

Avaliação da infraestrutura urbana e do acesso a serviços essenciais para mobilidade ativa: desenvolvimento do índice SIUMA

Renata Buzeti Garcia de Souza

Doutoranda em Engenharia Civil
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Bauru, Brasil
buzeti.garcia@unesp.br
ORCID iD: 0009-0000-4600-0645

Gustavo Garcia Manzato

Professor Doutor em Engenharia Civil
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Bauru, Brasil
gustavo.manzato@unesp.br
ORCID iD: 0000-0002-6542-5523

Submissão: 17/02/2026

Aceite 27/03/2026

SOUZA, Renata Buzeti Garcia de; MANZATO, Gustavo Garcia. Avaliação da infraestrutura urbana e do acesso a serviços essenciais para mobilidade ativa: Desenvolvimento do índice SIUMA. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 14, n. 91, p. e2539, 2026. DOI: [10.17271/23188472149120266265](https://doi.org/10.17271/23188472149120266265).

Disponível

em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/6265

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Avaliação da infraestrutura urbana e do acesso a serviços essenciais para mobilidade ativa: desenvolvimento do índice SIUMA

RESUMO

Objetivo - Apresentar a construção conceitual e metodológica do índice de Serviços de Infraestrutura Urbana para os Modos Ativos (SIUMA), desenvolvido para avaliar, de forma integrada, a infraestrutura urbana destinada aos deslocamentos a pé e de bicicleta em relação ao acesso aos serviços essenciais, com foco especial em municípios com até 100 mil habitantes.

Metodologia - O estudo foi conduzido por meio de revisão sistemática da literatura nacional e internacional, categorização dos indicadores mais recorrentes, consulta a especialistas e profissionais da área e verificação da disponibilidade de informações em bases de dados públicas. A ponderação dos domínios, temas e indicadores foi realizada pelo método Structured Pairwise Comparison, resultando na definição da estrutura final do índice, calculado exclusivamente com dados públicos e técnicas de geoprocessamento.

Originalidade/relevância - O estudo é realizado com base em oportunidades identificadas na literatura quanto à integração entre infraestrutura urbana e acesso a serviços essenciais, bem como quanto à viabilidade operacional e à replicabilidade de instrumentos avaliativos, especialmente em cidades com até 100 mil habitantes.

Resultados - O SIUMA foi estruturado a partir de 14 indicadores distribuídos em três domínios principais, constituindo um instrumento metodológico prático, transparente, replicável e de baixo custo, apto a avaliar de forma integrada as condições urbanas para a mobilidade ativa.

Contribuições teóricas/metodológicas - O estudo avança ao propor um índice integrado que articula infraestrutura urbana e acesso a serviços essenciais, utilizando metodologia estruturada de ponderação e dados públicos, o que amplia a aplicabilidade e a comparabilidade entre diferentes contextos urbanos.

Contribuições sociais e ambientais - O SIUMA oferece subsídios para diagnósticos urbanos e para o planejamento da mobilidade ativa, contribuindo para o fortalecimento da resiliência urbana e, para a melhoria do acesso equitativo a serviços essenciais, sobretudo em municípios com até 100 mil habitantes.

PALAVRAS-CHAVE: Mobilidade ativa. Infraestrutura urbana. Serviços essenciais. Indicadores urbanos. Planejamento urbano.

Assessing urban infrastructure and access to essential services for active mobility: development of the SIUMA index

2

ABSTRACT

Objective – To present the conceptual and methodological development of the Urban Infrastructure Services for Active Modes Index (SIUMA), designed to integratively assess urban infrastructure for walking and cycling in relation to access to essential services, with particular focus on municipalities with up to 100,000 inhabitants.

Methodology – The study was conducted through a systematic review of national and international literature, categorization of the most recurrent indicators, consultation with experts and professionals in the field, and verification of data availability in public databases. The weighting of domains, themes, and indicators was carried out using the Structured Pairwise Comparison method, resulting in the final structure of the index, calculated exclusively with public data and geoprocessing techniques.

Originality/Relevance – The study is based on opportunities identified in the literature regarding the integration between urban infrastructure and access to essential services, as well as the operational feasibility and replicability of assessment instruments, especially in cities with up to 100,000 inhabitants.

Results – SIUMA was structured based on 14 indicators distributed across three main domains, constituting a practical, transparent, replicable, and low-cost methodological tool capable of integratively assessing urban conditions for active mobility.

Theoretical/Methodological Contributions – The study advances knowledge by proposing an integrated index that articulates urban infrastructure and access to essential services, using a structured weighting methodology and public data, thereby expanding applicability and comparability across different urban contexts.

Social and Environmental Contributions – SIUMA provides support for urban diagnostics and active mobility planning, contributing to the strengthening of urban resilience and to improving equitable access to essential services, particularly in municipalities with up to 100,000 inhabitants.

KEYWORDS: Active mobility. Urban infrastructure. Essential services. Urban indicators. Urban planning.

Evaluación de la infraestructura urbana y del acceso a servicios esenciales para la movilidad cativa: desarrollo del índice SIUMA

RESUMEN

Objetivo – Presentar la construcción conceptual y metodológica del índice de Servicios de Infraestructura Urbana para los Modos Activos (SIUMA), desarrollado para evaluar de forma integrada la infraestructura urbana destinada a los desplazamientos a pie y en bicicleta en relación con el acceso a los servicios esenciales, con especial énfasis en municipios de hasta 100.000 habitantes.

Metodología – El estudio se llevó a cabo mediante una revisión sistemática de la literatura nacional e internacional, la categorización de los indicadores más recurrentes, la consulta a especialistas y profesionales del área y la verificación de la disponibilidad de información en bases de datos públicas. La ponderación de los dominios, temas e indicadores se realizó mediante el método Structured Pairwise Comparison, lo que dio lugar a la definición de la estructura final del índice, calculado exclusivamente con datos públicos y técnicas de geoprocetamiento.

Originalidad/Relevancia – El estudio se basa en oportunidades identificadas en la literatura respecto a la integración entre infraestructura urbana y acceso a servicios esenciales, así como a la viabilidad operativa y la replicabilidad de instrumentos de evaluación, especialmente en ciudades de hasta 100.000 habitantes.

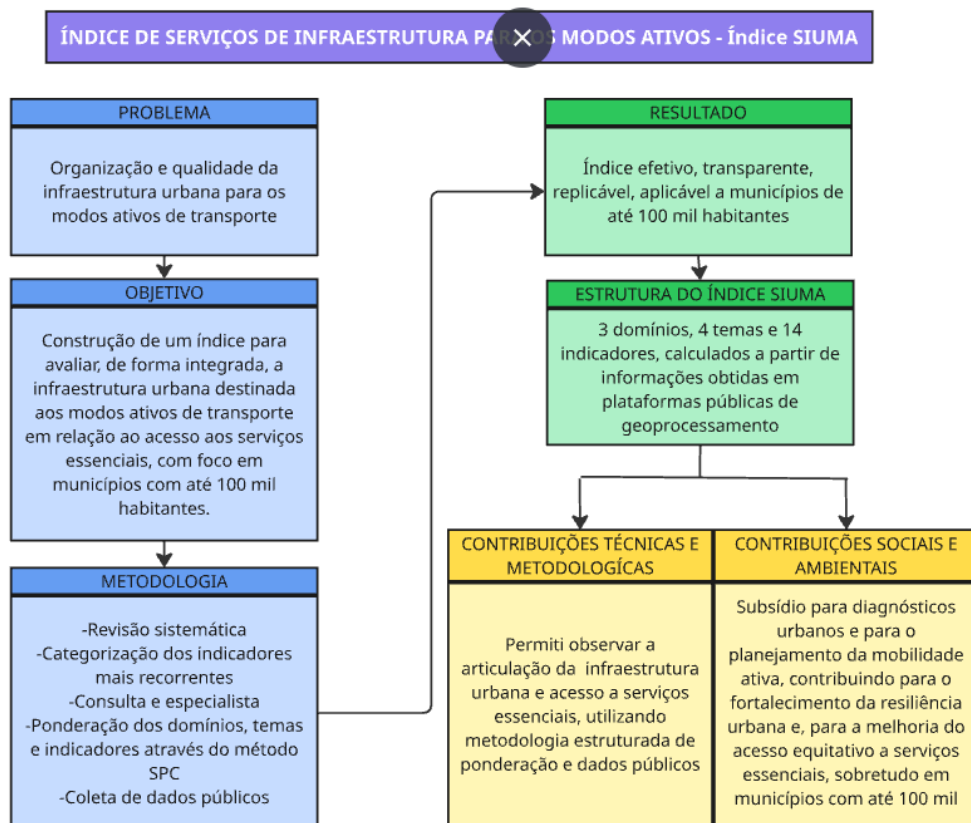
Resultados – El SIUMA se estructuró a partir de 14 indicadores distribuidos en tres dominios principales, constituyendo un instrumento metodológico práctico, transparente, replicable y de bajo costo, apto para evaluar de forma integrada las condiciones urbanas para la movilidad activa.

Contribuciones Teóricas/Metodológicas – El estudio avanza al proponer un índice integrado que articula infraestructura urbana y acceso a servicios esenciales, utilizando una metodología estructurada de ponderación y datos públicos, lo que amplía la aplicabilidad y la comparabilidad entre diferentes contextos urbanos.

Contribuciones Sociales y Ambientales – El SIUMA ofrece insumos para diagnósticos urbanos y para la planificación de la movilidad activa, contribuyendo al fortalecimiento de la resiliencia urbana y a la mejora del acceso equitativo a servicios esenciales, especialmente en municipios de hasta 100.000 habitantes.

PALABRAS CLAVE: Movilidad activa. Infraestructura urbana. Servicios esenciales. Indicadores urbanos. Planificación urbana.

RESUMO GRÁFICO



1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana pode ser compreendida como o conjunto de deslocamentos realizados no espaço urbano, envolvendo modos motorizados e não motorizados, públicos ou privados, cuja dinâmica está diretamente relacionada ao planejamento urbano, às políticas públicas e à infraestrutura disponível (Vasconcellos, 2001).

