


O PAPEL DOS SIG NA MODELAÇÃO DA ANÁLISE DE REDES: O CASO DA MOBILIDADE ATIVA PEDONAL EM GUIMARÃES

VÍTOR RIBEIRO ¹ RAFAELA SILVA ¹ 

RESUMO – Caminhar é uma prática essencial no quotidiano da população, dada a sua simplicidade e acessibilidade. Sendo um meio de deslocação amplamente disponível, torna-se fundamental investir em infraestruturas que sejam agradáveis e confortáveis. A publicação da Estratégia Nacional para a Mobilidade Ativa Pedonal 2030, em julho de 2023, veio reforçar a importância de promover uma mobilidade mais sustentável e de integrar a mobilidade ativa nas políticas de planeamento urbano. Este estudo procurou explorar os contributos dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a análise espacial da caminhabilidade na cidade de Guimarães. Tradicionalmente, os estudos sobre caminhabilidade baseiam-se na criação de um índice estruturado que utiliza o eixo de via na modelação em SIG. Para obter resultados mais realistas, o presente trabalho propõe uma metodologia inovadora, centrada na utilização da rede pedonal. A análise foi complementada com dados recolhidos através de *Smart Survey s*, que permitem uma recolha geográfica otimizada e a definição de velocidades médias por grandes grupos etários. Conclui-se que a modelação baseada em passeios e passeadeiras gera resultados mais eficazes, sendo igualmente essencial considerar a diversidade de públicos e serviços urbanos na abordagem às questões de caminhabilidade.

Palavras-chave: Análise de redes, caminhabilidade, mobilidade ativa, SIG, *Smart Survey s*.

ABSTRACT – THE ROLE OF GIS IN THE NETWORK MODELLING: THE CASE OF ACTIVE PEDESTRIAN MOBILITY IN GUIMARÃES. Walking is an essential practice in people's daily lives, given its simplicity and accessibility. As a widely available mode of transport, it is crucial to invest in infrastructure that is both pleasant and comfortable. The publication of the National Strategy for Active Pedestrian Mobility 2030, in July 2023, reinforced the importance of promoting more sustainable mobility and of integrating active mobility into urban planning policies. This study aimed to explore the contributions of Geographic Information Systems (GIS) to the spatial analysis of walkability in the city of Guimarães. Traditionally, walkability studies are based on the creation of a structured index that uses the road axis in GIS modelling. To obtain more realistic results, this study proposes an innovative methodology centred on the use of the pedestrian network. The analysis was complemented by data collected through *Smart Survey s*, which allow for optimised geographic data collection and the definition of average walking speeds by major age groups. The findings suggest that modelling based on pavements and pedestrian crossings produces more effective results. It is also essential to consider the diversity of users and urban services when addressing walkability issues.

Keywords: Network analysis, walkability, active mobility, GIS, *Smart Survey s*.

HIGHLIGHTS

- A utilização de SIG focado nos passeios melhora a análise da mobilidade pedonal.
- *Smart Surveys* recolhem velocidades de caminhada por grupo etário e inclinação.
- Modelação em rede revela diferenças consideráveis no tempo de caminhada.
- Índices de caminhabilidade devem integrar grupos etários e relevo urbano.

Recebido: 18/06/2024. Aceite: 18/02/2025. Publicado: 21/07/2025.

¹ Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Sociais, Universidade do Minho, Campus de Azurém, 4800-058, Guimarães, Portugal. E-mail: vitor@geografia.uminho.pt, rafaela-silva2000@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

O ato de caminhar nas áreas urbanas tem um impacto significativo na qualidade de vida da população, nomeadamente ao nível da saúde, bem-estar e funcionamento geral das cidades (Dovey & Pafka, 2020). Neste contexto, e particularmente no do envelhecimento, destaca-se o quotidiano das pessoas idosas que implica uma forma diferente de pensar e organizar as cidades (Marques da Costa *et al.*, 2023; Ribeiro, 2009; Ribeiro & Remoaldo, 2009). No âmbito da Geografia dos Transportes, a caminhabilidade é estruturante na geração de comunidades ativas/sustentáveis a partir do deslocamento a pé e da redução de dependência do veículo privado. De facto, um dos trabalhos pioneiros sobre este tema remonta ao início da década de 90 do século XX (Bradshaw, 1993). O autor identificou quatro características fundamentais para a caminhabilidade privilegiando um ambiente físico favorável para o pedestre, a variedade de destinos próximos, um ambiente natural moderado e uma cultura local, social e diversa. Com base nestes critérios, o autor propôs um índice que atribuía pontuações a diferentes aspetos do ambiente urbano, permitindo avaliar e comparar a qualidade das áreas para pedestres.

De modo a obter uma imagem mais realista do território e para suportar as tomadas de decisão é fundamental recorrer à análise espacial através da modelação em Sistemas de Informação Geográfica (SIG). A atratividade do tema está relacionada com as comunidades e as cidades saudáveis e caminháveis, a qual tem vindo a crescer técnica e cientificamente. De igual modo, a modelação através dos SIG tem vindo a acompanhar esse crescimento designadamente para a criação de índices compósitos de caminhabilidade dos espaços (Telega *et al.*, 2021; Yin, 2017). A generalidade dos estudos que se debruçam sobre a modelação do deslocamento do peão é feita a partir dos eixos de via para representar a respetiva conectividade da rede. Estas abordagens quando usadas para modelar o transporte motorizado ou, eventualmente ciclável não levantam grandes reservas metodológicas. Porém, quando se trata do modo pedonal claramente apresenta debilidades metodológicas e de análise porventura grosseiras, pois não atendem às especificidades das vias dedicadas para os peões, como por exemplo passeios e passadeiras (Ribeiro *et al.*, 2015).

Neste sentido Ribeiro *et al.* (2015) alertavam que na modelação em redes do modo andar a pé, designadamente nos estudos da acessibilidade aos transportes públicos, é fundamental atender à modelação para os diferentes grupos etários (Li *et al.*, 2023; Shields *et al.*, 2023). Com efeito, no presente artigo pretendemos aliar estes dois temas relevantes cientificamente na atualidade e que permitem conjugar os SIG na modelação da caminhabilidade através de uma abordagem metodológica diferenciadora e inovadora.

O tema ganha ainda maior relevância se atendermos às problemáticas associadas às questões relacionadas com as alterações climáticas, onde os transportes têm um papel determinante na sua mitigação (Bernard *et al.*, 2021). Por este facto, é necessário adotar medidas de deslocamento, de curtas distância, mais sustentáveis que permitam melhorar a qualidade de vida e mitigar os processos de exclusão social devido aos transportes (Remoaldo & Ribeiro, 2012; Ribeiro, 2012a, 2012b, 2014). Neste sentido, a exclusão social é aqui entendida numa perspetiva geográfica que se materializa na privação de meios de transportes que permitam ao cidadão aceder a um conjunto de bens essenciais, de modo a satisfazer as necessidades do seu dia-a-dia (e.g., emprego, saúde, educação). Considerando, a elevada concentração de pessoas e oferta de serviços à disposição da população nas cidades, é importante criar infraestruturas seguras e agradáveis à circulação de pedestres. Estas estratégias para criar ambientes mais caminháveis destinam-se a resolver numerosos problemas, desde a crise da obesidade e a falta de vitalidade no centro da cidade até ao congestionamento do trânsito, à injustiça ambiental e ao isolamento social (Forsyth, 2015; Lo, 2009).

A preocupação crescente desta temática enquanto motora da redução das emissões de CO₂ até 2035, a nível europeu, e da publicação da Estratégia Nacional para a Mobilidade Ativa Pedonal 2030 (2023), a nível nacional, surgem como elementos fundamentais para demonstrar a relevância crescente deste tema. Em Portugal, apesar da escassez de dados estatísticos que permitam uma análise mais refinada, é consensual que a cultura da utilização do veículo privado para realizar os deslocamentos quer de média e curta distância é ainda muito acentuada. Assim, em planeamento urbano e designadamente no contexto da Geografia dos Transportes é fundamental atuar sobre a educação da mobilidade e aumento da acessibilidade da população a bens e serviços essenciais. Uma das motivações ao estudo da caminhabilidade assenta também na necessidade de reduzir os atropelamentos de peões, que têm evoluído de forma crescente, principalmente nas localidades. A aposta em passeios e passadeiras confortáveis e adequados a todas as idades atrai a população a

escolher a caminhada como meio de deslocação, seja entre destinos seja entre diferentes modos de transportes.

Este contínuo interesse pela introdução e aposta no modo andar a pé, dão origem a cada vez mais estudos científicos no âmbito da Mobilidade Ativa Pedonal. Porém, esta temática carece de estudos à microescala que auxiliem, particularmente os planeadores do território a uma escala municipal a adotar soluções mais sustentadas e eficientes na promoção do modo andar a pé.

A modelação espacial através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é fundamental para obter uma imagem mais realista dos territórios e suportar de um modo mais informado as decisões adotadas (Alves *et al.*, 2023; Remoaldo & Ribeiro, 2012; Remoaldo *et al.*, 2019; Ribeiro *et al.*, 2021). Contudo, medir e avaliar a caminhabilidade não se restringe apenas às infraestruturas físicas das cidades, mas também à análise do comportamento dos pedestres. Assim sendo, a modelação de velocidades e o mapeamento detalhado de passeios e passeadeiras em SIG constituem uma mais-valia na avaliação precisa e abrangente da mobilidade do pedestre.

