiro. *Revista Desenvolvimento em Questão*, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21527/2237-6453.2022.58.11886>.

PARK, Sungjin. Defining, Measuring, and Evaluating Path Walkability, and Testing Its Impacts on Transit Users' Mode Choice and Walking Distance to the Station. 2008. 239 f. Tese (Doutorado) - Curso de Philosophy, City And Regional Planning, University Of California, Berkeley, 2008.

PIRES, I. B.; MAGAGNIN, R. C. Elaboração de índice de caminhabilidade sob a percepção de especialistas. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (UNESP-PPGARQ), 2021.

PONTES, M. Mobilidade Urbana e Transporte Coletivo: Reflexões para o Planejamento Sustentável. São Paulo: Editora ABC, 2010.

RODRIGUES, M. Direito de Ir e Vir: Uma Análise da Mobilidade Urbana no Brasil. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2012.

SALVADOR. Lei nº 8.260, de 22 de maio de 2012. Dispõe sobre a acessibilidade para pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida em estabelecimentos de hospedagem e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Salvador, Salvador, 2012.

SALVADOR. Lei nº 9.069, de 30 de junho de 2016. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador (PDDU) e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Salvador, Salvador, 2016.

SALVADOR. Lei nº 9.374, de 29 de junho de 2018. Institui a Política Municipal de Mobilidade Urbana Sustentável de Salvador e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Salvador, Salvador, 2018.

SAELENS, B. E.; SALLIS, J. F. BLACK, J. B.; CHEN, D. Neighborhood-based differences in physical activity: an environment scale evaluation. *American Journal of Public Health*, v. 92, n. 2, p. 194-199, 2002.

SARKAR, S. Qualitative Evaluation of Comfort Needs in Urban Walkways in Major Activity Centers. *Transportation Quarterly*, v. 49, n. 1, p. 55-66, 1995.

SEGNESTAM, L. Indicators of Environment and Sustainable Development: Theories and Practical Experience. Washington, DC: The World Bank, 2002.

SENNA, A.; CARDOSO, P.; OLIVEIRA, R. Google Street View e suas aplicações no mapeamento urbano global: avanços e desafios. *Revista Internacional*.

SILVA, K. G.; LEÃO, A. L. F.; URBANO, M. R.; KANASHIRO, M. Percepções do ambiente construído e sua associação com a caminhabilidade objetiva. *Revista de Morfologia Urbana*, v. 7, n. 2, e00084, 2019.

SPECK, J. *Walkable City: How Downtown Can Save America, One Step at a Time*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2012.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara (1999). *Circular é preciso, viver não é preciso: a história do trânsito na cidade de São Paulo*. 1a. Ed. São Paulo: Annablume, 1999.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara (2001). *Transporte urbano, espaço, equidade: análise das políticas públicas*. São Paulo: Annablume, 2001.

VELOSO, C. *Avaliação da Mobilidade Urbana e Caminhabilidade: Uma Abordagem Quantitativa*. Rio de Janeiro: Editora Técnica, 2023.