O processo de urbanização intensificou-se nas últimas décadas: em 2018, cerca de 55% da população mundial vivia em áreas urbanas, percentual que poderá atingir 68% até 2050 (UNITED NATIONS, 2019). Esse cenário amplia os desafios associados à mobilidade, especialmente quanto à garantia de acessibilidade e à sustentabilidade das cidades, em consonância com as diretrizes da Agenda 2030.

No Brasil, a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Federal nº 12.587/2012) estabeleceu a obrigatoriedade de Planos de Mobilidade para municípios com mais de 20 mil habitantes, priorizando modos não motorizados e coletivos e reforçando princípios como acessibilidade universal e sustentabilidade. Esse marco normativo evidencia a necessidade de assegurar a continuidade do acesso aos serviços urbanos essenciais em diferentes contextos.

O conceito de resiliência, inicialmente desenvolvido no campo da ecologia (Holling, 1973), passou a integrar os estudos urbanos como a capacidade de sistemas absorverem impactos e manterem suas funções essenciais (Timmerman, 1981; Folke et al., 2010). No âmbito da mobilidade, a resiliência relaciona-se à manutenção do acesso a destinos e serviços essenciais diante de eventos adversos, como crises energéticas ou desastres naturais (Santos, 2014; Chan e Schofer, 2016; De Castro Leiva et al., 2020). Sistemas resilientes dependem de atributos como diversidade modal, conectividade, robustez e capacidade adaptativa (Ribeiro e Gonçalves, 2019), reforçando a importância da infraestrutura voltada aos modos ativos e seu papel no acesso cotidiano aos serviços (Fernandes et al., 2017; Oliveira et al., 2015).

Diante da complexidade da mobilidade urbana, a utilização de indicadores torna-se fundamental para analisar padrões, monitorar diretrizes e apoiar a tomada de decisão (Gudmundsson, 2004). Esses indicadores devem contemplar dimensões sociais, econômicas e ambientais, oferecendo uma visão integrada do sistema urbano (Maclaren, 1996). Considerando a multiplicidade de variáveis envolvidas, a avaliação da mobilidade ativa requer conjuntos estruturados de indicadores capazes de sintetizar diferentes dimensões do espaço urbano.

A mobilidade urbana está diretamente relacionada à qualidade de vida nas cidades, sendo necessária a adoção de práticas sustentáveis e a valorização de modos de transporte coletivo e não motorizado (RABELO, 2019). Nesse contexto, a avaliação da mobilidade urbana exige o uso de diferentes métodos e ferramentas, com sistemas de monitoramento adaptados às especificidades locais (PINTO *et al.*, 2024).

Nesse sentido, a revisão dos métodos de avaliação da infraestrutura urbana voltada aos modos ativos evidencia que os indicadores podem ser organizados nas seguintes categorias: acesso a destinos essenciais (a); a configuração e conectividade da malha viária urbana (b); a infraestrutura destinada ao uso da bicicleta (c); a infraestrutura voltada ao modo a pé (d); os elementos de intermodalidade (e); a infraestrutura para modos motorizados (f); as condições operacionais das vias (g); aspectos ambientais urbanos (h); fatores relacionados à segurança viária e pessoal (i); características da tipologia urbana (j); condições de conforto ao pedestre e

ciclista (k); elementos vinculados ao comportamento dos usuários (l); parâmetros de fisiologia humana (m); características populacionais (n) e dimensões institucionais e governamentais (o).

A categoria de acesso a destinos essenciais (a) reúne indicadores de proximidade e diversidade de serviços urbanos fundamentais, como alimentação, educação, saúde, serviços financeiros e lazer, refletindo a capacidade do espaço urbano de garantir acessibilidade por modos ativos e reduzir deslocamentos motorizados.

A configuração e conectividade da malha viária urbana (b) abrange indicadores como densidade de interseções, comprimento de quadras e continuidade das vias, relacionados à permeabilidade urbana, à escolha de rotas e à eficiência dos deslocamentos a pé e de bicicleta.

A infraestrutura destinada ao uso da bicicleta (c) contempla a presença e qualidade de ciclovias, sinalização, largura adequada, pavimentação e estacionamentos, expressando o suporte físico ao deslocamento ciclovitário.

A infraestrutura voltada ao modo a pé (d) considera as condições das calçadas e espaços de circulação, incluindo existência, largura, qualidade da superfície e ausência de obstáculos, sendo central para a avaliação da caminhabilidade.

Os elementos de intermodalidade (e) referem-se à integração entre modos ativos e transporte público, como pontos de parada e terminais, ampliando o alcance espacial das viagens.

A infraestrutura para modos motorizados (f) inclui facilidades destinadas ao automóvel, como estacionamentos, que influenciam o equilíbrio modal e a escolha de modos de transporte.

As condições operacionais das vias (g) descrevem aspectos como velocidade e fluxo veicular, que impactam a segurança, o conforto e a percepção de risco dos usuários dos modos ativos.

Os aspectos ambientais urbanos (h) envolvem elementos como arborização e áreas verdes, que contribuem para o conforto ambiental e a atratividade dos deslocamentos ativos.

Os fatores relacionados à segurança viária e pessoal (i) incluem iluminação, sinalização, travessias e ocorrência de acidentes, sendo determinantes para a percepção de segurança e adoção dos modos ativos.

As características da tipologia urbana (j) abrangem forma urbana e declividade, condicionando a viabilidade física e a continuidade dos deslocamentos.

As condições de conforto ao pedestre e ciclista (k) referem-se a mobiliário urbano, sombreamento e condições microclimáticas que influenciam a experiência do deslocamento.

Os elementos vinculados ao comportamento dos usuários (l) dizem respeito a hábitos, preferências modais e atitudes individuais, geralmente dependentes de levantamentos primários.

Os parâmetros de fisiologia humana (m) incluem aspectos como esforço físico e impactos à saúde, relevantes para avaliar a adequação do ambiente urbano, embora com limitações operacionais em larga escala.

As características populacionais (n) englobam variáveis socioeconômicas e demográficas, como renda, idade e densidade populacional, que influenciam a demanda e a equidade no acesso urbano.

Por fim, as dimensões institucionais e governamentais (o) referem-se ao planejamento urbano e às políticas de uso e ocupação do solo, refletindo o papel das decisões institucionais na organização territorial.

A Tabela 1 sistematiza os métodos de avaliação identificados na literatura, relacionando autores, categorias de indicadores e contextos de aplicação, permitindo visualizar a diversidade de abordagens e a recorrência das categorias conforme o contexto urbano analisado.

Tabela 1- Quadro comparativo dos métodos de avaliação da mobilidade ativa

Autor(es)	Método	Categoria de indicadores															Local de aplicação
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
Hoedl et al. (2010)	<i>Bikeability and Walkability Evaluation Table</i>	x		x	x			x	x	x						x	Graz – Áustria
Cerin et al. (2011)	<i>Environment in Asia Scan Tool</i>	x			x					x	x	x					Hong Kong – China
Talavera et al. (2015)	<i>Pedestrian Level of Service</i>	x	x							x		x					Granada – Espanha
Habibian e Hosseinzadeh (2018)	<i>Walkability Index (WI)</i>	x													x	x	Rasht – Irã
Lin e Wey (2018)	<i>Grey Analytic Network Process</i>	x	x	x						x							Taipé – Taiwan
Ruiz et al. (2018)	<i>Weighted Walkability Index</i>	x	x		x				x	x	x	x					Porto Alegre – Brasil
Taleai e Yameqani (2018)	<i>Healthy Walking Path Model</i>								x		x	x				x	Shiraz – Irã
Kim et al. (2019)	<i>Walkability Score</i>	x	x														Seoul – Coreia do Sul
Martins et al. (2019)	<i>Assessing resilience in urb. mob.</i>	x															São Carlos – Brasil; Maceió – Brasil
Rebecchi et al. (2019)	<i>Milan Walkability Measurement</i>	x	x	x	x				x			x				x	Milão – Itália
Alves et al. (2020)	<i>Walkability Index for Elderly Health</i>				x				x	x	x			x			Áreas urbanas- Portugal
Arrelana et al. (2020)	<i>Bikeability Index</i>		x	x		x		x			x					x	Barranquilla – Colômbia
Ignaccolo et al. (2020)	<i>Pedestrian Compatibility Index</i>		x		x	x				x	x						Acireale – Itália
Kamel et al. (2020)	<i>Bike Composite Index</i>	x		x												x	Vancouver – Canadá
Orellana et al. (2020)	<i>Walk'n'Roll Mobile Assessment Tool</i>	x			x	x				x	x		x				Cuenca – Equador
Gossling e Mcrae (2022)	<i>Stated Preference - SP</i>		x	x	x												Berlim – Alemanha
Guzman et al. (2022)	<i>Walkability Index</i>	x			x			x	x	x		x					Bogotá – Colômbia
Hardinghaus et al. (2021)	<i>Multifactorial Bikeability Index</i>		x	x				x	x								Berlim – Alemanha
Labdaqui et al. (2021)	<i>Street Walkability and Thermal Comfort Index</i>		x	x						x		x					Annaba – Argélia
Psarrou et al. (2022)	<i>Neighborhood Suitability Index</i>			x					x	x	x	x				x	Paris – França
Reggiani et al. (2022)	<i>Multi-layered Bikeability Assessment and BC</i>	x	x	x													Amsterdã – Holanda
Schmid-Querg et al. (2021)	<i>Munich Bikeability Index</i>			x				x		x							Munique – Alemanha
Telega et al. (2021)	<i>New Approach for Measuring Walkability</i>	x			x	x											Cracóvia – Polônia
Zhou et al. (2021)	<i>Sidewalk Walkability Index</i>	x			x	x			x		x						Salzburgo – Áustria
Karolemeas et al. (2022)	<i>Bikeability Index</i>	x	x						x	x	x						Zografou – Grécia

Bartzokas et al. (2023)	<i>Microscale Walkability Index</i>				x	x				x	x										Cidade do México – México		
Beecham et al. (2023)	<i>Connected Bikeability Index</i>		x	x					x	x	x										Londres – Reino Unido		
Dai et al. (2023)	<i>Bikeability Index</i>	x				x														x	Xiamen – China		
Jeong et al. (2023)	<i>Walkability Evaluation System</i>		x		x	x				x	x										x	Seul – Coreia do Sul	
Sánchez et al. (2024)	<i>15-Minute Walkability Composite Indicator</i>	x	x		x	x															x	x	Múltiplas cidades – Europa
Tirolese et al. (2023)	<i>Walkability Index</i>	x	x							x	x										x	Milão – Itália	

As categorias mais frequentemente observadas na literatura são aquelas relacionadas à configuração física do espaço urbano e ao acesso cotidiano, especialmente o acesso a destinos (a), a infraestrutura viária urbana (b), a infraestrutura para o modo a pé (d) e a infraestrutura para o modo bicicleta (c). Essas categorias concentram indicadores diretamente mensuráveis por meio de dados espaciais e bases públicas, como densidade de interseções, conectividade da malha viária, comprimento de quadras, existência e qualidade de calçadas e ciclovias, além da proximidade a serviços essenciais, como comércio, educação, lazer, alimentação e áreas verdes. A recorrência dessas categorias reflete sua consolidação metodológica como determinantes centrais da mobilidade ativa.