De modo a atuar no território e priorizar investimentos são combinados diversos indicadores, num Índice de Caminhabilidade para determinar áreas mais vulneráveis. Porém, nesta proposta defendemos que para modelar de forma mais realista é fundamental integrar: a) modelação a partir dos passeios e passeadeiras e não dos eixos de via e b) medir em função dos vários grupos etários (jovens, adultos e idosos). Ambas as perspetivas têm vindo a ser ignoradas na modelação dos principais estudos porquanto os autores consideram fundamentais para obter uma modelação mais próxima da realidade. Este estudo pretende identificar as diferenças dos resultados obtidos quando utilizadas estas duas abordagens, reforçando a ideia de que se deve adotar uma metodologia diferente, integrando ainda na modelação as velocidades médias de cada grupo.

2. QUATRO DÉCADAS DE ESTUDOS SOBRE A CAMINHABILIDADE: O ESTADO ATUAL

Os primeiros artigos científicos relacionados com a caminhabilidade surgiram no início da década de 1990, com origem no campo do desenvolvimento urbano e preocupados com a qualidade do ambiente urbano e dos subúrbios (Riřová & Madajová, 2020; Southworth & Ben-Joseph, 1995; Southworth & Ben-Joseph, 1997; Southworth & Owens, 1993).

Os estudos de caminhabilidade estavam inicialmente bastante ligados à área da saúde com o objetivo de reduzir os casos da doença de obesidade, promovendo a atividade física. A necessidade de influenciar a população a caminhar, levou a uma evolução no conceito e direcionou a atenção dos investigadores para o desenho urbano, priorizando os investimentos em espaços seguros, confortáveis e apelativos para o pedestre. Ao longo do tempo, estes estudos foram começando a identificar e detalhar os componentes específicos que afetam a caminhabilidade, como a presença de passeios, a segurança nas passeadeiras, a qualidade do ambiente construído, a presença de espaços verdes agradáveis, entre outros. A preocupação com estas componentes levou a uma compreensão mais refinada dos elementos que contribuem para uma experiência mais positiva de caminhada.

Para perceber o conceito de caminhabilidade é necessário ter em conta a definição de pedestre. Pedestre é “uma pessoa que caminha em vez de viajar num veículo” (Lo, 2009). As pessoas tendem a deslocar-se a pé entre locais dada a sua praticidade, rapidez e baixo custo associado, tornando-se numa escolha prioritária, nomeadamente nos centros urbanos. O elevado congestionamento de tráfego nas cidades salienta a necessidade de melhorar os acessos para os pedestres entre vários destinos e modos de transporte para incentivar a caminhada como meio de transporte principal. Lo (2009) explica que o American Heritage Dictionary não faz referência ao pedestre como meio de transporte, mas define-o como “uma pessoa que viaja a pé ou é caminhante”, expandindo assim a definição para aqueles que caminham por lazer, exercício físico ou recreação.

A caminhabilidade não é apenas acessibilidade para pedestres, mas também uma rubrica que inclui uma seleção de medidas, por vezes resumidas quantitativamente como um índice de caminhabilidade (Shields *et al.*, 2021). A “cidade caminhável” tornou-se um *slogan* tanto nos discursos populares como académicos sobre o futuro das cidades (Dovey & Pafka, 2020). Existe agora uma literatura bem estabelecida que mostra que o aumento dos níveis de caminhada tem resultados positivos para a saúde da população (Stevenson *et al.*, 2016) e que as cidades de baixo carbono necessárias para a adaptação às alterações climáticas exigem bairros orientados para o trânsito a pé (Cervero & Kockelman, 1997; Cervero *et al.*, 2009; Dovey & Pafka, 2020; Ewing & Cervero, 2010).

Sendo o meio de transporte “verde” mais básico, a caminhada tem um papel insubstituível em

qualquer sistema de transporte que se pretenda integrado (Li *et al.*, 2023) e multimodal. “Caminhabilidade” e “caminhável” são termos que se tornaram comuns nas áreas de engenharia, planeamento e saúde, em parte porque caminhar é amplamente reconhecido como tendo benefícios a nível de saúde, sociais, económicos e de bem-estar de uma sociedade (Abley *et al.*, 2011). Apesar de ter emergido como um tema popular em fóruns relacionados com transportes e planeamento urbano, tem havido uma falta generalizada de consenso sobre o significado da caminhabilidade. Segundo Moura *et al.* (2017) a caminhabilidade foi definida como a medida em que o ambiente urbano é favorável aos pedestres. Ao medi-la, os profissionais de planeamento poderão ser capazes de abordar a qualidade do ambiente pedonal, definindo estratégias e intervenções mais objetivas, eficazes e abrangentes relacionadas com o modo andar a pé (Moura *et al.*, 2017). Já Telega *et al.* (2021) referem que a caminhabilidade depende de fatores como a disponibilidade de diferentes destinos, a densidade populacional, ou das características ambientais muito subjetivas, como o conforto e a segurança.

Nos anos 80, os SIG ganharam relevância com o desenvolvimento da computação gráfica (Batty, 2005), transformando-se numa ferramenta essencial para estudar as relações entre o ambiente construído e o ambiente físico, e as suas associações com a caminhabilidade (Butler *et al.*, 2011). Consideravam a localização física de áreas, limites, pessoas e serviços, como também os usos do solo e os recursos naturais. Deste modo, permitiram aos investigadores criar mapas, medir distâncias e tempos de viagem, bem como a capacidade de definir a extensão e a natureza das relações espaciais (Agampatian, 2014).

A utilização de Índices de Caminhabilidade constitui um dos principais avanços nos métodos e técnicas de SIG utilizados para medir a caminhabilidade (Agampatian, 2014), sendo responsáveis por medir o grau em que uma área oferece oportunidades para caminhar até vários destinos (Manaugh & El-Geneidy, 2011), permitindo assim estabelecer prioridades de intervenção e investimento onde a mobilidade de peões é mais escassa e muito necessária (D’Orso & Migliore, 2020). Uma das primeiras medições de caminhabilidade, com variáveis ambientais derivadas objetivamente de dados SIG, foi elaborada por Frank *et al.* (2005), que utilizou 3 indicadores: as misturas de uso do solo, a densidade residencial líquida e a densidade das interseções.

Ao longo das décadas, os investigadores foram desenvolvendo métricas e ferramentas cada vez mais avançadas para avaliar a caminhabilidade. Progrediram de uma compreensão inicial mais simples do conceito, que visa entender o fenómeno num território, para uma visão mais sofisticada e pragmática que procura tomar ações concretas para melhorar a caminhabilidade nas cidades.

As avaliações mais subjetivas através de questionários foram evoluindo até ao uso dos SIG que permitem uma análise mais objetiva e abrangente do ambiente urbano em relação à caminhabilidade. Os SIG representam atualmente uma ferramenta essencial nos estudos desta temática, com o intuito de “mapear os níveis de transitabilidade de segmentos rodoviários. Leslie *et al.* (2007) concluíram que alguns indicadores de caminhabilidade podem ser facilmente determinados num ambiente SIG e que este pode ser usado para desenvolver um índice de caminhabilidade” (D’Orso & Migliore, 2020).

Mais recentemente, os estudos têm se voltado para a aplicação prática dos resultados, que influenciam as políticas públicas e as intervenções urbanas. Assim são identificadas as áreas prioritárias para melhorar e sustentar a formulação de diretrizes para o planeamento urbano e mudanças positivas no ambiente urbano, como por exemplo nos Planos de Mobilidade Urbana Sustentável (PMUS).

A investigação científica sobre a caminhabilidade através da integração e modelação em ambiente SIG tem sido, portanto, objeto de interesse crescente nas últimas décadas, refletindo a importância de compreender e melhorar a mobilidade pedestre em ambientes urbanos. Para entender melhor esta evolução do tema a nível mundial foram analisados dados gerados pela base Scopus, considerando três aspetos principais: o número de documentos por ano, por área de estudo e por país.

Desde 2004 que se assiste a um aumento exponencial de produção científica sobre caminhabilidade e caminhabilidade associada aos SIG (figs. 1 e 2). Segundo Ramakreshnan *et al.* (2020), o número de publicações ao longo dos anos foi um indicador fundamental para medir o progresso científico e a importância de uma disciplina.

Este tema não se restringe apenas às áreas das ciências sociais conforme demonstra os gráficos presentes nas figuras 3 e 4. Estes evidenciam os trabalhos realizados por investigadores de áreas como a saúde, a engenharia, ou o ambiente. O desenvolvimento de ferramentas SIG vocacionadas para a análise de redes ampliou as opções para a investigação sobre a caminhabilidade (Shields *et al.*, 2023).

O número de documentos publicados contribuiu para a evolução crescente do conceito de caminhabilidade e o desenvolvimento contínuo das tecnologias de SIG desempenhou um papel

fundamental, para aprimorar a qualidade e precisão dos estudos.