As categorias associadas à infraestrutura de intermodalidade (e) e às condições operacionais viárias (g) aparecem de forma mais pontual nos métodos analisados, geralmente vinculadas a estudos que buscam integrar os modos ativos ao transporte público ou avaliar a influência do tráfego motorizado sobre a segurança e a fluidez das viagens. Indicadores como pontos de parada, terminais, velocidade das vias e fluxo veicular, embora reconhecidos como relevantes, não são incorporados de maneira sistemática na maioria dos índices, o que limita análises mais integradas do sistema urbano de mobilidade.

A segurança (i) e o conforto (k) apresentam ocorrência intermediária e elevada heterogeneidade quanto à composição dos indicadores. Enquanto alguns métodos consideram apenas elementos básicos, como iluminação pública, sinalização e travessias, outros incorporam variáveis mais complexas, como número de acidentes, videomonitoramento, poluição sonora, condições microclimáticas, mobiliário urbano e sombreamento. Essa diversidade evidencia a ausência de consenso quanto ao nível de detalhamento adequado e reflete, em muitos casos, limitações associadas à disponibilidade e padronização dos dados.

As categorias relacionadas à infraestrutura ambiental urbana (h) e à tipologia urbana (j) também aparecem de forma recorrente, sobretudo por meio de indicadores como presença de vegetação, arborização viária, forma urbana e inclinação do terreno. Esses elementos são amplamente reconhecidos como condicionantes do conforto, do esforço físico e da atratividade dos deslocamentos ativos, sendo frequentemente utilizados como variáveis estruturais ou complementares nos métodos analisados.

Em contrapartida, categorias como comportamentos dos usuários (l) e fisiologia humana (m) são pouco exploradas de forma sistemática. Embora conceitualmente relevantes, os indicadores associados a essas dimensões dependem, em geral, de levantamentos primários, monitoramento individual ou dados biométricos, o que restringe sua aplicação em estudos de

escala urbana e compromete a replicabilidade espacial, especialmente em cidades de pequeno e médio porte.

As características populacionais (n) ocupam uma posição intermediária na literatura, sendo frequentemente utilizadas para contextualizar os resultados ou como variáveis de controle. Indicadores como densidade populacional, renda, idade, gênero e taxa de motorização são amplamente reconhecidos como fatores condicionantes da mobilidade ativa, porém raramente assumem papel central na composição dos índices, aparecendo de forma agregada ou complementar.

Por fim, observa-se que a categoria aspectos institucionais e governamentais (o), que abrange indicadores relacionados ao planejamento urbano e ao uso do solo, é mencionada de forma pontual nos métodos analisados. Apesar de sua relevância para a organização do espaço urbano, sua operacionalização permanece limitada, sobretudo em estudos que priorizam métricas físicas e diretamente mensuráveis da infraestrutura.

A análise das abordagens existentes evidencia avanços na avaliação da mobilidade ativa, mas também limitações quanto à integração entre infraestrutura urbana e acesso aos serviços essenciais, além de restrições de replicabilidade em cidades de pequeno e médio porte. Essas lacunas apontam para a necessidade de um instrumento que incorpore dimensões consolidadas na literatura e seja, ao mesmo tempo, operacionalmente viável e aplicável em diferentes contextos urbanos.

Nesse cenário, insere-se o índice SIUMA, concebido para avaliar de forma integrada a infraestrutura voltada aos modos ativos e sua relação com a acessibilidade cotidiana. O índice SIUMA articula configuração urbana e acesso a serviços essenciais, oferecendo suporte a diagnósticos territoriais e à formulação de políticas públicas, sob a perspectiva da resiliência e da manutenção das funções urbanas por meio de deslocamentos não motorizados.

A comparação com os estudos apresentados na Tabela 1 demonstra que os indicadores selecionados estão alinhados às categorias mais recorrentes na literatura, especialmente aquelas relacionadas à conectividade viária, forma e densidade urbana, infraestrutura para pedestres e ciclistas e acesso a destinos essenciais. Ao mesmo tempo, a estrutura do índice SIUMA prioriza indicadores baseados em dados públicos e passíveis de geoprocessamento, visando garantir viabilidade operacional e replicabilidade.

Categorias como comportamentos dos usuários e fisiologia humana, embora relevantes, foram excluídas por dependerem de levantamentos primários ou dados de difícil padronização. Essa decisão metodológica reforça o caráter prático, de baixo custo e aplicável a diferentes realidades urbanas do índice SIUMA.

Mesmo com um conjunto mais enxuto de indicadores, o índice SIUMA contempla funções essenciais da mobilidade ativa, abordando conectividade, continuidade viária, acessibilidade, segurança e conforto por meio de variáveis como barreiras físicas, cobertura de serviços essenciais, vias de baixa velocidade, calçadas, topografia e infraestrutura cicloviária.

Diferentemente de muitos métodos desenvolvidos para contextos metropolitanos e dependentes de bases específicas, o índice SIUMA foi concebido para cidades com até 100 mil habitantes, utilizando exclusivamente dados públicos, o que amplia seu potencial de aplicação em municípios com menor capacidade técnica e financeira.

A seção seguinte apresenta a estrutura metodológica do índice SIUMA, detalhando os critérios de seleção, a organização dos indicadores e os procedimentos de cálculo.

2. METODOLOGIA

O processo de construção do índice iniciou-se com o levantamento sistemático da produção científica internacional relacionada à avaliação da mobilidade urbana voltada aos modos ativos de transporte. As buscas foram realizadas nas bases de dados Web of Science e Scopus e através da plataforma online de rastreamento de artigos acadêmicos Research Rabbit. Foram incluídos artigos científicos publicados entre 2010 e 2025, adotando-se como critério a existência de pelo menos dez citações por artigo. As palavras-chave empregadas nas buscas foram: *Urban mobility index*, *Urban mobility for active modes and index or assessment or method*, *Walkability and index or assessment or method* e *Bikeability and index or assessment or method*. Todos os 71 artigos resultantes tiveram seus resumos analisados individualmente, com o objetivo de identificar aqueles cuja temática apresentava efetiva aderência aos propósitos desta pesquisa. Ao final desse processo, 33 estudos foram selecionados por apresentarem maior convergência com o foco analítico do trabalho.

A leitura desses artigos permitiu identificar os indicadores mais recorrentes nos estudos sobre mobilidade ativa e acessibilidade urbana, bem como compreender para quais portes de cidades esses métodos foram majoritariamente direcionados. Também foi possível mapear os diferentes procedimentos de coleta de dados empregados, os quais incluíram bases públicas e geoespaciais, entrevistas, formulários aplicados à população, observação direta e coleta manual em campo.

Quanto às categorias de indicadores a serem abordadas, foram selecionados aqueles relacionados à infraestrutura urbana e que, segundo Ahmed *et al.* (2024) e Castañon *et al.* (2025), são fundamentais para a análise da mobilidade. Adicionalmente, foram incorporados indicadores relacionados ao acesso a serviços essenciais, uma vez que, conforme Litman (2003) e Gudmundsson (2004), tais elementos são determinantes para compreender o grau de resiliência das cidades diante de crises. Por fim, diante da dificuldade de obtenção de dados em cidades com até 100 mil habitantes e da intenção de que o índice possa ser replicado de forma prática por gestores e técnicos municipais, definiu-se que o processo de coleta de informações seria baseado em bases de dados públicas disponibilizadas por Sistemas de Informações Geográficas e por órgãos municipais. Essa premissa alinha-se às contribuições de Ito e Biljecki (2021), que demonstram que o uso integrado de múltiplos bancos de dados amplia significativamente a precisão, a escalabilidade e a cobertura territorial das análises, ao mesmo tempo em que reduz custos e supera limitações da coleta manual.

Em relação a construção do índice, realizou-se a definição dos domínios, temas e indicadores, a partir da revisão bibliográfica, considerando conceitos de mobilidade sustentável, resiliência urbana, experiências nacionais e internacionais de índices disponíveis, acesso a serviços essenciais e disponibilidade de informações. Esse processo resultou em uma primeira estrutura do índice e, com o objetivo de avaliar a importância dos indicadores selecionados foram consultados 19 especialistas, da área da mobilidade urbana por meio de formulário online, representando instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais, além de uma

consultoria técnica especializada. Entre as instituições participantes encontram-se: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Infraplan Consultoria, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade de São Paulo (USP) – Campus de São Carlos, Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Universidade do Minho (Portugal), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – COPPE, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) (SOUZA e MANZATO, 2024). Esses avaliaram a relevância de cada indicador, classificando-os em três categorias: a) muito relevante, quando considerado indispensável para compor o índice; b) relevante, quando importante, mas não essencial; e c) irrelevante, quando sua inclusão não modificaria de forma significativa a composição do índice.

Após incorporadas as sugestões dos especialistas referentes à inclusão e exclusão de indicadores, a etapa seguinte consistiu na aplicação de um novo formulário, no qual cada especialista foi convidado a ordenar os itens segundo seu grau de importância, conforme a metodologia proposta por Souza e Manzato (2024), fundamentada no método Structured Pairwise Comparison (SPC), originalmente proposto por Sharifi *et al.* (2006). O SPC constitui um método de apoio à tomada de decisão que organiza a comparação entre critérios de forma estruturada, permitindo hierarquizar elementos a partir de comparações pareadas simples e reduzindo inconsistências associadas a julgamentos complexos. Sua aplicação em estudos urbanos, especialmente em processos de modelagem espacial em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), foi posteriormente ampliada por Taleai *et al.* (2007).

Nesse procedimento, cada comparação entre dois itens resulta em uma posição na lista de prioridade: quando o especialista identifica uma diferença de fraca importância, o item considerado superior avança uma posição em relação ao outro. Assim, se o item A é julgado ligeiramente mais importante que o item B, A ocupa a posição 1 e B a posição 2. Já quando a diferença é classificada como de forte importância, o item superior avança duas posições, fazendo com que A permaneça na posição 1 e B seja movimentado para a posição 3. Esse mecanismo permite que a percepção qualitativa dos especialistas seja convertida em uma estrutura quantitativa de ordenação, mantendo simplicidade operacional e clareza no processo decisório.

Após a consolidação das ordenações atribuídas por todos os especialistas, as posições de cada item foram somadas e, em seguida, procedeu-se ao cálculo dos pesos por meio do inverso da soma das posições, com posterior normalização, assegurando que o conjunto de pesos totalizasse 1,0. Esse procedimento contribui para reduzir o impacto de julgamentos contraditórios e confere maior robustez à hierarquização final dos indicadores. Como forma de exemplificar esse processo, a Tabela 2 apresenta a tabulação dos julgamentos atribuídos aos indicadores Conectividade da rede viária urbana (CR), Vias pavimentadas (VP) e Disponibilidade de pontos para transporte público (DP), pertencentes ao tema Transporte Urbano, enquanto a Tabela 3 ilustra o exemplo da operação de normalização dos indicadores desse mesmo tema, conforme proposto por Souza e Manzato (2024). O mesmo procedimento de tabulação, ponderação e normalização foi aplicado a todos os indicadores, temas e domínios que compõem o índice SIUMA.

Tabela 2- Tabulação dos resultados do grau de importância dos indicadores do tema Transporte Urbano

Posição indicadores	N° de identificação dos respondentes																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1°	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	VP	CR	CR	CR	DP	CR	CR	CR	CR	CR
2°	DP	VP	VP				DP	VP			DP	DP	DP	CR	DP	DP			VP	
3°			DP	DP	DP	DP			VP	DP	VP	DP	DP	VP	VP	VP	VP	DP	DP	DP
4°	VP	DP		VP	VP		VP	DP	DP			VP						VP	VP	
5°						VP				CR										

CR Conectividade da rede viária urbana

VP Vias pavimentadas

DP Disponibilidade de pontos de parada para transporte coletivo

Fonte: (Souza e Manzato, 2024).

Tabela 3- Normalização dos indicadores do tema Transporte Urbano

Indicadores	Tabulação																			Soma	1/Soma	Normalização	
CR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	0,042	0,537
VP	4	2	2	4	4	5	4	2	3	1	3	4	3	3	3	3	4	4	2	2	60	0,017	0,215
DP	2	4	3	3	3	3	2	4	4	3	2	3	2	1	2	2	3	3	3	3	52	0,019	0,248
																						0,078	1,000

Fonte: (Souza e Manzato, 2024).

Concluída a etapa metodológica que envolveu a definição conceitual do índice SIUMA, a identificação e categorização dos indicadores, a consulta a especialistas e a definição dos procedimentos de ponderação e normalização, estabelece-se o arcabouço necessário para a compreensão de sua estrutura e funcionamento. Mais especificamente, sua operacionalização por meio dos procedimentos de cálculo dos indicadores, temas e domínios, bem como a organização final da estrutura hierárquica adotada. Essa abordagem permite compreender como as escolhas conceituais e metodológicas se traduzem em um sistema de pontuação aplicado à avaliação da infraestrutura urbana voltada aos modos ativos.

Como resultado do processo de definição dos indicadores, estabelecimento dos parâmetros de avaliação e atribuição dos pesos por meio do método Structured Pairwise Comparison, o cálculo dos indicadores, temas e domínios pode ser observado a partir da aplicação desses parâmetros previamente definidos. O primeiro item, demonstrado aqui como exemplo, refere-se ao indicador Conectividade da rede viária urbana (CR). Inicialmente, procede-se à pontuação dos parâmetros do indicador ($cr_1, cr_2, cr_3, cr_4, cr_5$), de acordo com os dados coletados. Em seguida, a soma desses parâmetros é multiplicada pelo peso do indicador, resultando em sua pontuação final. A fórmula (1) exemplifica esse cálculo, sendo esse modelo adotado para todos os demais indicadores.

$$Pontuação\ do\ indicador\ CR = (\sum cr_1 + cr_2 + cr_3 + cr_4 + cr_5) \times Peso\ CR \quad (1)$$

O cálculo dos temas, é realizado da seguinte forma: realiza-se a soma dos indicadores que compõem o tema e multiplica-se pelo peso do tema, conforme a fórmula (2) exemplificada abaixo para o tema Transporte Urbano (TU).

$$Pontuação\ do\ tema\ (TU) = (\sum CR + DP + VP) \times Peso\ TU \quad (2)$$

O cálculo dos domínios, é realizado da seguinte forma: realiza-se a soma dos temas que compõem o domínio e multiplica-se pelo peso do domínio. Conforme a fórmula (3) exemplificada abaixo para o domínio Infraestrutura Urbana (IU), que é composto pelos temas Transporte Urbano (TU) e Topologia das Cidades (TC).

$$Pontuação\ do\ domínio\ (IU) = (\sum TU + TC) \times Peso\ IU \quad (3)$$

O cálculo do índice SIUMA, é realizado da seguinte forma: realiza-se a soma dos domínios que compõem o índice, Infraestrutura Urbana (IU), Serviços Essenciais (SE), Modos Ativos de Transportes (MA), conforme a fórmula (4) exemplificada.

$$Índice\ SIUMA = \sum IU + SE + MA \quad (4)$$

Por fim, o resultado do índice SIUMA representa o nível de resiliência da mobilidade urbana em relação a disponibilidade de infraestrutura para os modos ativos de transportes para o setor/cidade avaliada. A classificação proposta é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4- Classificação índice SIUMA

Índice SIUMA	Classificação	Situação
Entre 0,76 e 1,00	Satisfatório	A área apresenta infraestrutura urbana em relação a disponibilidade de infraestrutura voltada aos modos ativos de transportes bem estruturada, serviços essenciais acessíveis e suporte aos modos ativos de transporte. Em cenários de crise, as atividades urbanas podem continuar sendo desenvolvidas sem prejuízo.
Entre 0,51 e 0,75	Bom	A área apresenta algumas vulnerabilidades em relação a disponibilidade de infraestrutura voltada aos modos ativos de transportes, porém, possui grande capacidade de se adaptar a situações adversas.
Entre 0,26 e 0,50	Razoável	A área dispõe de elementos que contribuem para a resiliência na mobilidade urbana em relação a disponibilidade de infraestrutura voltada aos modos ativos de transportes, mas de forma limitada. Em cenários de crise, a capacidade de resposta da mobilidade urbana é reduzida.
Entre 0,01 e 0,25	Ruim	A área apresenta baixa resiliência na mobilidade urbana em relação a disponibilidade de infraestrutura voltada aos modos ativos de transportes. Em cenários adversos, a população fica exposta a maiores dificuldades de deslocamento e menor capacidade de adaptação.
Igual a 0,00	Insatisfatório	A área não possui resiliência na mobilidade urbana em relação a disponibilidade de infraestrutura voltada aos modos ativos de transportes. Há falta de infraestrutura urbana, de acesso a serviços essenciais e de suporte aos modos ativos. População vulnerável a crises, sem alternativas viáveis de deslocamento pelos modos ativos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A versão final do índice SIUMA, estruturada hierarquicamente em domínios, temas e indicadores, acompanhada de seus respectivos parâmetros de avaliação e da ordem de importância estabelecida, pode ser observada na Tabela 5. Verifica-se que essa versão consolidada reúne 14 indicadores distribuídos entre três domínios principais e seus correspondentes temas, compondo a estrutura definitiva do instrumento.

Tabela 5- Versão final índice SIUMA

DOMÍNIO	TEMA	INDICADOR
Infraestrutura urbana	Transporte urbano	Conectividade da rede viária urbana <i>Quantidade de nós presentes na área de análise em relação a quantidade de nós ideais</i>
		Disponibilidade de pontos de parada p/ transporte coletivo <i>Quantidade de pontos de parada para transporte público existentes na área de análise</i>
	Topologia das cidades	Vias pavimentadas <i>Proporção da extensão de vias pavimentadas em relação à extensão total da malha viária existente na área de análise</i>
		Forma e densidade urbana <i>Relação da forma geométrica e da densidade demográfica em relação à área de análise</i>
Serviços essenciais	Acesso aos serviços essenciais	Barreiras físicas <i>Quantidade de barreiras físicas existentes na área de análise ²</i>
		Topografia urbana <i>Proporção da área com declividade acessível em relação a área de análise</i>
		Vias de baixa velocidade <i>Proporção da extensão da malha viária de baixa velocidade em relação à extensão total de vias na área de análise</i>
		Acesso aos serviços de educação <i>Cobertura espacial dos serviços de educação considerando uma distância aceitável para caminhada</i>
Modos ativos de transportes	Infraestrutura p/ os modos ativos	Acesso aos distribuidores de alimentos <i>Cobertura espacial dos serviços de distribuição de alimentos considerando uma distância aceitável para caminhada</i>
		Acesso aos serviços de saúde <i>Cobertura espacial dos serviços de saúde considerando uma distância aceitável para caminhada</i>
		Acesso à bancos <i>Cobertura espacial dos serviços bancários considerando uma distância aceitável para caminhada</i>
		Vias c/ calçadas p/ pedestres <i>Proporção da extensão de vias com calçadas em relação à extensão total de vias na área de análise</i>
Modos ativos de transportes	Infraestrutura p/ os modos ativos	Extensão de infraestrutura p/ bicicletas <i>Proporção de vias exclusivas para bicicletas em relação à extensão total de vias na área de análise</i>
		Estacionamento p/ bicicletas <i>Presença de paraciclos ou bicicletários existentes na área de análise</i>

Fonte: (Souza e Manzato, 2024).