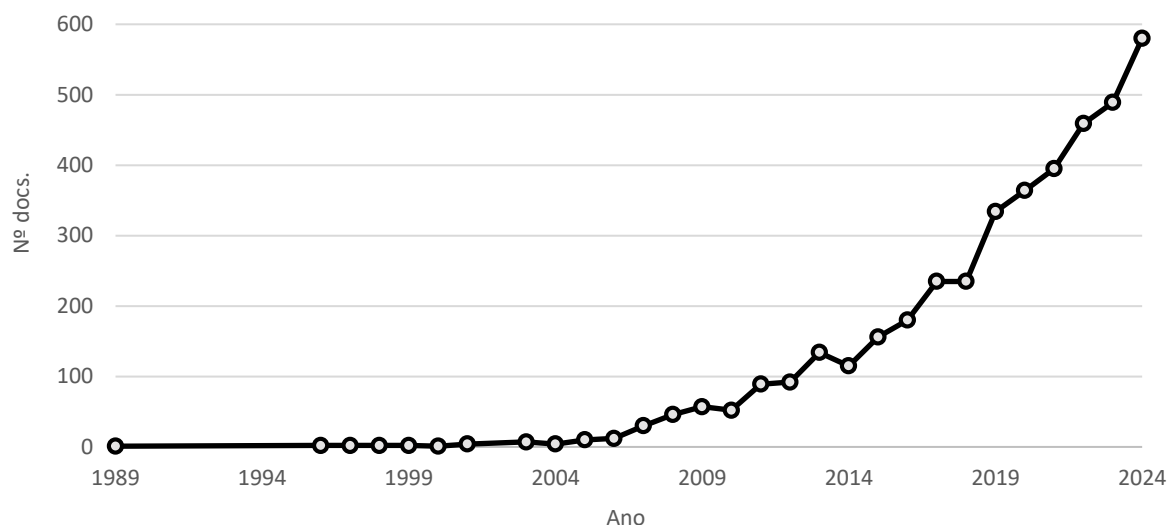


Fig. 1 – Número de documentos publicados no mundo, entre 1989 e 2024, relativos ao termo caminhabilidade.

Fig. 1 – Number of documents published around the world, between 1989 and 2024, relating to walkability word.

Fonte: Autores com base na plataforma Scopus

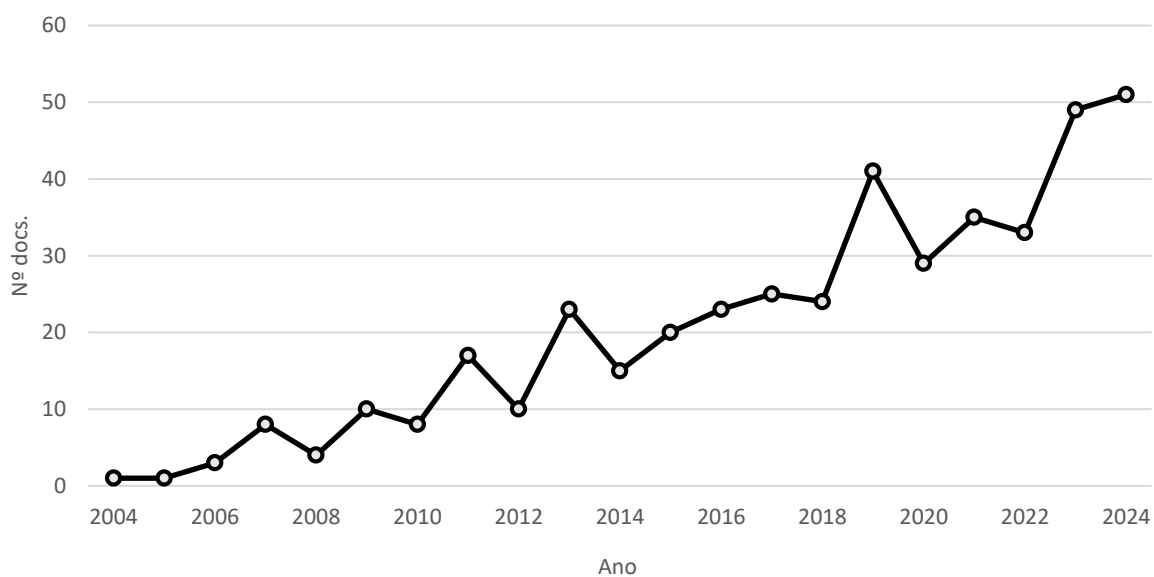


Fig. 2 – Número de documentos publicados no mundo, entre 2004 e 2024, combinando os termos caminhabilidade e SIG.

Fig. 2 – Number of documents published around the world, between 2004 and 2024, combining walkability and GIS words.

Fonte: Autores com base na plataforma Scopus

A evolução das ferramentas SIG foi permitindo uma análise mais detalhada e abrangente dos padrões de caminhabilidade dos pedestres, integrando dados geoespaciais de forma a criar soluções mais eficazes na melhoria dos ambientes urbanos.

Em conjunto com o conceito de cidade habitável, os decisores e as instituições financiadoras começaram a investir em projetos de acessibilidade nos últimos anos devido aos seus impactos na sustentabilidade ambiental e no desempenho económico (Ramakreshnan *et al.*, 2020).

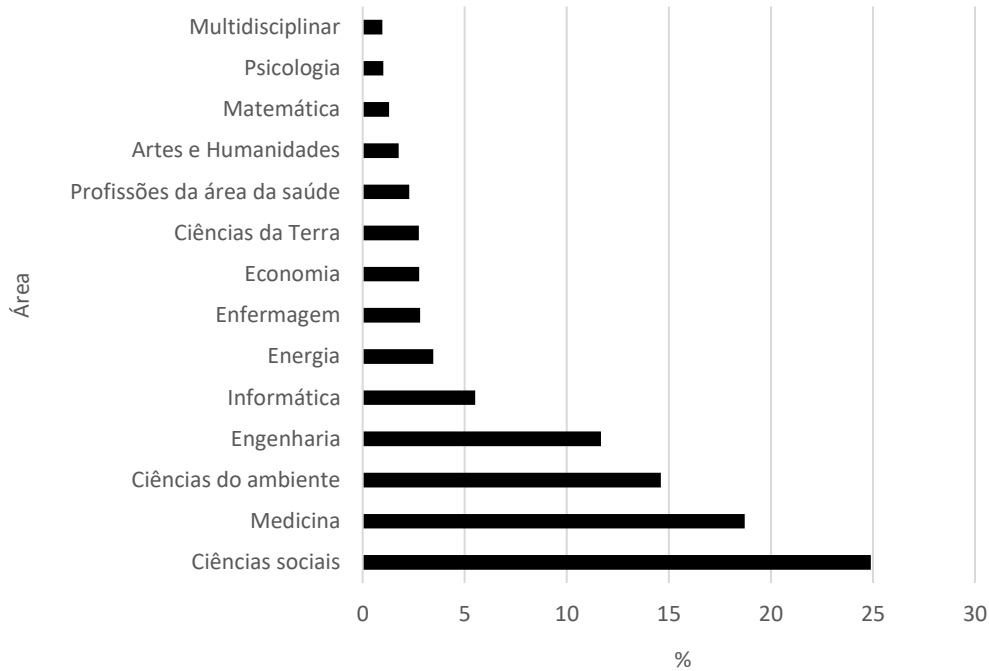


Fig. 3 – Documentos publicados por área de estudo, entre 1988 e 2024, relativos ao termo caminhabilidade.

Fig. 3 – Documents published by study area, between 1988 and 2024, relating to walkability word.

Fonte: Autores com base na plataforma Scopus

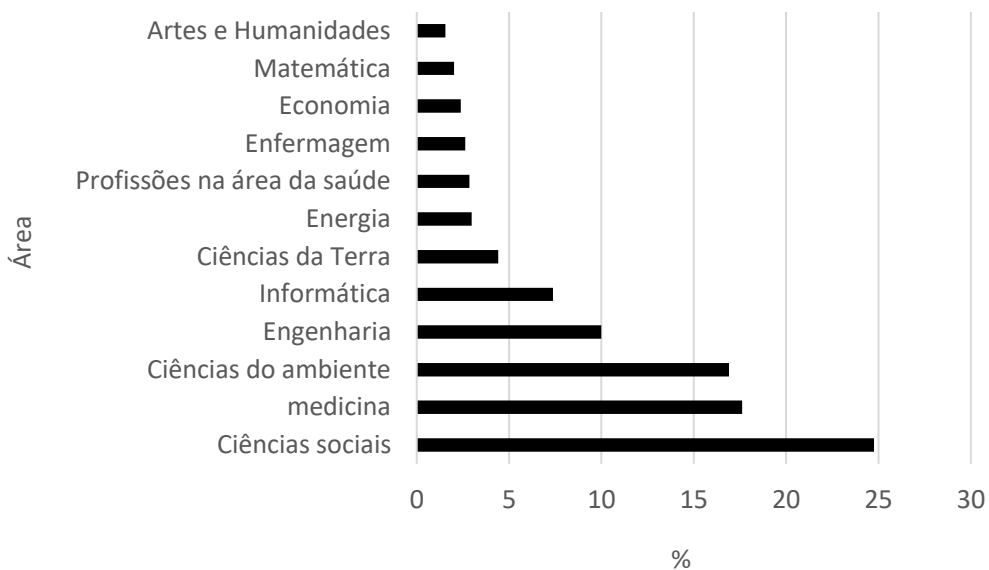


Fig. 4 – Documentos publicados por área de estudo, entre 1988 e 2024, combinando os termos caminhabilidade e SIG.