Na sequência, os resultados da etapa que teve por objetivo a obtenção dos pesos dos domínios, temas e indicadores por meio do método SPC estão apresentados na Tabela 6. Nessa tabela podem ser visualizados os pesos de cada dimensão (domínio, tema ou indicador) e o valor ponderado de cada indicador, considerando-se os pesos do tema e domínio correspondentes.

Tabela 6- Estrutura e pesos do índice SIUMA

	Peso do domínio	Peso dos temas	Peso do indicador	Valor ponderado
INFRAESTRUTURA URBANA	0,439			
Transporte Urbano		0,522		
Conectividade da rede viária urbana			0,537	0,123
Disponibilidade de pontos para transp. público			0,248	0,057
Vias Pavimentadas			0,215	0,049
Topologia das cidades		0,478		
Forma e densidade urbana			0,294	0,062
Barreiras físicas			0,288	0,060
Topografia urbana			0,233	0,049
Vias de baixa velocidade			0,184	0,039
SERVIÇOS ESSENCIAIS	0,299			
Acesso aos serviços essenciais		1,000		
Acesso à serviços de educação			0,314	0,094
Acesso à distribuidores de alimentos			0,287	0,086
Acesso à serviços de saúde			0,260	0,078
Acesso à bancos			0,139	0,042
MODOS ATIVOS DE TRANSPORTES	0,262			
Infraestrutura para os modos ativos		1,000		
Vias com calçadas para pedestres			0,502	0,132
Extensão de infraestrutura para bicicletas			0,315	0,083
Estacionamento para bicicletas			0,183	0,048

Fonte: (Souza e Manzato, 2024).

As Tabelas 7 a 10 apresentam as planilhas de cálculo necessárias para a replicação do índice SIUMA, organizadas de forma a detalhar claramente, para cada indicador, os parâmetros adotados, os critérios de pontuação, os pesos atribuídos e as fórmulas utilizadas no cálculo dos temas e domínios. Dessa forma, as planilhas permitem compreender como os dados de entrada são processados e constituem uma ferramenta prática para pesquisadores, técnicos e gestores públicos, viabilizando a aplicação do índice SIUMA.

Tabela 7- Planilha de cálculo dos indicadores do domínio de infraestrutura urbana

Domínios (Peso)	Temas (Peso)	Indicadores (Peso)	Parâmetros análise	Pontuação	Setor 1 Nota obtida	
Infraestrutura urbana (IU)	Transporte urbano (TU)	1° Conectividade da rede viária urbana (CR)	100% de presença de nós reais em relação aos nós ideais	1,00	cr1	
			Entre 75% e 99% de presença de nós reais em relação aos nós ideais	0,75	cr2	
			Entre 50% e 74% de presença de nós reais em relação aos nós ideais	0,50	cr3	
			Entre 25% e 49% de presença de nós reais em relação aos nós ideais	0,25	cr4	
			Entre 0% e 24% de presença de nós reais em relação aos nós ideais	0,00	cr5	
		Nota ponderada do indicador: Conectividade da rede			CR= (cr1+cr2+cr3+cr4+cr5) x Peso CR	
		2° Dispon.de pontos de parada p/ transp. coletivo (DP)	100% da área do setor coberta pela zona de influência de até 500 metros de distância em relação a um ponto de ônibus	1,00	dp1	
			Entre 75% e 99% da área do setor coberta pela zona de influência de até 500 metros de distância em relação a um ponto de ônibus	0,75	dp2	
			Entre 50% e 74% da área do setor coberta pela zona de influência de até 500 metros de distância em relação a um ponto de ônibus	0,50	dp3	
			Entre 25% e 49% da área do setor coberta pela zona de influência de até 500 metros de distância em relação a um ponto de ônibus	0,25	dp4	
	Entre 0% e 24% da área do setor coberta pela zona de influência de até 500 metros de distância em relação a um ponto de ônibus		0,00	dp5		
	Nota ponderada do indicador: Dispon. de pontos de parada p/ transporte público			DP= (dp1+dp2+dp3+dp4+dp5) x Peso DP		
	3° Vias pavimentadas (VP)	100% das vias pavimentadas	1,00	vp1		
		Entre 75% e 99% das vias pavimentadas	0,75	vp2		
		Entre 50% e 74% das vias pavimentadas	0,50	vp3		
		Entre 25% e 49% das vias pavimentadas	0,25	vp4		
		Entre 0 e 24% das vias pavimentadas	0,00	vp5		
	Nota ponderada do indicador: Vias pavimentadas			VP= (vp1+vp2+vp3+vp4+vp5) x Peso VP		
	Nota ponderada do tema: Transporte Urbano			TU= (CR + DP + VP) x Peso TU		

Tabela 8- Planilha de cálculo dos indicadores do domínio de infraestrutura urbana

Domínios (Peso)	Temas (Peso)	Indicadores (Peso)	Parâmetros análise	Pontuação	Setor 1
					Nota obtida
Infraestrutura urbana (IU)	4° Forma e densidade urbana (FU)		Alto IC e alta densidade urbana	1,00	fu1
			Alto IC e média densidade urbana	0,75	fu2
			Alto IC e baixa densidade urbana	0,50	fu3
			Médio IC e alta densidade urbana	0,75	fu4
			Médio IC e média densidade urbana	0,50	fu5
			Médio IC e baixa densidade urbana	0,25	fu6
			Baixo IC e alta densidade urbana	0,50	fu7
			Baixo IC e média densidade urbana	0,25	fu8
			Baixo IC e baixa densidade urbana	0,00	fu9
			Nota ponderada do indicador: Forma urbana		
	5° Barreiras físicas (BF)		Ausência de barreiras	1,00	bf1
			Presença de barreiras com estrutura de transposição	0,50	bf2
			Presença de barreiras sem estrutura de transposição	0,00	bf3
			Nota ponderada do indicador: Barreiras físicas		
	6° Topografia urbana (TU)		Inclinação igual ou inferior a 8,33%	1,00	tu1
			Inclinação superior a 8,33%	0,00	tu2
			Nota ponderada do indicador: Topografia urbana		
	7° Vias de baixa velocidade		100% das vias de baixa velocidade		vb1
			Entre 75% e 99% das vias de baixa velocidade		vb2
			Entre 50% e 74% das vias de baixa velocidade		vb3
Entre 25% e 49% das vias de baixa velocidade				vb4	
Entre 0 e 24% das vias de baixa velocidade				vb5	
Nota ponderada do indicador: Vias de baixa velocidade			VB= (vb1+vb2+vb3+vb4+vb5) x Peso VB		
Nota ponderada do tema: Topologia das cidades			TC= (FU + BF + TU + VB) x Peso TC		
Nota ponderada do domínio: Infraestrutura Urbana			IU= (TU + TC) * Peso IU		

17

Tabela 9- Planilha de cálculo dos indicadores de serviços essenciais

Domínios (Peso)	Temas (Peso)	Indicadores (Peso)	Parâmetros análise	Pontuação	Setor 1
					Nota obtida
Serviços essenciais (SE)	Acesso aos serviços essenciais (ASE)	8° Acesso aos serviços de educação (AE)	De 76% a 100% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	1,00	ae1
			De 51% a 75% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,50	ae2
			De 26 a 50% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,25	ae3
			De 0 a 25% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,00	ae4

	Nota ponderada do indicador: Acesso aos serviços de educação	AE= (ae1+ae2+ae3+ae4) x Peso AE	
	De 76% a 100% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	1,00	aa1
	De 51% a 75% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,50	aa2
9° Acesso aos distribuidores de alimentos (AA)	De 26 a 50% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,25	aa3
	De 0 a 25% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,00	aa4
	Nota ponderada do indicador: Acesso aos distribuidores de alimentos	AA= (aa1+aa2+aa3+aa4) x Peso AA	
	De 76% a 100% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	1,00	as1
	De 51% a 75% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,50	as2
10° Acesso aos serviços de saúde (AS)	De 26 a 50% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,25	as3
	De 0 a 25% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,00	as4
	Nota ponderada do indicador: Acesso aos serviços de saúde	AS= (as1+as2+as3+as4) x Peso AS	
	De 76% a 100% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	1,00	ab1
	De 51% a 75% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,50	ab2
11° Acesso à bancos (AB)	De 26 a 50% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,25	ab3
	De 0 a 25% da área do setor coberto pela zona de influência de até 1000 metros de distância em relação a uma unidade	0,00	ab4
	Nota ponderada do indicador: Acesso à bancos	AB= (ab1+ab2+ab3+ab4) x Peso AB	
	Nota ponderada do tema: Acesso aos Serviços	ASE= (AE+AA+AS+AB) Peso ASE	
	Nota ponderada do domínio: Serviços Essenciais	SE= ASE x Peso SE	

Tabela 10- Planilha de cálculo dos indicadores dos modos ativos de transporte

Domínios (Peso)	Temas (Peso)	Indicadores (Peso)	Parâmetros análise	Pontuação	Setor 1	
					Nota obtida	
Modos ativos de transportes (MA)	Infraestrutura p/ os modos ativos (IFA)	12° Vias c/ calçadas p/ pedestres (VC)	100% das vias com calçadas	1,00	vc1	
			Entre 75% e 99% das vias com calçadas	0,75	vc2	
			Entre 50% e 74% das vias com calçadas	0,50	vc3	
			Entre 25% e 49% das vias com calçadas	0,25	vc4	
			Entre 0 e 24% das vias com calçadas	0,00	vc5	
			Nota ponderada do indicador: Vias com calçadas para pedestres	VC= (vc1+vc2+vc3+vc4+vc5) x Peso VC		
		13° Extensão de infraestrutura p/ bicicletas (EI)	100% das vias com infraestrutura	1,00	ei1	
			Entre 75% e 99% das vias com infraestrutura	0,75	ei2	
			Entre 50% e 74% das vias com infraestrutura	0,50	ei3	
			Entre 25% e 49% das vias com infraestrutura	0,25	ei4	
			Entre 0 e 24% das vias com infraestrutura	0,00	ei5	
			Nota ponderada do indicador: Extensão de infraestrutura para bicicletas	EI= (ei1+ei2+ei3+ei4+ei5) x Peso EI		
		14° Estacionamento p/ bicicletas (EB)	Existência de paraciclos ou bicicletários por região da área de estudo.	1,00	eb1	
			Ausência de paraciclos ou bicicletários por região da área de estudo.	0,00	eb2	
		Nota ponderada do indicador: Estacionamento para bicicletas			EB= (eb1+eb2) x Peso EB	
		Nota ponderada do tema: Infraestrutura para os Modos Ativos			IFA= (VC+EI+EB) x Peso IFA	
		Nota global para Modos Ativos de Transportes			MA= IFA x Peso MA	

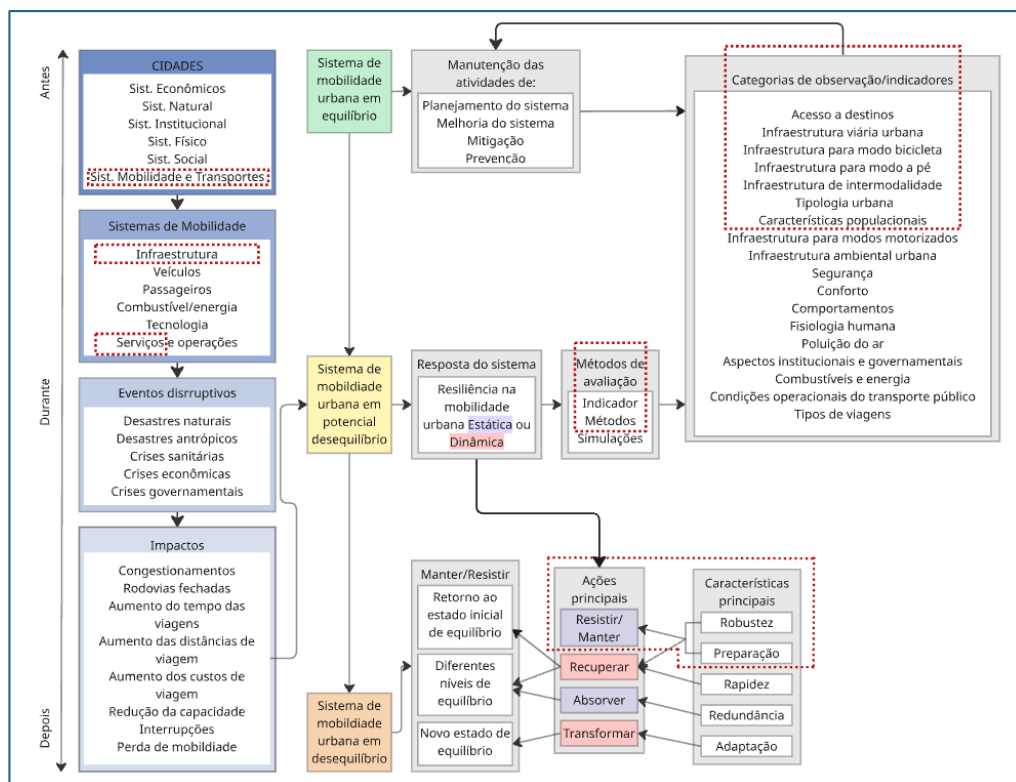
4. O ÍNDICE SIUMA COMO FERRAMENTA PARA PLANEJAMENTO

Além dos resultados metodológicos, é fundamental discutir o papel do índice SIUMA como instrumento de apoio ao planejamento urbano e à avaliação da infraestrutura voltada aos modos ativos. Ao integrar indicadores relacionados à configuração urbana e ao acesso a serviços essenciais, o índice SIUMA subsidia diagnósticos territoriais, orienta a priorização de investimentos e contribui para a formulação de políticas públicas. Nesse contexto, também favorece a incorporação da perspectiva da resiliência na mobilidade urbana, ao evidenciar condições estruturais que influenciam a manutenção do acesso às funções urbanas diante de perturbações.

Para aprofundar essa análise, adota-se o framework de resiliência na mobilidade urbana proposto por Sassaron et al. (2025), derivado do modelo de resiliência urbana de Ribeiro e Gonçalves (2019) e adaptado às especificidades dos sistemas de mobilidade. O modelo decompõe o sistema em componentes como infraestrutura, veículos, passageiros, serviços, tecnologias, comportamentos de viagem e níveis de serviço, além de distinguir tipos de eventos disruptivos — naturais, antrópicos ou operacionais — e seus impactos, permitindo identificar vulnerabilidades.

Sassaron et al. (2025) incorporam ainda a categoria “Métodos de Avaliação” ao ciclo da resiliência, contemplando indicadores, métodos analíticos e simulações nas fases de equilíbrio, impacto, resposta e recuperação. Nesse sentido, o índice SIUMA reforça o papel dos métodos de avaliação como instrumentos estratégicos que articulam planejamento urbano e análise da resiliência. A Figura 1 apresenta o referido framework acrescido das categorias de indicadores identificadas na revisão da literatura.

Figura 1- Framework de resiliência na mobilidade urbana e categorias de indicadores



Fonte: Adaptado de Ribeiro e Gonçalves (2019) e Sassaron et al. (2025).

O índice SIUMA configura-se como instrumento metodológico de diagnóstico capaz de contribuir para diferentes etapas do processo de resiliência na mobilidade urbana, a partir da análise sistemática de seus indicadores. Ao contemplar categorias associadas às funções essenciais da mobilidade ativa, o índice subsidia ações de planejamento, mitigação e prevenção em contextos de equilíbrio do sistema, permitindo identificar fragilidades estruturais da infraestrutura e do acesso aos serviços essenciais, bem como priorizar áreas críticas.

Em situações de potencial desequilíbrio, o índice SIUMA auxilia na identificação de elementos que podem desencadear instabilidades, como baixa conectividade viária, discontinuidades nas rotas de pedestres e ciclistas, barreiras físicas e distâncias elevadas até serviços essenciais. Ao evidenciar essas vulnerabilidades, oferece suporte técnico para intervenções corretivas e preventivas.

Quando o sistema já se encontra em desequilíbrio, o índice contribui para avaliar a capacidade de resistir, manter e recuperar funções essenciais da mobilidade urbana. Ao indicar

setores com melhores condições estruturais — como continuidade de calçadas, rotas alternativas, proximidade a serviços e infraestrutura cicloviária —, o índice SIUMA evidencia onde os modos ativos tendem a permanecer operantes diante de eventos adversos, dialogando com atributos centrais da resiliência, como robustez, preparação e redundância.

5. CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou a construção conceitual e metodológica do índice de Serviços de Infraestrutura Urbana para os Modos Ativos (SIUMA), desenvolvido com o objetivo de avaliar, de forma integrada, a disponibilidade de infraestrutura urbana destinada aos deslocamentos a pé e de bicicleta e sua relação com o acesso aos serviços essenciais. A proposta responde à oportunidade de desenvolver instrumentos capazes de diagnosticar, com base em dados públicos, padronizados e replicáveis, as condições estruturais que influenciam a mobilidade ativa e a resiliência urbana, especialmente em cidades de pequeno e médio porte, com até 100 mil habitantes.

Os resultados da etapa metodológica evidenciam que a revisão sistemática da literatura, associada à categorização dos indicadores e à consulta a especialistas, permitiu consolidar uma estrutura composta por 14 indicadores organizados em três domínios fundamentais. A aplicação do método *Structured Pairwise Comparison* para a ponderação dos domínios, temas e indicadores conferiu consistência e coerência ao processo decisório, assegurando que o índice sintetize de forma equilibrada as diferentes dimensões associadas à infraestrutura urbana, aos serviços essenciais e aos modos ativos de transporte. A estrutura final do índice SIUMA demonstrou potencial para evidenciar padrões territoriais, identificar fragilidades estruturais e revelar potencialidades relacionadas às condições da mobilidade ativa e do acesso urbano.

No processo de construção do índice, destaca-se a importância da atenção às limitações inerentes às análises espaciais, em especial ao *Modifiable Areal Unit Problem* (MAUP), amplamente discutido na literatura. A adoção de unidades territoriais menores e padronizadas, como o setor censitário, contribui para mitigar esse efeito, aumentando a sensibilidade da análise às microvariações do ambiente urbano. Conforme evidenciado por Valenzuela *et al.* (2022), essa unidade espacial permite capturar descontinuidades de ciclovias, rupturas de infraestrutura, variações de conectividade viária e diferenças de declividade, além de integrar informações demográficas, socioeconômicas e de uso do solo, fortalecendo a precisão dos diagnósticos produzidos em ambiente de Sistema de Informações Geográficas.

O índice SIUMA configura-se, assim, como uma ferramenta de baixo custo, de fácil aplicação e com elevado potencial de replicabilidade, especialmente em municípios com restrições técnicas e financeiras. Ao basear-se exclusivamente em dados públicos, o índice contribui para a identificação de desigualdades territoriais e oferece subsídios técnicos para o planejamento urbano e a tomada de decisão, apoiando a priorização de intervenções voltadas à melhoria da mobilidade ativa e ao fortalecimento da resiliência urbana.

Como perspectivas para pesquisas futuras, recomenda-se a aplicação do índice SIUMA em diferentes contextos territoriais, de modo a testar sua robustez e sensibilidade frente a distintas configurações urbanas. Sugere-se, ainda a incorporação de indicadores qualitativos associados à percepção dos usuários. A adaptação do índice para análises temporais também representa

um caminho promissor, possibilitando o monitoramento de transformações estruturais e a avaliação contínua de políticas públicas.