Fig. 4 – Documents published by study area, between 1988 and 2024, combining walkability and GIS word.

Fonte: Autores com base na plataforma Scopus

As publicações de estudos sobre caminhabilidade concentram-se nos Estados Unidos da América (figs. 5 e 6), onde os primeiros estudos surgem mais direcionados para o problema da obesidade e da necessidade de promover estilos de vida mais saudáveis na população. Os autores também consideram que esta rápida aceleração de publicações num curto espaço de tempo poderá ser explicada pelas várias descobertas que vão sendo feitas nas várias áreas, principalmente no apoio que a caminhada proporciona ao desenvolvimento económico dos retalhos locais e também nos avanços na área da medicina que exploram as vantagens de caminhar na saúde humana.

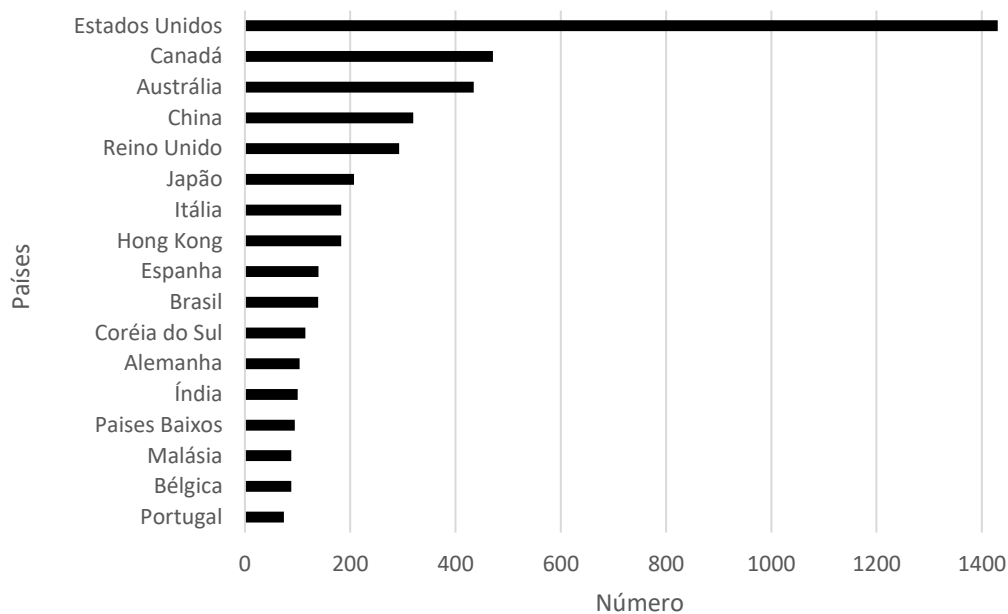


Fig. 5 – Número de documentos publicados por país, entre 1988 e 2024, relativos ao termo caminhabilidade.

Fig. 5 – Number of documents published by country, between 1988 and 2024, relating to walkability word.

Fonte: Autores com base na Scopus

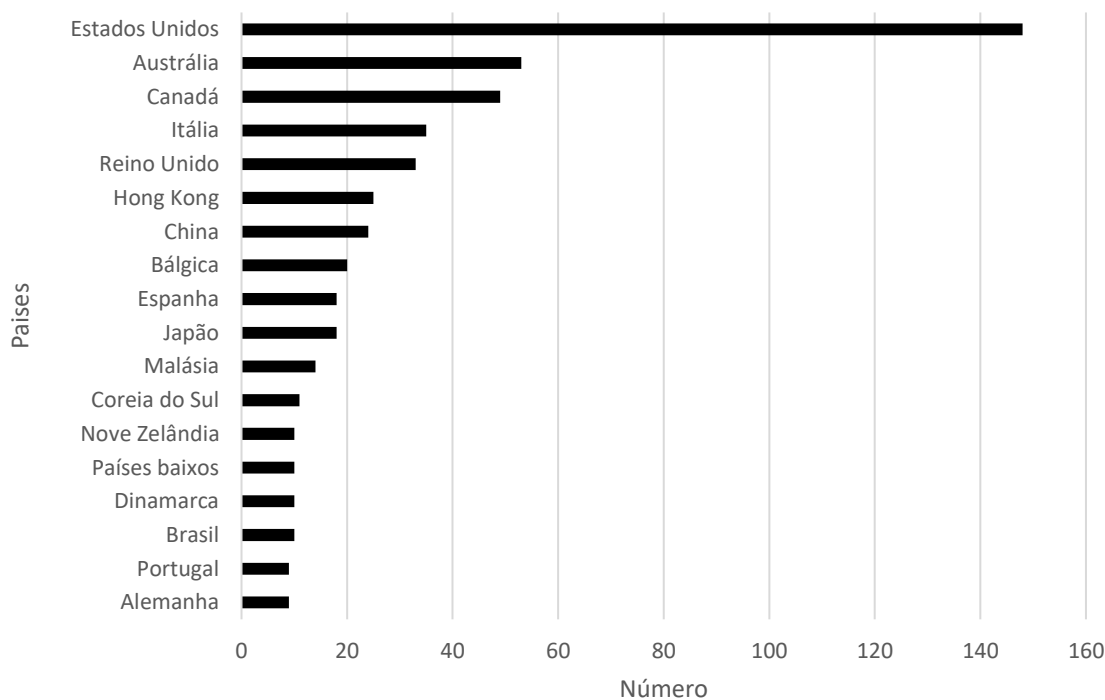


Fig. 6 – Número de documentos publicados por país, entre 1988 e 2025, combinando os termos caminhabilidade e SIG.

Fig. 6 – Number of documents published by country between 1988 and 2025, combining walkability and GIS words.

Fonte: Scopus

3. METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa e quantitativa para uma melhor análise do tema. Inicialmente foi explorado o conceito de caminhabilidade e a sua evolução, seguido da importância dos

SIG na elaboração de projetos no âmbito da caminhabilidade. A análise incidiu numa área de estudo no núcleo urbano do Município de Guimarães. Este município apresentou, em 2024, uma densidade populacional de 650,6 hab./km² (Instituto Nacional de Estatística, 2024). A área de estudo selecionada apresenta uma variedade de serviços ao dispor da comunidade, que intensifica o tráfego pedonal diário. O estudo centrou-se numa abordagem cuja modelação se centra na deslocação pelos passeios e passeadeiras, tendo-se recorrido aos *Smart Survey* para obter as velocidades por grupo etário.

Depois de delimitada a área em estudo procedeu-se à vetorização da rede de passeios e passeadeiras em ambiente SIG (segundo a topologia de rede arco/nó). Foi também recolhida informação geográfica relativa aos grandes geradores de tráfego que se incluíam na área em estudo, como escolas, hospital, supermercados, etc.

Para tornar o estudo mais completo, foram definidas velocidades dos pedestres, em terreno inclinado, distinguindo os três grandes grupos etários de forma a evitar as grandes desigualdades que as velocidades médias totais representam. A inclusão deste indicador na modelação de análise de redes torna-se bastante importante, na medida em que proporciona uma perspetiva mais ampla da caminhabilidade segundo os diferentes públicos, os jovens, os adultos e os idosos. Foram definidos dois troços para análise, como ilustrados na figura 7, com 94 e 99 metros, na Avenida Conde Margaride, em Guimarães, uma rua com uma considerável inclinação, onde foi efetuada a recolha de dados.

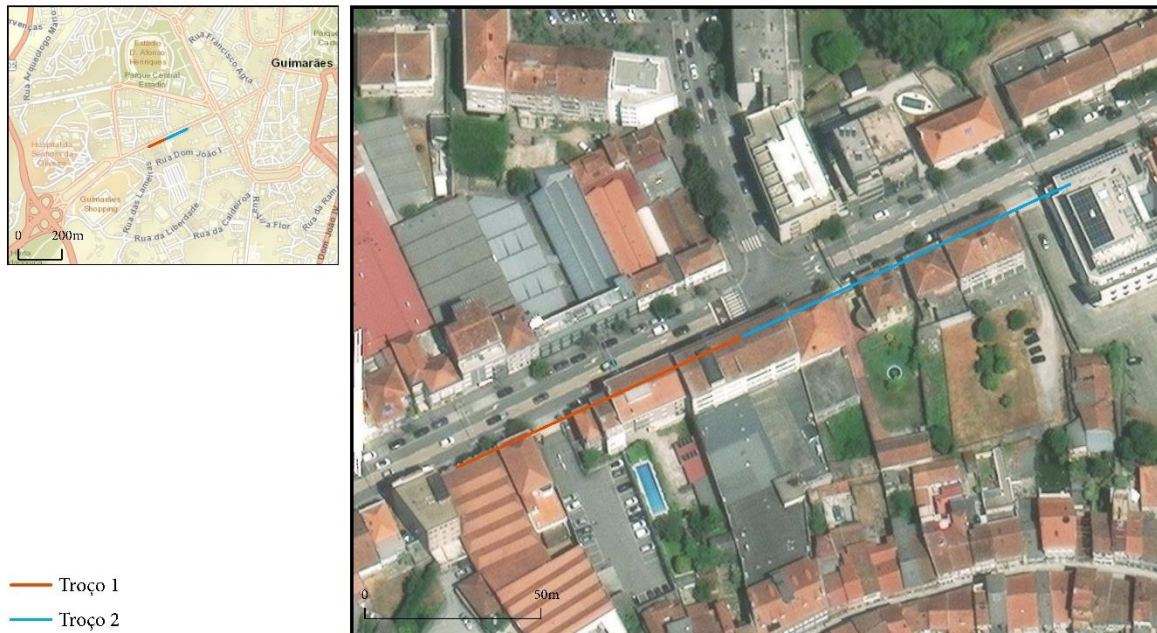


Fig. 7 – Localização dos troços em análise.

Fig. 7 – Location of sections under analysis.

Para obter as velocidades médias foi necessário cronometrar o tempo de deslocação dos pedestres ao longo dos dois troços definidos previamente. O controlo e registo foi efetuado individualmente com recurso ao cronómetro do telemóvel através de *Smart Survey* s produzido com a tecnologia *ESRI Survey 123*. O inquérito possuía oito campos/questões pertinentes ao estudo. Estas questões facilitaram a análise dos resultados, visto que, através da aplicação utilizada, estava a ser criada uma base de dados em tempo real.

As questões eram breves e objetivas e pretendiam obter informação relevante para a posterior análise, nomeadamente: o troço (1 ou 2); o género e grupo etário correspondente; o estado do tempo; o tempo em segundos; o tipo de apoio utilizado; a carga (por exemplo sacos de compras); o sentido (subida ou descida). A utilização do *Smart Survey* facilitou a recolha em tempo real de um total de 154 registos (quadro I), uma amostra considerável que nos possibilita uma análise sustentada das velocidades, entre elas 52 relativas aos jovens, 53 aos adultos e 49 aos idosos, segundo o sentido do troço. Estes dados foram recolhidos nos dias 27, 28 e 29 de junho, em dias de sol, com céu limpo.

Quadro I – Registos totais obtidos através do *Smart Suvey* segundo o grupo etário e sentido do troço.

Table I – Total records obtained through *Smart Survey* according to the age group and direction of the section.

Sentido do troço	Jovens	Adultos	Idosos
Subir	21	24	26
Descer	31	29	23
Total	52	53	49

Por último, procedeu-se à modelação em SIG através da ferramenta *Network Analyst*, onde foram elaboradas modelações em Matriz Origem-Destino (Matriz OD) e Rotas para comparar as duas abordagens (eixo de via e passeios e passadeiras). Os dados referentes ao eixo de via foram fornecidos pela Câmara Municipal de Guimarães, enquanto que para a rede pedonal recorremos à vetorização dos passeios e das passadeiras recorrendo ao *software ArcGIS*. De modo a podermos comparar a eficiência de medir através do modo convencional, através do eixo das vias, ou da proposta que fazemos, através dos passeios e das passadeiras, elaboramos uma matriz Origem-Destino. Assim, obtivemos o tempo de deslocação a pé, em minutos, em ambos os ambientes (passeios e passadeiras e eixos de via) entre um ponto de origem (*Shopping*) e três pontos de destino (equipamentos de segurança) (fig. 8).

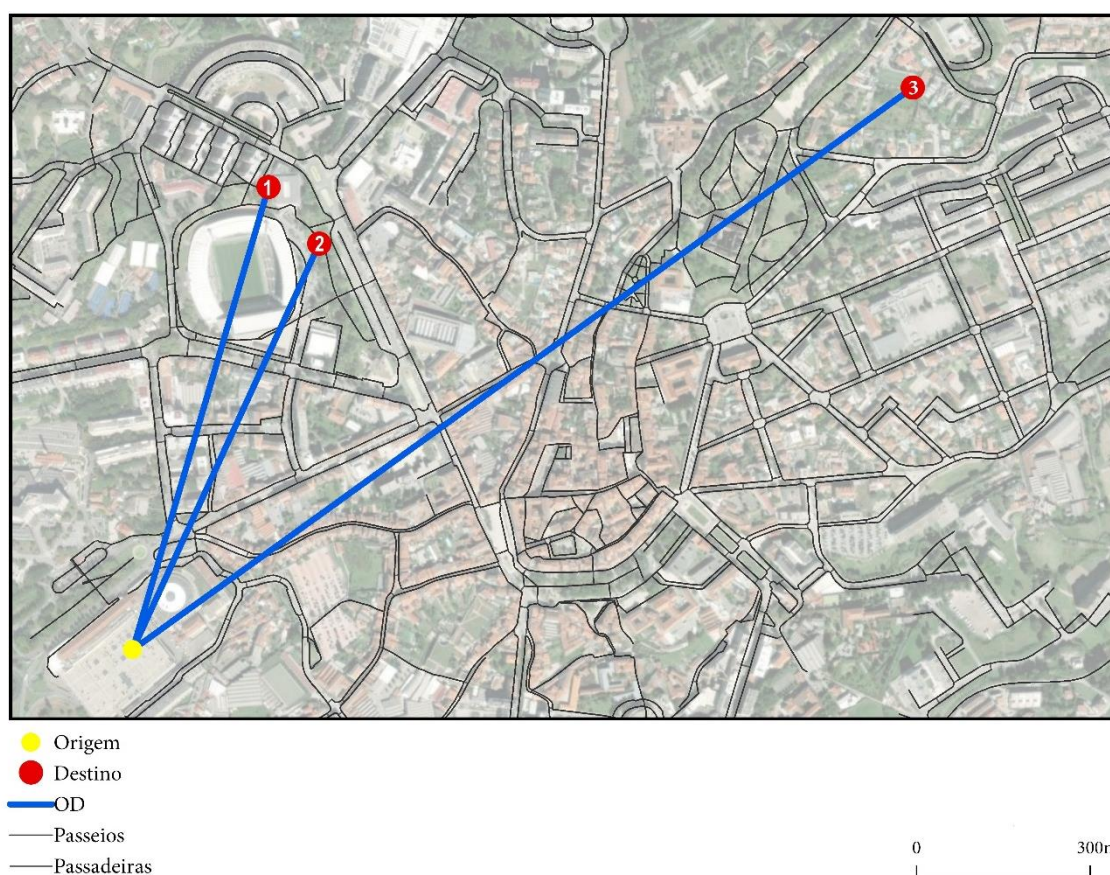


Fig. 8 – Matriz OD com o tempo de deslocação a pé, em minutos, da Central de Camionagem a três equipamentos de segurança, na área de estudo. Figura a cores disponível online.

Fig. 8 – OD Matrix with the walking time, in minutes, from the Bus Center to three-safety equipment, in the study area. Colour figure available online.

De seguida, usamos os resultados da Matriz O-D para calcular a diferença de tempo em minutos da deslocação a pé, uma deslocação pelos eixos de via ou pelos passeios e passadeiras para os três percursos, segundo cada grupo etário. Para as velocidades médias por grupo foram consideradas penalizações de 10 segundos para os jovens, 15 segundos para os adultos e 30 segundos para os idosos pelo tempo de travessia e espera nas passadeiras.

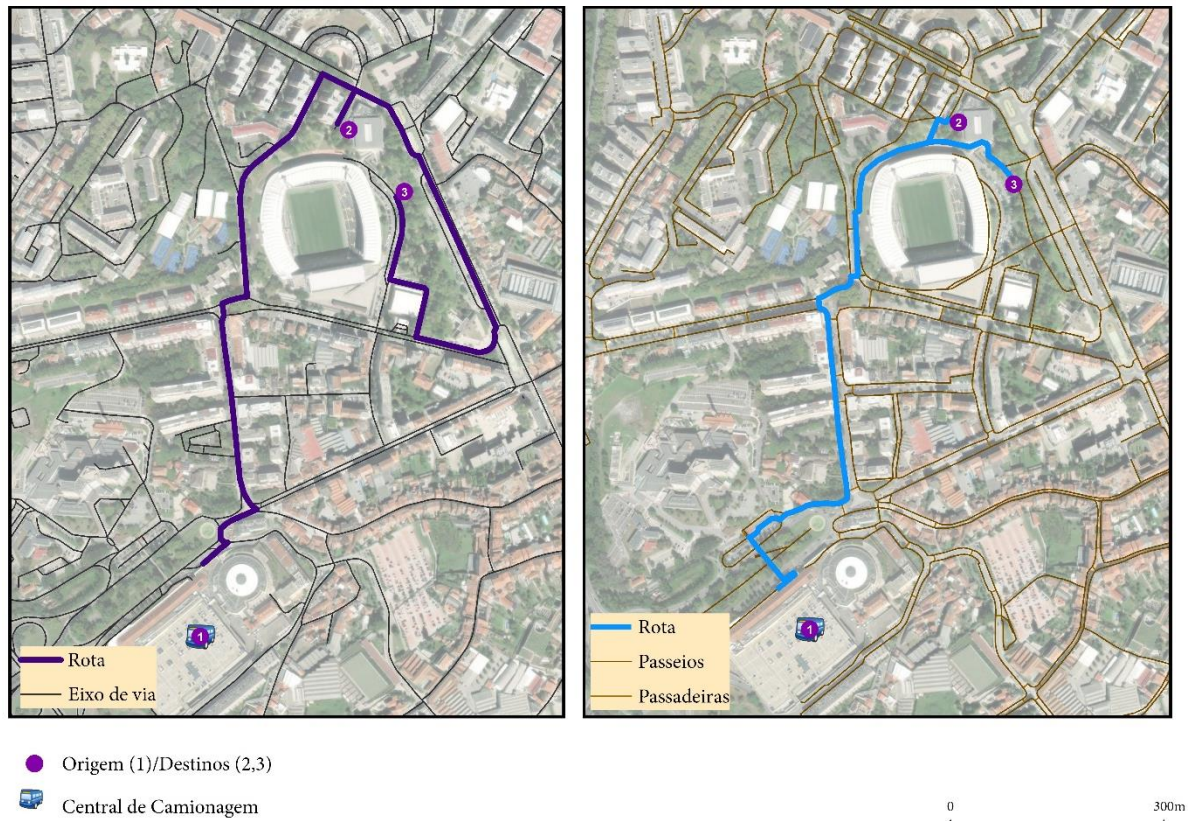


Fig. 9 – Percurso modelado com base no eixo de via (1981m) e nos passeios e passadeiras (1315m). Figura a cores disponível online.

Fig. 9 – Route modelled based on the road axis (1981m) sidewalks and on the pedestrian crossings (1315m). Colour figure available online.

Observando os resultados que surgem representados na figura 9 são notórias as disparidades. Quando utilizado o eixo de via é gerado um percurso pedonal com 1981 metros ao passo que a utilização dos passeios e passadeiras produz um percurso com um total de 1315 metros. Esta diferença de mais de 650 metros poderá gerar problemas de análise e produzir resultados que se afastam da realidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de um *Smart Survey* para o levantamento de dados, designadamente tornou o estudo mais eficiente e interativo. A coleta otimizada de informação possibilitou uma economização de tempo na análise e tratamento dos resultados. Depois de manuseada a base de dados obtida através do *Smart Survey*, patente na figura 2 da metodologia, foi gerada a velocidade média total dos pedestres por grupo etário. No quadro II estão representados os valores obtidos em metros por segundo e em metros por minuto. Os jovens registaram a velocidade média total mais elevada (1,4m/s), os adultos 1,3m/s e os idosos registaram a velocidade média total mais lenta (63m/min).

Quadro II – Velocidade média total dos pedestres por grupo etário.

Table II – Total average speed of pedestrians by age group.

Velocidade média total	Jovens	Adultos	Idosos
m/s	1,4	1,3	1
m/min	83	78	63

Relativamente à velocidade média em função do declive da via pedonal, os resultados mostraram-se também de acordo com o esperado. Segundo o quadro III, os jovens contaram com uma

velocidade média de 1,28m/s a subir e 1,43m/s a descer; os adultos com 1,24m/s a subir e 1,32m/s a descer; os idosos com 1m/s a subir e 1,12m/s a descer.

Quadro III – Velocidade média do pedestre (m/s) por grupo etário em função do declive da via pedonal.

Table III – Average pedestrian speed (m/s) by age group depending on the slope of the pedestrian road.

Sentido do troço	Jovens	Adultos	Idosos
Subir	1,28	1,24	1
Descer	1,43	1,32	1,12

A figura 10 mostra-nos a diferença de tempo para percorrer as mesmas distâncias retratadas na Matriz Origem-Destino através da modelação com o eixo de via e com os passeios e passadeiras. Quando a modelação assenta nos passeios, o percurso é automaticamente percorrido em menos tempo. As disparidades agravam-se quanto mais longo for o percurso a percorrer. O percurso 3, com 2186m, reflete diferenças bastante consideráveis, sendo que, proporciona um percurso mais rápido em nove minutos para os jovens, 12 minutos para os adultos e 19 minutos para os idosos.

Com estes resultados, que mostram que a utilização dos passeios e passadeiras na modelação gera resultados bastante diferentes da tradicional metodologia que se debruça no eixo de via, reforça-se também a necessidade de considerar uma abordagem que distinga as velocidades médias por grupo funcional para não esconder disparidades.

Torna-se também relevante, para a modelação, conjugar os geradores de tráfego com o grupo funcional, de modo a adequar os espaços ao público-alvo. Já que os centros urbanos apresentam uma grande densidade de serviços/geradores de tráfego, graças à elevada densidade de população residente, e de pessoas que se deslocam para a cidade diariamente, de todas as idades, é importante aplicar medidas de caminhabilidade e de *design* urbano de acordo com as necessidades de cada grupo funcional; ao passo que os jovens se deslocam maioritariamente entre as escolas e os transportes públicos, e os adultos se deslocam entre todos os geradores de tráfegos, os idosos procuram mais os espaços de lazer, de culto, farmácias, hospitais, etc. É assim importante direccionar o planeamento urbano e o desenho das ruas para as pessoas que mais as utilizam.

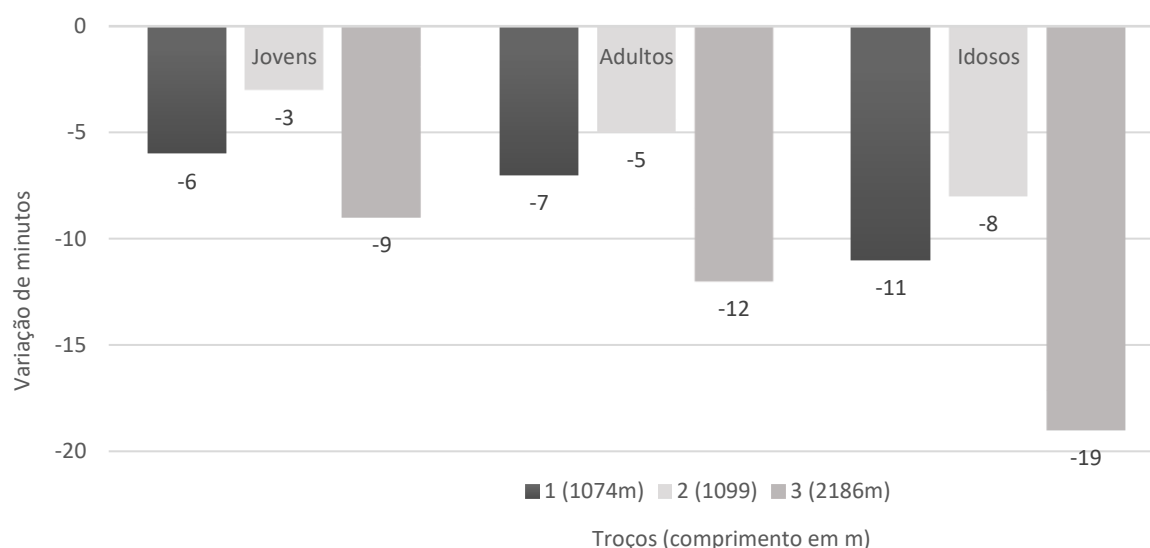


Fig. 10 – Variação de tempo, em minutos, de deslocação a pé entre o eixo da via e os passeios, para diferentes grupos etários.

Fig. 10 – Time variation, in minutes, for walking between the road axis and sidewalks, for different age groups.

Para além do conhecimento dos principais geradores de tráfego, outro indicador que contribui para uma melhor análise do território em termos de caminhabilidade é o declive do terreno (fig. 11). As diferentes inclinações das ruas influenciam diretamente a velocidade da caminhada e poderão ser também um entrave à deslocação principalmente de idosos e pessoas com mobilidade reduzida.

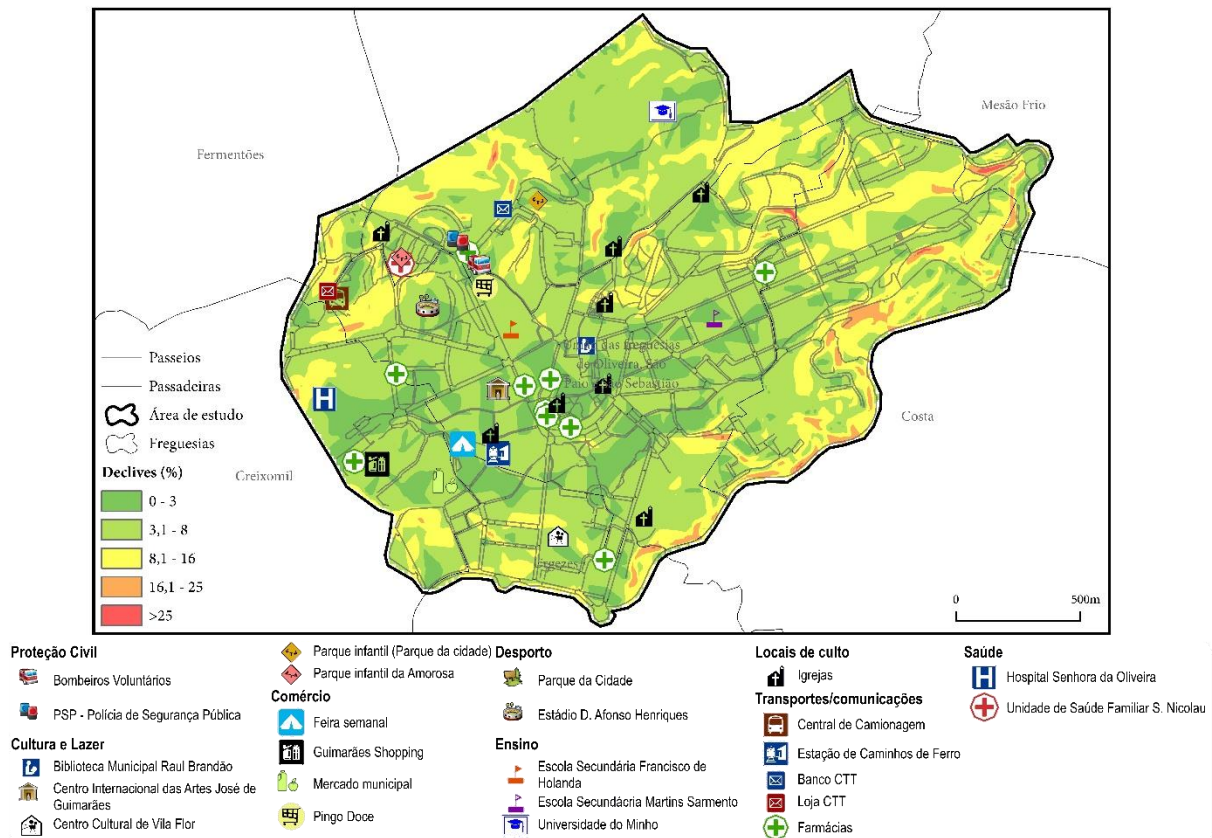


Fig. 11– Rede de passeios e passadeiras, principais geradores de tráfego e hipsometria da área de estudo.

Fig. 11 – Network of sidewalks and crosswalks, main traffic attractors and hypsometry of the study area.

5. CONCLUSÕES

A caminhabilidade representou nas últimas quatro décadas um notável percurso de reconhecimento e valorização dos movimentos dos pedestres nos espaços urbanos. O tema da Mobilidade Ativa Pedonal, começou numa época onde a temática era muitas vezes negligenciada em prol do transporte motorizado, até aos dias atuais, onde se tornou num tópico central do planeamento urbano. Ao longo desse período instituiu-se uma crescente conscientização sobre a importância da acessibilidade, segurança e qualidade dos espaços para os pedestres. Por outro lado, o surgimento das tecnologias de SIG, juntamente com abordagens mais holísticas e colaborativas na conceção das cidades, implicou uma preocupação na criação de ambientes urbanos mais confortáveis, apelativos e acima de tudo caminháveis, promovendo assim comunidades mais conectadas, saudáveis e inclusivas para toda a população. A publicação da Estratégia Nacional para a Mobilidade Ativa Pedonal 2030 veio reforçar a ideia de que devemos adotar escolhas de deslocação mais amigas do ambiente.

A investigação retratada neste artigo demonstrou a necessidade e a importância de implementar uma metodologia mais próxima da realidade, a qual combina a modelação de velocidades através da rede de passeios e passadeiras para a posterior modelação e análise de redes.

Os SIG revelaram ser uma ferramenta fundamental para modelar as deslocações em rede nos estudos de caminhabilidade, possibilitando, entre outros métodos, o desenvolvimento de índices que integram diversos dados geoespaciais, que permitem a conceção de análises mais detalhadas da infraestrutura, topografia, localização de geradores de tráfego, etc. Assim, a análise espacial, através da modelação em rede, permite identificar as áreas de atuação prioritárias com vista a intervir no meio urbano e a criar índices que consideram fatores como passeios e passadeiras, segurança, acessibilidades, usos do solo, entre outros.

A análise de redes em ambiente SIG é fundamental para obter um retrato mais realista do território para facilitar a formulação de medidas a serem aplicadas no território e priorizar

investimentos por parte dos planeadores urbanos e autoridades municipais. A modelação deve ter em conta a diversidade de públicos. A Mobilidade Ativa Pedonal deve ser estudada e pensada para cada grupo em particular, nomeadamente para grupos com menor capacidade de locomoção, de modo a produzir medidas adequadas a toda a população. A modelação deve também abandonar as abordagens tradicionais com recurso aos eixos de via e adotar uma análise mais centrada na rede de passeios e passeadeiras, para atingir resultados mais aproximados da realidade. Esta abordagem não fornece apenas uma compreensão mais abrangente da caminhabilidade, como também se conjuga num instrumento estratégico que visa a criação de espaços públicos mais seguros, eficientes e inclusivos.

Acreditamos ser essencial o contínuo aprimoramento desta metodologia dado o potencial para transformar significativamente o planeamento urbano, promovendo cidades mais caminháveis e habitáveis para todos. Para futuros estudos é aconselhável proceder à caracterização dos passeios, destacando elementos como a condição dos passeios, das passeadeiras, rampas de acesso e outras características que possam ser consideradas relevantes no contexto do espaço urbano em estudo. É também aconselhável a consideração dos grandes geradores de tráfego em função dos diferentes públicos.

Para se proceder finalmente à avaliação da caminhabilidade sugere-se a criação de um índice de caminhabilidade adaptado à realidade urbana de cada território, para assim selecionar as vias prioritárias para promover e apostar na caminhabilidade, possibilitando intervenções direcionadas para a melhoria da experiência dos pedestres nas cidades do futuro. A conjugação de diversos fatores que estão direta ou indiretamente relacionados ao tema, possibilita a identificação mais precisa de áreas de potencial conflito ou lacunas na infraestrutura que possam impactar negativamente a caminhabilidade. É também vantajoso incluir o fator da declividade, principalmente em municípios que apresentam terrenos mais declivosos, visto que também poderá ter influências na escolha de caminhar, principalmente para os idosos.

AGRADECIMENTOS

Esta iniciativa foi apoiada através do Financiamento Plurianual do Laboratório de Paisagem, Património e Território (Lab2PT), Ref. UID/04509/2020, financiado por fundos nacionais (PIDDAC) através da FCT/MCTES.

CONTRIBUTOS DOS/AS AUTORES/AS

Vítor Ribeiro: Conceptualização; Metodologia; Software; Validação; Redação – revisão e edição; Supervisão; Aquisição de financiamento. **Rafaela Silva:** Software; Recursos; Validação; Escrita – preparação do esboço original.

ORCID

Vítor Ribeiro  <https://orcid.org/0000-0002-5993-3492>

Rafaela Silva  <https://orcid.org/0009-0003-0704-0726>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abley, S., Turner, S., & Singh, R. (2011). *Predicting walkability* (Vol. 452). NZ Transport Agency Wellington.

Agampatian, R. (2014). *Using GIS to measure walkability: A case study in New York City* [Master's thesis, School of Architecture and the Built Environment, Royal Institute of Technology]. Digitala Vetenskapliga Arkivet. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A715646&dswid=-1815>

Alves, A., Marques da Costa, E., Gomes, E., & Niza, S. (2023). Otimização da localização de parques solares numa perspetiva de sustentabilidade: proposta de índice espacial em Portugal Continental [Optimising the location of solar parks from a sustainability perspective: Proposal of a spatial

- index in mainland Portugal]. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*, LVIII(124), 63-84.
<https://doi.org/10.18055/Finis33456>
- Batty, M. (2005). New technology and GIS. In P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire, D. W. Rhind (Eds), *Geographical Information Systems (Second Edition). Principles, Techniques, Management, and Applications* (pp. 309–316). Wiley.
https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch21.pdf
- Bernard, P., Chevance, G., Kingsbury, C., Baillot, A., Romain, A.-J., Molinier, V., ... Dancause, K. N. (2021). Climate change, physical activity and sport: a systematic review. *Sports Medicine*, 51, 1041-1059.
<https://doi.org/10.1007/s40279-021-01439-4>
- Bradshaw, C. (1993). Creating and using a rating system for neighborhood walkability: Towards an agenda for “local heroes” [Oral communication]. In *14th International Pedestrian Conference*, October 1, Boulder, Colorado.
- Butler, E., Ambs, A., Reedy, J., & Bowles, H. (2011). Identifying GIS Measures of the Physical Activity Built Environment Through a Review of the Literature. *Journal of physical activity & health*, 8(Suppl 1), S91-7. <https://doi.org/10.1123/jpah.8.s1.s91>
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219.
[https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gomez, L. F., & Neiman, A. (2009). Influences of built environments on walking and cycling: lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation*, 3(4), 203-226. <https://doi.org/10.1080/15568310802178314>
- D'Orso, G., & Migliore, M. (2020). A GIS-based method for evaluating the walkability of a pedestrian environment and prioritised investments. *Journal of Transport Geography*, 82, 102555.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102555>
- Dovey, K., & Pafka, E. (2020). What is walkability? The urban DMA. *Urban Studies*, 57(1), 93-108.
<https://doi.org/10.1177/0042098018819727>
- Duncan, D., Aldstadt, J., Whalen, J., Melly, S., & Gortmaker, S. (2011). Validation of Walk Score for Estimating Neighborhood Walkability: An Analysis of Four US Metropolitan Areas. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 8, 4160–4179.
<https://doi.org/10.3390/ijerph8114160>
- Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the built environment: A meta-analysis. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265-294. <https://doi.org/10.1080/01944361003766766>
- Forsyth, A. (2015). What is a walkable place? The walkability debate in urban design. *Urban Design International*, 20(4), 274-292. <https://doi.org/10.1057/udi.2015.22>
- Frank, L. D., Schmid, T. L., Sallis, J. F., Chapman, J., & Saelens, B. E. (2005). Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form: Findings from SMARTAQ. *American Journal of Preventive Medicine*, 28(2, Supplement 2), 117–125.
<https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.11.001>
- Glazier, R. H., Creatore, M. I., Weyman, J. T., Fazli, G., Matheson, F. I., Gozdyra, P., Moineddin, R., Shriqui, V. K., & Booth, G. L. (2014). Density, Destinations or Both? A Comparison of Measures of Walkability in Relation to Transportation Behaviors, Obesity and Diabetes in Toronto, Canada. *PLoS ONE*, 9(1), e85295. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085295>
- Glazier, R., Weyman, J., Creatore, M., Gozdyra, P., Moineddin, R., Matheson, F., Dunn, J., & Booth, G. (2012). *Development and validation of an urban walkability index for Toronto, Canada*. Toronto Community Health Profiles Partnership.
https://www.torontohealthprofiles.ca/a_documents/aboutTheData/12_1_ReportsAndPapers_Walkability_WKB_2012.pdf
- Instituto Nacional de Estatística. (2024). *Estimativas anuais da população residente* [Annual estimates of the resident population]. INE.
https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008273&xlang=pt

- Leslie, E., Coffee, N., Frank, L., Owen, N., Bauman, A., & Hugo, G. (2007). Walkability of local communities: Using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes. *Health & Place*, 13(1), 111-122. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2005.11.001>
- Li, Y., Yabuki, N., & Fukuda, T. (2023). Integrating GIS, deep learning, and environmental sensors for multicriteria evaluation of urban street walkability. *Landscape and Urban Planning*, 230, 104603. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104603>
- Lo, R. H. (2009). Walkability: what is it? *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 2(2), 145-166. <https://doi.org/10.1080/17549170903092867>
- Manaugh, K., & El-Geneidy, A. (2011). Validating walkability indices: How do different households respond to the walkability of their neighborhood? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(4), 309-315. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2011.01.009>
- Marques da Costa, N., Marques da Costa, E., & Louro, A. (2023). O quotidiano das pessoas idosas nas cidades portuguesas em tempo de pandemia. Uma abordagem à cidade amiga da pessoa idosa [The daily lives of older people in Portuguese cities during the pandemic: An age-friendly city approach.]. *Finisterra-Revista Portuguesa de Geografia*, LVIII(123), 7-39. <https://doi.org/10.18055/Finis32465>
- Moura, F., Cambra, P., & Gonçalves, A. B. (2017). Measuring walkability for distinct pedestrian groups with a participatory assessment method: A case study in Lisbon. *Landscape and Urban Planning*, 157, 282-296. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.07.002>
- Ramakreshnan, L., Fong, C. S., Sulaiman, N. M., & Aghamohammadi, N. (2020). Motivations and built environment factors associated with campus walkability in the tropical settings. *Science of the Total Environment*, 749, 141457. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141457>
- Remoaldo, P., & Ribeiro, V. (2012). A importância dos SIG no desenvolvimento do Baixo Minho – estudo de caso no âmbito dos transportes da cidade de Braga [The importance of GIS in the development of Baixo Minho – a case study on transport in the city of Braga]. In R. N. Baleiras (Ed.), *Casos de Desenvolvimento Regional* [Cases of Regional Development] (Vol. 1, pp. 159-168). Principia.
- Remoaldo, P. C., Ribeiro, V. P., Lopes, H. S., & Silva, S. C. G. (2019). Geographic Information Systems. In D. B. A. M. Khosrow-Pour (Ed.), *Advanced Methodologies and Technologies in Engineering and Environmental Science* (pp. 334-348). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7359-3.ch023>
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 67/2023, de 7 de julho (2023). *Estratégia Nacional para a Mobilidade Ativa Pedonal 2030* [Estratégia Nacional para a Mobilidade Ativa Pedonal 2030]. Diário da República n.º 131/2023, Série I de 2023-07-07, pp.10 – 59. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/67-2023-215338988>
- Ribeiro, V., & Remoaldo, P. (2009). O aumento da mobilidade individual e o agravamento da exclusão social nos territórios periféricos da cidade de Braga [Comunicação] [The increase in individual mobility and the worsening of social exclusion in the peripheral areas of the city of Braga]. In *X Congresso Luso-Afro-Brasileiro de Ciências Sociais* [X Luso-Afro-Brazilian Congress of Social Sciences], 4-7 fevereiro, Braga, Portugal.
- Ribeiro, V. (2014). *Exclusão social um fenómeno invisível, uma abordagem no âmbito da Geografia dos Transportes* [Social exclusion: an invisible phenomenon – an approach within the scope of Transport Geography]. Sílabos & Desafios.
- Ribeiro, V. (2012b). Mobilidade e Acessibilidade da População aos Serviços de Saúde: o caso do município de Braga [Mobility and Accessibility of the Population to Healthcare Services: the case of the municipality of Braga]. [Tese de Doutoramento, Universidade do Minho/Universidad Complutense de Madrid]. Repositório UM. <http://hdl.handle.net/1822/22947>
- Ribeiro, V. (2012a). A (in)equidade no acesso aos serviços de saúde: uma abordagem à exclusão social no município de Braga [(In)equity in access to healthcare services: an approach to social exclusion in the municipality of Braga]. In P. Remoaldo & H. Nogueira (Eds.), *Desigualdades Socio-Territoriais e Comportamentos em Saúde* [Socio-territorial Inequalities and Health Behaviours] (pp. 221-248). Colibri.

- Ribeiro, V. (2009). Geographic Information System support to map related transport disadvantage and social exclusion [Oral communication]. In *Territorial cohesion of Europe and integrative planning*, 49th ERSA Congress, 25–29 August, Lodz, Poland.
- Ribeiro, V., Monteiro, I., & Quinta e Costa, M. (2021). Promover as tecnologias de informação geográfica na formação para a docência [Promoting geographic information technologies in teacher education]. In A. Oliveira (Ed.), *Discursos, Práticas, Ideias e Subjetividades na Educação 2* [Discourses, Practices, Ideas and Subjectivities in Education 2] (pp. 111-125). Atena.
- Ribeiro, V., Remoaldo, P., & Gutiérrez, J. (2015). Mapping transport disadvantages of elderly people in relation to access to bus stops: contribution of geographic information systems. In A. Melhorado-Condeço, A. Regianni & J. Gutiérrez (Eds.), *Accessibility And Spatial Interaction* (pp. 315-327). Edward Elgar Publishing.
- Rišová, K., & Madajová, M. S. (2020). Gender differences in a walking environment safety perception: A case study in a small town of Banská Bystrica (Slovakia). *Journal of Transport Geography*, 85, 102723. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102723>
- Shields, R., Gomes da Silva, E. J., Lima e Lima, T., & Osorio, N. (2023). Walkability: a review of trends. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 16(1), 19-41. <https://doi.org/10.1080/17549175.2021.1936601>
- Southworth, M., & Ben-Joseph, E. (1997). *Streets and the Shaping of Cities and Towns*. McGraw-Hill.
- Southworth, M., & Ben-Joseph, E. (1995). Street standards and the shaping of suburbia. *Journal of the American Planning Association*, 61(1), 65-81. <https://doi.org/10.1080/01944369508975620>
- Southworth, M., & Owens, P. M. (1993). The evolving metropolis: Studies of community, neighborhood, and street form at the urban edge. *Journal of the American Planning Association*, 59(3), 271-287. <https://doi.org/10.1080/01944369308975880>
- Stevenson, M., Thompson, J., de Sá, T. H., Ewing, R., Mohan, D., McClure, R., ... Sun, X. (2016). Land use, transport, and population health: estimating the health benefits of compact cities. *The Lancet*, 388(10062), 2925-2935. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30067-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30067-8)
- Telega, A., Telega, I., & Bieda, A. (2021). Measuring Walkability with GIS - Methods Overview and New Approach Proposal. *Sustainability*, 13(4), 1883. <https://doi.org/10.3390/su13041883>
- Yin, L. (2017). Street level urban design qualities for walkability: Combining 2D and 3D GIS measures. *Computers, Environment and Urban Systems*, 64, 288-296. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.04.001>