BIBLIOGRAFIA

ABASTANTE, F.; LAMI, I. M.; LA RICCIA, L.; GABALLO, M. Supporting resilient urban planning through walkability assessment. *Sustainability*, Basel, v. 12, n. 8131, p. 1-20, out. 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/su12198131>

AHMED, T.; PIRDAVANI, A.; WETS, G.; JANSSENS, D. Bicycle Infrastructure Design Principles in Urban Bikeability Indices: A Systematic Review. *Sustainability*, Basel, v. 16, n. 6, p. 1-23, mar. 2024. DOI <https://doi.org/10.3390/su16062545>

ALVES, F.; CRUZ, S.; RIBEIRO, A.; SILVA, A. B.; MARTINS, J.; CUNHA, I. Walkability Index for Elderly Health: A Proposal. *Sustainability*, Basel, v. 12, n. 7360, p. 1-27, set. 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/su12187360>

ARELLANA, J.; SALTARÍN, M.; LARRAÑAGA, A. M.; GONZÁLEZ, V. I.; HENAO, C. A. Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritize bicycle infrastructure investments. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Amsterdam, v. 139, p. 310–334, 2020. DOI 10.1016/j.tra.2020.07.010

BARTZOKAS-TSIOMPRAS, A.; BAKOGIANNIS, E.; NIKITAS, A. Global microscale walkability ratings and rankings: A novel composite indicator for 59 European city centres. *Journal of Transport Geography*, v. 111, p. 103645, 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2023.103645>

BEECHAM, R.; YANG, Y.; TAIT, C.; LOVELACE, R. Connected bikeability in London: Which localities are better connected by bike and does this matter? *EPB: Urban Analytics and City Science*, v. 50, n. 8, p. 2103–2117, 2023. DOI: 10.1177/23998083231165122.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em abril de 2025.

BRASIL. Lei nº 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: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em abril de 2025.

BRASIL. **Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU)**. Relatório técnico. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 1. ed., 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/desenvolvimento-urbano-e-metropolitano/politica-nacional-de-desenvolvimento-urbano>. Acesso em abril de 2025.

BRASIL. **Decreto nº 10.282, de 20 de março de 2020**. Regulamenta a Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020, para definir os serviços públicos e as atividades essenciais. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 20 mar. 2020a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10282.htm. Acesso em abril de 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020**. Dispõe sobre as medidas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2019. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2020b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l13979.htm. Acesso em abril de 2025.

CASTAÑÓN, U. N.; RIBEIRO, P. J. G.; MENDES, J. F. G. Toward a holistic bikeability framework: expert-based prioritization of urban cycling criteria via AHP. *Applied System Innovation*, Guimarães, v. 8, n. 119, p. 1-24, ago. 2025. DOI <https://doi.org/10.3390/asi8050119>

CHAN, R.; SCHOFER, J. L. Measuring transportation system resilience: response of rail transit to weather disruptions. *Natural Hazards Review*, v. 17, n. 1, p. 05015004, fev. 2016. DOI 10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000200

CERIN, E.; CHAN, K.; MACFARLANE, D.; LEE, K.; LAI, P. Objective assessment of walking environments in ultra-dense cities: Development and reliability of the Environment in Asia Scan Tool—Hong Kong version (EAST-HK). *Health & Place*, v. 17, p. 937–945, 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2011.04.005>

DAI, S.; ZHAO, W.; WANG, Y.; HUANG, X.; CHEN, Z.; LEI, J.; STEIN, A.; JIA, P. Assessing spatiotemporal bikeability using multi-source geospatial big data: A case study of Xiamen, China. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 125, p. 103539, 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103539>

DE CASTRO LEIVA, G.; DOS REIS, D. S.; ORRICO FILHO, R. D. Estrutura urbana e mobilidade populacional: implicações para o distanciamento social e disseminação da Covid-19. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 37, p. 1-22, 24 jul. 2020. DOI <https://doi.org/10.20947/S0102-3098a0118>

FERNANDES, V. A.; ROTHFUSS, R.; HOCHSCHILD, V.; DA SILVA, W. R.; SANTOS, M. P. S. Resiliência da mobilidade urbana: uma proposta conceitual e de sistematização. **Transportes**, v. 25, n. 4, p. 147, 2017. DOI <https://doi.org/10.14295/transportes.v25i4.1079>

FOLKE, C.; CARPENTER, S. R.; WALKER, B.; SCHEFFER, M.; CHAPIN, T.; ROCKSTRÖM, J. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. **Ecology and Society**, v. 15, n. 4, 2010. DOI 10.5751/ES-03610-150420

FONSECA, N. F. S. **Proposta de índice de oferta de infraestrutura cicloviária: o caso de Bauru-SP**. 2020. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Bauru, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/e6544e5b-e8af-4f54-a8a8-eafd74b62cfd>

GÖSSLING, S.; MCRAE, S. Subjectively safe cycling infrastructure: New insights for urban designs. **Journal of Transport Geography**, Amsterdam, v. 101, p. 103340, 2022. DOI 10.1016/j.jtrangeo.2022.103340

GUDMUNDSSON, H. Sustainable transport and performance indicators. In: HESTER, R. E.; HARRISON, R. M. (eds.). **Transport and environment: regulatory challenges in a changing world**. Oxford: Elsevier, 2004. Disponível em: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/100478045/Sustainable_Transport_and_Performance_Indicator_s.pdf. Acesso em janeiro de 2025.

GUZMAN, L. A.; ARELLANA, J.; CASTRO, W. F. Desirable streets for pedestrians: Using a street-level index to assess walkability. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 111, p. 103462, 2022. DOI 10.1016/j.trd.2022.103462

HABIBIAN, M.; HOSSEINZADEH, A. Walkability index across trip purposes. **Sustainable Cities and Society**, Amsterdam, v. 42, p. 216–225, 2018. DOI 10.1016/j.scs.2018.07.005

HARDINGHAUS, M.; NIELAND, S.; LEHNE, M.; WESCHKE, J. More than Bike Lanes—A Multifactorial Index of Urban Bikeability. **Sustainability**, Basel, v. 13, n. 11584, p. 1–18, out. 2021. DOI <https://doi.org/10.3390/su132111584>

HOEDL, S.; TITZE, S.; OJA, P. *The Bikeability and Walkability Evaluation Table: Reliability and Application*. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 39, n. 5, p. 457–459, 2010. DOI 10.1016/j.amepre.2010.07.005

HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, n. 1, p. 1-23, nov. 1973. DOI <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>

IGNACCOLO, M.; INTURRI, G.; GIUFFRIDA, N.; LE PIRA, M.; TORRISI, V.; CALABRÒ, G. A step towards walkable environments: spatial analysis of pedestrian compatibility in an urban context. **European Transport / Trasporti Europei**, n. 76, p. 1–12, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342077693_A_step_towards_walkable_environments_spatial_analysis_of_pedestrian_compatibility_in_an_urban_context

ITO, K.; BILJECKI, F. Assessing bikeability with street view imagery and computer vision. **Transportation Research Part C, [S.l.]**, v. 132, p. 1-23, 2021. DOI 10.48550/arXiv.2105.08499

JEONG, I.; CHOI, M.; KWAK, J.; KU, D.; LEE, S. A comprehensive walkability evaluation system for promoting environmental benefits. **Scientific Reports**, v. 13, n. 16183, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-43261-0. DOI 10.1038/s41598-023-43261-0

KAMEL, M. B.; SAYED, T.; BIGAZZI, A. A composite zonal index for biking attractiveness and safety. **Accident Analysis and Prevention**, Amsterdam, v. 137, p. 105439, 2020. DOI 10.1016/j.aap.2020.105439

- KAROLEMEAS, C.; VASSIA, A.; TSIGDINOS, S.; BAKOGIANNIS, E. Measure the ability of cities to be biked via weighted parameters, using GIS tools. The case study of Zografou in Greece. **Transportation Research Procedia**, v. 62, p. 59–66, 2022. DOI 10.1016/j.trpro.2022.02.008
- KIM, E. J.; WON, J.; KIM, J. Is Seoul walkable? Assessing a walkability score and examining its relationship with pedestrian satisfaction in Seoul, Korea. **Sustainability**, Basel, v. 11, n. 6915, p. 1-17, dez. 2019. DOI <https://doi.org/10.3390/su11246915>
- LABDAOUI, K.; MAZOUZ, S.; MOEINADDINI, M.; COOLS, M.; TELLER, J. The Street Walkability and Thermal Comfort Index (SWTCI): A new assessment tool combining street design measurements and thermal comfort. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 795, p. 148663, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148663>
- LIN, J. J.; WEI, Y. H. Assessing area-wide bikeability: A grey analytic network process. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, Amsterdam, v. 113, p. 381–396, 2018. DOI 10.1016/j.tr.2018.04.022
- LITMAN, T. Measuring transportation: traffic, mobility, and accessibility. **ITE Journal**, v. 73, n. 10, p. 1-15, 1 out. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/37183597_Measuring_transportation_Traffic_mobility_and_accessibility. Acesso em janeiro de 2025.
- MACLAREN, V. W. Urban sustainability reporting. **Journal of the American Planning Association**, v. 62, n. 2, p. 184-202, Spring 1996. Disponível em: https://materiales.untrefvirtual.edu.ar/documentos_extras/01118/doc/biblioteca/Maclaren_1996.pdf. Acesso em janeiro de 2025.
- MARTINS, M. C. da M.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Uma estratégia para avaliação da resiliência na mobilidade urbana. **Transportes**, v. 26, n. 3, p. 75-86, 4 nov. 2018. DOI <https://doi.org/10.14295/transportes.v26i3.1625>
- MARTINS, M. C. M.; RODRIGUES DA SILVA, A. N.; PINTO, N. An indicator-based methodology for assessing resilience in urban mobility. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 77, p. 352–363, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.01.004>
- MATIOLLI, J. A. C. **Relações entre características espaciais de cidades e a resiliência na mobilidade urbana**. 2020. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Bauru, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/272a307e-e126-4e80-94f4-d7e88b064c2d>
- OLIVEIRA, J. A. P.; DOLL, C. N. H.; SIRI, J.; DREYFUS, M.; FARZANEH, H.; CAPON, A. Urban governance and the systems approaches to health-environment co-benefits in cities. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 31, n. suppl 1, p. 25-38, nov. 2015. DOI <https://doi.org/10.1590/0102-311X00010015>
- ORELLANA, D.; BUSTOS, M. E.; MARÍN-PALACIOS, M.; CABRERA-JARA, N.; HERMIDA, M. A. Walk'n'roll: Mapping street-level accessibility for different mobility conditions in Cuenca, Ecuador. **Journal of Transport & Health**, v. 16, p. 1–14, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100821>
- PINTO, B. M.; MAGAGNIN, R. C.; FONTES, M. S. G. C.; AZAMBUJA, M. A. Metodologias para avaliação da política de mobilidade urbana brasileira: uma revisão sistemática. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 12, n. 86, 2024. DOI <https://doi.org/10.17271/23188472128620245315>
- PSARROU KALAKONI, A. M.; CHRISTOFOROU, Z.; FARHI, N. A novel methodology for micromobility system assessment using multi-criteria analysis. **Case Studies on Transport Policy**, Amsterdam, v. 10, p. 976–992, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.03.010>
- RABELO, N. S. A mobilidade urbana nas cidades brasileiras: realidade, desafios e perspectivas. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 7, n. 46, 2019. DOI <https://doi.org/10.17271/2318847274620192000>
- REBECCHI, A.; BUFFOLI, M.; DETTORI, M.; APPOLLONI, L.; AZARA, A.; CASTIGLIA, P.; D'ALESSANDRO, D.; CAPOLONGO, S. Walkable Environments and Healthy Urban Moves: Urban Context Features Assessment Framework Experienced in Milan. **Sustainability**, v. 11, n. 2778, 2019. DOI 10.3390/su11102778

REGGIANI, G.; VAN OIJEN, T.; HAMEDMOGHADAM, H.; DAAMEN, W.; VU, H. L.; HOOGENDOORN, S. Understanding bikeability: a methodology to assess urban networks. *Transportation*, v. 49, p. 897–925, 2022. DOI 10.1007/s11116-021-10198-0

RIBEIRO, P. J. G.; GONÇALVES, L. A. P. J. Urban resilience: a conceptual framework. *Sustainable Cities and Society*, v. 50, p. 101625, 2019. DOI 10.1016/j.scs.2019.101625.

RUÍZ-PADILLO, A.; PASQUAL, F. M.; LARRANAGA URIARTE, A. M.; CYBIS, H. B. B. Application of multi-criteria decision analysis methods for assessing walkability: A case study in Porto Alegre, Brazil. *Transportation Research Part D*, v. 63, p. 855–871, 2018. DOI 10.1016/j.trd.2018.07.016

SÁNCHEZ-GRANERO, M. Á.; MORA-GARCÍA, R. T.; MORENO, F. J. A.; MÉNDEZ, R. Quantifying and Visualizing the 15-Minute Walkable City Concept Across Europe: A Multicriteria Approach. *Sustainable Cities and Society*, v. 93, 104528, 2024. DOI 10.1080/17445647.2022.2141143

SANTOS, A. S. **A importância do setor de transportes para o aumento de resiliência das cidades frente à mudança climática: uma proposta de plano de ação para a cidade do Rio de Janeiro.** 2014. Tese de Doutorado em Ciências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Engenharia de Transportes, 2014. Disponível em: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_185c80679a627b964c684889bc7310a4

SASSARON, M. L. de S.; RODRIGUES DA SILVA, A. N.; FONSECA, F.; RODRIGUES, D.; RIBEIRO, P. J. G.; NAKATA-OSAKI, C. M. Combining resilience and sustainability in urban mobility: A scoping review and thematic analysis. *Land*, Basel, v. 14, n. 10, p. 2063, out. 2025. DOI <https://doi.org/10.3390/land14102063>

SCHMID-QUERG, J.; KELER, A.; GRIGOROPOULOS, G. The Munich Bikeability Index: A practical approach for measuring urban bikeability. *Sustainability*, Basel, v. 13, n. 428, p. 1–14, jan. 2021. DOI 10.3390/su13010428

SHARIFI, M. A.; BOERBOOM, L.; SHAMSUDIN, K. B.; VEERAMUTHU, L. Structured pairwise comparison: a new decision support technique for spatial multicriteria decision making. *International Journal of Geographical Information Science*, Londres, v. 20, n. 8, p. 797–816, 2006. DOI 10.1007/978-3-319-23519-6_839-2

SOUZA, R. B. G.; MANZATO, G. G. Índice de resiliência na mobilidade urbana para cidades de pequeno e médio porte: estrutura, indicadores e perspectivas. In: **Congresso luso-brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável** – PLURIS, 10., 2024, Guimarães – Portugal. Anais [...]. Guimarães: Universidade do Minho, 2024. Disponível em: <https://www.civil.uminho.pt/planning/Pluris2024/Atas/Papers/Paper653.pdf>. Acesso em janeiro de 2025.

TALAVERA-GARCIA, R.; SORIA-LARA, J. A. Q-PLOS, developing an alternative walking index. A method based on urban design quality. *Cities*, Amsterdam, v. 45, p. 7–17, 2015. DOI 10.1016/j.cities.2015.03.003

TALEAI, M.; YAMEQANI, A. S. Integration of GIS, remote sensing and Multi-Criteria Evaluation tools in the search for healthy walking paths. *KSCE Journal of Civil Engineering*, v. 22, n. 1, p. 279–291, 2018. DOI 10.1007/s12205-017-2538-x

TELEGA, A.; TELEGA, I.; BIEDA, A. *Measuring Walkability with GIS — Methods Overview and New Approach Proposal.* *Sustainability*, Basel, v. 13, n. 1883, p. 1–17, fev. 2021. DOI <https://doi.org/10.3390/su13041883>

TIMMERMAN, P. **Vulnerability, resilience and the collapse of society: a review of models and possible climatic applications.** Environmental Monograph, 1981. Disponível em: <https://www.ilankelman.org/miscellany/Timmerman1981.pdf>. Acesso em janeiro de 2025.

TIROLESE, M.; DE FABIIS, F.; COPPOLA, P. A Walkability Index Including Pedestrians' Perception of Built Environment: The Case Study of Milano Rogoredo Station. *Sustainability*, Basel, v. 15, n. 15389, p. 1–14, out. 2023. DOI <https://doi.org/10.3390/su152115389>

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.** New York: United Nations, 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wup/assets/WUP2>

018-Report.pdf. Acesso em janeiro de 2025.

VALENZUELA, A. L. E. M.; LOPES, A. A. dos S.; ARAUJO, P. A. B.; DELLA JUSTINA, M. D.; ARINS, G. C. B.; RECH, C. R. Geospatial indicators of bikeability index as cycle-friendly city design: a systematic review. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 27, e0255, 2022. DOI 10.12820/rbafs.27e0255 . Acesso em janeiro de 2025.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas**. São Paulo: Annablume, 2001. Disponível em: <https://biblioteca.itl.org.br/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?bibllonumber=118>. Acesso em janeiro de 2025.

YAZDIZADEH, A.; KAMRUZZAMAN, M.; WASHINGTON, S. Developing a district-level active mobility index using open data and microscale streetscape features. **Journal of Transport Geography**, v. 109, p. 103–637, 2023. DOI <https://doi.org/10.3390/ijgi14110447>

ZHOU, Y.; LI, C.; LIU, J.; ZHUANG, Y.; BAO, J.; YANG, M. An assessment of sidewalk walkability using Street View image—A case study of Beijing, China. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 90, 2021, 101706. DOI <https://doi.org/10.3390/ijgi12050186>

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Ao descrever a participação de cada autor no manuscrito, utilize os seguintes critérios:

- **Concepção e Design do Estudo:** Informe quem teve a ideia central do estudo e ajudou a definir os objetivos e a metodologia. Autores Renata Buzeti Garcia de Souza e Gustavo Garcia Manzato.
- **Curadoria de Dados:** Especifique quem organizou e verificou os dados para garantir sua qualidade. Autores Renata Buzeti Garcia de Souza e Gustavo Garcia Manzato.
- **Análise Formal:** Indique quem realizou as análises dos dados, aplicando métodos específicos. Autora Renata Buzeti Garcia de Souza
- **Aquisição de Financiamento:** Identifique quem conseguiu os recursos financeiros necessários para o estudo. Não foram necessários recursos financeiros para esse trabalho.
- **Investigação:** Mencione quem conduziu a coleta de dados ou experimentos práticos. Autora Renata Buzeti Garcia de Souza
- **Metodologia:** Aponte quem desenvolveu e ajustou as metodologias aplicadas no estudo. Autores Renata Buzeti Garcia de Souza e Gustavo Garcia Manzato.
- **Redação - Rascunho Inicial:** Indique quem escreveu a primeira versão do manuscrito. Autora Renata Buzeti Garcia de Souza
- **Redação - Revisão Crítica:** Informe quem revisou o texto, melhorando a clareza e a coerência. Autores Renata Buzeti Garcia de Souza e Gustavo Garcia Manzato.
- **Revisão e Edição Final:** Especifique quem revisou e ajustou o manuscrito para garantir que atende às normas da revista. Autores Renata Buzeti Garcia de Souza e Gustavo Garcia Manzato.
- **Supervisão:** Indique quem coordenou o trabalho e garantiu a qualidade geral do estudo. Autores Renata Buzeti Garcia de Souza e Gustavo Garcia Manzato.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, Renata Buzeti Garcia de Souza e Gustavo Garcia Manzato, declaramos que o manuscrito intitulado Avaliação da infraestrutura urbana e do acesso a serviços essenciais para mobilidade ativa: desenvolvimento do índice SIUMA não possui:

1. **Vínculos Financeiros:** Não possui vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou interpretação do trabalho.
2. **Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados.
3. **Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito.