Qualidade de informação geoespacial de crowdsourcing: Uma avaliação de completude e acurácia temática do OpenStreetMap na Cidade Universitária, Recife - PE

Quality of crowdsourced geospatial information: A completeness and thematic assessment of OpenStreetMap attributes at Cidade Universitária, Recife - PE

Victor Anthony Ribeiro Rodrigues Lopes[1]

Matheus Felicio de Miranda Gomes[2]

Jailson de Oliveira Rodrigues Júnior[3]

Carlos Fabricio Assunção da Silva[4]

RESUMO: Dados geoespaciais são uma necessidade constante em muitas esferas do planejamento de uma cidade. Iniciativas de crowdsourcing têm ganhado cada vez mais força na última década com plataformas de Informação Geográfica Voluntária (IGV) como o OpenStreetMap (OSM). Sendo dados acessíveis e de fácil atualização pelos usuários, iniciativas deste tipo são importantes para propostas de inclusão e transparência na cartografia e planejamento urbano, associando-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 "Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis" e auxiliando no processo de tomada de decisão, porém apresentam dificuldades quanto à avaliação de qualidade dos dados, visto que a atividade é voluntária e as análises enfrentam a subjetividade na interpretação de imagens de satélite ou do Google Street View. Este estudo realizou uma avaliação de completude e acurácia temática dos atributos do OSM no bairro da Cidade Universitária, Recife - PE, visando compreender o desenvolvimento dessas informações e a usabilidade destes dados em diferentes categorias de aplicação. Foi identificada na região uma baixa completude de modo geral e uma acurácia relevante apenas para atributos mais simples, com grande desatualização, razão pela qual a usabilidade dos dados é aceitável apenas quando a informação necessitada é menos técnica e mais acessível ao usuário comum.

Palavras-chave: Informação geográfica voluntária; crowdsourcing; desenvolvimento sustentável; acurácia temática.

ABSTRACT: Geospatial data is a constant necessity in many areas of urban planning. Crowdsourcing initiatives have gained increasing momentum over the past decade with Volunteer Geospatial Information (VGI) platforms such as OpenStreetMap (OSM). Since the data is accessible and easy for users to update, initiatives of this kind are important for promoting inclusion and transparency in urban mapping and planning, aligning with Sustainable Development Goal (SDG) 11 "Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient, and sustainable" and aiding the decision-making process, however, they present challenges regarding data quality assessment, given that the activity is voluntary and analyses face subjectivity in the interpretation of satellite images or Google Street View. This study evaluated the completeness and thematic accuracy of OSM attributes at Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, with the aim of understanding the development of this information and the usability of this data across different application categories. The study found that, overall, the data in the region has low completeness and is accurate only for simpler attributes, with significant outdated information; for this reason, the data is usable only when the required information is less technical and more accessible to the average user.

Keywords: Volunteered geographic information; crowdsourcing; sustainable development; thematic accuracy.

[1] Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Tecnologia e Geociências / victor.anthonyl@ufpe.br
[2] Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Tecnologia e Geociências / matheus.felicio@ufpe.br
[3] Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Tecnologia e Geociências / jailson.rodriguesjunior@ufpe.br
[4] Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Tecnologia e Geociências / carlos.assuncao@ufpe.br

1 INTRODUÇÃO

A utilização de dados geoespaciais tem se tornado cada vez mais relevante em diferentes áreas de pesquisa, incluindo energia (Dunnett *et al.*, 2020; Malhotra et al., 2022), saúde (Weiss *et al.*, 2020) e estudos urbanos e cadastrais (Novosel *et al.*, 2021). Contudo, o crescimento da demanda por essas informações não tem sido acompanhado pela mesma capacidade de aquisição e atualização das bases de dados oficiais, uma vez que os órgãos responsáveis frequentemente enfrentam limitações financeiras e operacionais para manter levantamentos sistemáticos e atualizados. Nesse cenário, diversas iniciativas de mapeamento têm surgido para suprir essa lacuna, tanto no âmbito acadêmico (Elias *et al.*, 2022) quanto por meio da participação voluntária da sociedade. Como resultado, o crowdsourcing se tornou uma alternativa em ascensão na última década, principalmente pelo OpenStreetMap (OSM), a maior plataforma atualmente de Informações Geográficas Voluntárias (IGV) (Yan *et al.*, 2020), onde milhões de usuários voluntariamente contribuem com informações geográficas ao redor de todo o mundo.

O conceito de Informações Geográficas Voluntárias (IGV), ou Volunteered Geographic Information (VGI), foi introduzido por Goodchild (2007) para descrever a criação, aglutinação e disseminação de dados geográficos fornecidos de forma voluntária. Essa abordagem permite que usuários assumam um papel ativo nas atividades de alteração do espaço físico como o planejamento urbano e atualização de bases cartográficas. Esta definição está ligada ao próprio propósito do OSM, um mapa gratuito e editável do mundo todo, construído voluntariamente de forma abrangente e disponibilizado. Para viabilizar a representação das diferentes feições geográficas, a plataforma adota uma estrutura de dados baseada em elementos topológicos específicos.

A estruturação dos dados na plataforma OSM (OpenStreetMap, 2025) baseia-se em quatro elementos topológicos principais: nós (nodes), caminhos abertos (open ways), caminhos fechados (closed ways) e relações (relations). Um nó consiste em um ponto definido por latitude, longitude e um identificador único, sendo utilizado para representar feições pontuais, como árvores ou bancos em parques. Os caminhos abertos são formados por uma sequência de dois ou mais nós e representam feições lineares, como estradas, ciclovias, muros e rios. Já os caminhos fechados são aqueles em que o último nó coincide com o primeiro, sendo empregados para representar áreas, como edificações. Por fim, as relações permitem agrupar diferentes elementos e descrever relações geográficas de forma lógica, como rotas de transporte público e suas paradas ou diferentes unidades administrativas em um mesmo multipolígono.

A cada elemento mapeado, existem atributos a ele associados que são denominados *tags*, um par de informações que descreve propriedades específicas da feição representada (OpenStreetMap, 2026), consistindo de uma chave (key) e um valor (value) ligados por um sinal de igualdade (=). Podem ser atribuídas diversas *tags* a um mesmo objeto, mas o formato das atribuições é livre para definição de usuário. Esta forma de definição flexível possibilita que o usuário submeta qualquer informação que achar pertinente, mas há convenções definidas pela comunidade que estabelecem boas práticas e recomendam padrões de uso de chaves e valores.

Embora apresente grande vantagem em diferentes usos, a base de dados do OSM possui uma cobertura heterogênea globalmente, levantando debates sobre a qualidade dos dados disponíveis, bem como sua usabilidade. Frente a isso, muitos estudos se debruçaram sobre a problemática avaliando estas características, principalmente a respeito da acurácia posicional das feições mapeadas (Fan *et al.*, 2014; Haklai, 2010; Liu e Long, 2016),

geralmente enfatizando um subconjunto de dados específico. A necessidade de dados sobre construções, particularmente, faz do OSM uma alternativa para subsídio de estudos como de vulnerabilidade (Nievas *et al.*, 2022), socioeconômicos (Feldmeyer *et al.*, 2020) ou de modelagem 3D (Over *et al.*, 2010). Com uma grande maioria de trabalhos avaliando características geométricas do OSM, poucos são os estudos que se dedicam a avaliar o conteúdo e a qualidade de seus atributos. Tais avaliações de qualidade baseiam-se em conceitos já definidos pela Associação Internacional de Cartografia (International Cartographic Association, ICA), formalizados por meio da norma ISO 19157, que fornece diretrizes para descrever a qualidade de dados geográficos (ISO, 2023) por elementos como a completude, consistência lógica, acurácia posicional e acurácia de atributos.

Neste contexto, o objetivo deste estudo é avaliar a completude e a acurácia de atributos de edificações do OpenStreetMap no bairro da Cidade Universitária, localizado no município de Recife, Pernambuco, de modo que também possa ser avaliada a sua usabilidade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O bairro da Cidade Universitária, localizado no município do Recife, Pernambuco (Figura 1), caracteriza-se por uma ocupação urbana heterogênea, composta predominantemente pela área da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Figura 1 – Mapa de localização da Cidade Universitária, Recife – PE.



Fonte: Os autores (2026)

A região abriga uma diversidade de usos do solo, incluindo centros de ensino, bibliotecas, unidades administrativas, equipamentos públicos, áreas residenciais e vias de circulação. A escolha da área de estudo deve-se à diversidade de feições geográficas

presentes no local, bem como à disponibilidade de informações de referência para avaliação da completude e qualidade dos dados cartográficos produzidos colaborativamente.

2.2 Fonte dos dados

Foi obtido através da página web do OSM uma cópia da base de dados de todas as feições da área de estudo e seus arredores, que foi importada em ambiente GIS para o software QGIS v3.44.11 para organização e seleção apenas dos dados contidos dentro do bairro da Cidade Universitária, bem como posteriormente a seleção das feições de interesse de edificações.

2.3 Métodos

Este estudo contempla a análise dos elementos de qualidade de completude e acurácia para feições do OSM que representem edificações. A análise de completude visa identificar a utilização de atributos nas feições de interesse da área de estudo, enquanto a análise de acurácia avalia a veracidade dos dados atribuídos às feições de interesse na área de estudo. Visando nortear também a avaliação de usabilidade destes dados, os atributos de cada conjunto foram agrupados em categorias, adaptadas de Biljecki, Chow e Lee (2023), em função da informação que descrevem quando utilizados, sendo estas categorias complementadas às análises de completude e acurácia.

A realização da análise de completude se dá pela investigação das *tags* atribuídas, observando a sua frequência e padrão espacial dentre os atributos mais comumente associados às feições de interesse. Esta etapa teve início com a identificação manual dos atributos mais relevantes globalmente, realizada por meio da plataforma taginfo (Topf, 2026a), que registra de forma não oficial o valor absoluto de feições com cada determinada *tag* e a porcentagem de seu uso no banco de dados, visto que o OSM não fornece dados acerca deste tema. Posteriormente, as *tags* identificadas foram comparadas com aquelas utilizadas nas feições de interesse da área de estudo por meio de planilhas no software Excel.

A realização da análise de acurácia se dá pela investigação dos valores associados às *tags*, com um processo de validação baseado na visualização de imagens de Google Street View e, em casos específicos, em visitas em campo. A escolha por tais métodos de validação baseia-se na característica de acesso aberto das imagens Street View e seu grande volume de informações, mas que pode não ser suficiente para os casos em que a informação de atributo não pode ser identificada apenas com uma imagem da fachada de uma edificação.

2.4 Identificação de *tags* mais relevantes

A identificação das *tags* mais relevantes para edificações (Tabela 1) resultou na seleção de 25 *tags* de acordo com o número de objetos com estes atributos em toda a base de dados do OSM globalmente, com a não inclusão na lista daquelas utilizadas para representar muitas feições além daquelas de interesse, ou que não se enquadram à divisão de níveis administrativos do Brasil. Os atributos selecionados foram então agrupados em categorias, de modo que possibilitasse também a avaliação de completude e acurácia dos atributos de cada categoria para a área de estudo.

Tabela 1 - *Tags* mais relevantes para edificações.

Categoria	***Tags***
Semântica	*name*

Ciclo de vida	*start_date*; *building: use*
Uso	*building; amenity*
Localização	*addr:housenumber*; *addr: street*; *addr:city*; *addr:postcode*; *addr:country*; *addr:state*; *addr:place*
Estrutural	*building:levels*; *height*; *roof:shape*; *roof:levels*; *roof colour*; *building:material*; *roof material*; *building:colour*; *roof: orientation*
Interior	*building:flats*; *capacity*; *level*; *indoor*

Fonte: Os autores (2026), adaptado de Biljecki, Chow e Lee (2023).

Primeiramente, é observado o maior volume de atribuição de *tags* em informações mais facilmente disponíveis como naquelas inclusas na categoria de localização, juntamente à atribuição de nome e da *tag building* (construção), a mais utilizada, sendo também a de atribuição mais simples, atribuída meramente ao valor "*yes*" em 79,42% das vezes (Topf, 2026b). Para além dos atributos categorizados por localização, uma outra tendência é o uso de *tags* que descrevem a estrutura das edificações por meio de material, cor, forma e orientação, além de dados a respeito da altura ou número de andares. Nesta categoria, destaca-se a importância destas informações sobre altura em mapeamento cadastrais que visem atingir maiores LoD (*level of detail*), uma característica que se estende à categoria identificada como menos utilizada neste conjunto, a de interior, que visa descrever informações mais pontuais dentro de construções como definir que o polígono descreve um de vários andares de um prédio como na *tag level* (andar), o número de apartamentos na *tag building:flats* (construções: apartamentos), a capacidade máxima de pessoas na *tag capacity*, ou se a feição representa um objeto no interior da construção como na *tag indoor* (interior). Analogamente, a temporalidade desses atributos também é considerada para os casos onde os voluntários utilizam as tags de *start_date* que representa a data de abertura do prédio ou do fim de sua construção, bem como de *building:use* que, embora se assemelhe aos atributos que informem o tipo de uso, está muito mais relacionado à representação de alterações quanto ao seu uso ao longo do tempo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Completude de atributos de construções

A filtragem das feições de edificações na área de estudo resultou num total de 448 objetos que foram objeto de estudo da análise de completude. O conjunto dos dados apresentou *building* como a *tag* mais utilizada (Tabela 2) em 441 (cerca de 98%) das construções, uma *tag* básica comumente utilizada para descrever que o polígono é uma construção mas também o seu uso. *Name* é a segunda tag mais utilizada em 85 (cerca de 19%) das construções, seguido das informações de cidade e rua em que estão localizadas nas tags *addr:city* e *addr:street*, respectivamente, com 40 e 21 (cerca de 9% e 4,7%) feições. Por fim, dados sobre o uso destinado à construção são presentes novamente em 18 (4%) das feições por meio da tag *amenity*. Para os demais 21 atributos, observa-se que foram muito pouco ou não foram utilizados para a área de estudo, demonstrando uma baixa completude das informações para construções.

Tabela 2 - Completude de *tags* para edificações.

Tag	Frequência total	Frequência (%)
building	441	98,44
building com o valor "*yes*"	289	64,51
building com valores sobre uso	152	33,93
name	85	18,97
addr:city	40	8,93
addr:street	21	4,69
amenity	18	4,02
addr:postcode	8	1,79
addr:housenumber	7	1,56
building:levels	5	1,12
addr:place	1	0,22
demais *tags*	0	0,00

Fonte: Os autores (2026).

Embora haja uma grande quantidade de valores atribuídos à *tag building* pode ser observado que não necessariamente haveria impacto na análise da categoria de uso, visto que 289 destes atributos apenas incluem o valor "*yes*", apenas descrevendo que aquele polígono representa uma construção, mas não descrevendo o seu uso como proposto pela categorização. Em função disto, a frequência dos valores desta *tag* em específico também foi analisada separadamente (Tabela 3), onde pode ser visto que não apenas 7 polígonos (1,56%) não apresentam esta informação básica, como também que apenas 152 (cerca de 34%) deles detalham o tipo de uso, sendo esses últimos considerados na análise de completude por categorias.

Tabela 3 - Frequência dos valores da *tag* building.

building	Frequência total	Frequência (%)
yes	289	64,51
university	125	27,90
house	10	2,23
school	5	1,12
civic	4	0,89
apartments	3	0,67
college	2	0,45
semidetached_house; *hospital*; *commercial*	1	0,22
NULO	7	1,56

Fonte: Os autores (2026).

A análise de completude das categorias (Tabela 4) demonstra maior adesão dos usuários à categoria de uso, que soma com building e amenity cerca de 38% do conjunto de dados, com as categorias de semântica e local em segundo plano, ao passo que informações sobre a estrutura, o interior e o ciclo de vida dos edifícios são grande minoria na área de

estudo. Esses resultados reforçam a fraca tendência encontrada na base de dados em relação à descrição do interior e da infraestrutura das construções, sendo essas informações de acesso mais difícil aos voluntários em função de não serem visualmente identificadas por imagens do exterior dos prédios e da necessidade de voluntários muito mais engajados e/ou familiarizados com a plataforma do que o habitual para sequer ter conhecimento de que essas tags existem, visto que cerca de 47% dos usuários do OSM contribuíram com apenas 10 ou menos edificações (Biljecki, Chow e Lee, 2023) e 1,4% dos voluntários é responsável por 87% de todas as edições no mapa (Anderson, Sarkar e Palen, 2019).

Tabela 4 - Frequência das categorias de *tags* para construções.

Categoria	Frequência total	Frequência (%)
Uso	169	37,72
Semântica	85	18,97
Local	44	9,82
Estrutural	5	1,12
Interior	0	0,00
Ciclo de vida	0	0,00

Fonte: Os autores (2026).

3.2 Acurácia de atributos de edificações

A análise de acurácia para construções identificou que a *tag* com maior porcentagem de acurácia na área de estudo é *addr:city* (Tabela 5), com 36 atributos validados (97,3% de acurácia), seguida de *building*, com 80 atributos validados (80,8% de acurácia), e *addr:street* com 54 atributos validados (80% de acurácia). Nota-se que as informações de localização da cidade e da rua das construções são muito acuradas e também estão entre as mais acessíveis, facilmente identificáveis utilizando plataformas como *GoogleMaps* ou *Waze*, enquanto a utilização das construções também apresenta alta acurácia não só em building, mas também em *amenity*. Analogamente, o atributo de nome apresenta uma acurácia muito menor, resultado que se atribui à falta de atualizações das feições na área de estudo, que possui, em média, uma lacuna de 8 anos sem novas edições. Deste modo, muitos atributos tornaram-se obsoletos pela mudança no uso ou abandono, ressaltando também a importância das tags *start_date* e *building:use* que de acordo com a análise de completude foram utilizadas 0 vezes. A informação de *building:levels*, apesar de em menor amostra, apresenta boa acurácia no conjunto de dados, denotando uma lacuna das iniciativas de mapeamento voluntário na região. Por fim, 2 *tags* apresentaram 0% de acurácia: *addr:place*, cujo uso é orientado para denotar locais sem endereço fixo e/ou assentamentos, e *addr:postcode*, que descreve o código de endereçamento postal.

Tabela 5 - Acurácia das *tags* de edificações.

Tag	**Acurados**	**Não acurados**	**Acurácia (%)**
addr:city	36	1	97,30
building	80	19	80,81
addr:street	16	4	80,00
building:levels	3	1	75,00
amenity	10	4	71,43

name	54	32	62,79
addr:housenumber	2	5	28,57
addr:place	0	1	0,00
addr:postcode	0	7	0,00
Demais *tags*	0	0	Não se aplica

Fonte: Os autores (2026).

Esses resultados, por conseguinte, impactam diretamente na acurácia das categorias (Tabela 6), onde o melhor desempenho é da categoria de uso, com 79,65% de acurácia, muito próxima das categorias local e estrutural, ambas com 75%. A categoria semântica, composta neste caso apenas por *name*, apresenta a mesma acurácia de 62,79%, enquanto os agrupamentos de interior e ciclo de vida não possuem resultados, visto que não estão presentes no conjunto de dados.

Tabela 6 - Acurácia das categorias de *tags* para edificações.

Categoria	Acurados	Não acurados	Acurácia (%)
Uso	90	23	79,65
Local	54	18	75,00
Estrutural	3	1	75,00
Semântica	54	32	62,79
Interior	0	0	Não se aplica
Ciclo de vida	0	0	Não se aplica

Fonte: Os autores (2026).

4 CONCLUSÃO

A análise da qualidade dos atributos do OpenStreetMap na Cidade Universitária revelou uma cobertura heterogênea, com completude inferior a 50% para quase todas as categorias de edificações.Quanto à veracidade das informações, os dados são acurados para atributos simples, como nome de rua e uso da edificação (acima de 70%), mas perdem precisão em informações que exigem maior conhecimento técnico ou atualizações constantes. Um ponto crítico identificado foi a obsolescência dos nomes de edifícios, que apresentou apenas 62,8% de acurácia devido a uma lacuna média de 8 anos sem edições na área.

Portanto, embora o OSM seja altamente usável para navegação e consultas básicas, sua aplicação técnica em planejamento urbano local ainda é limitada pela baixa densidade de atributos detalhados. Recomenda-se o incentivo ao mapeamento voluntário dentro do ambiente acadêmico para garantir a atualização frequente dos dados e sugere-se que trabalhos futuros integrem esta análise à avaliação de acurácia posicional, como também a análise de completude e acurácia de outras feições como vias e caminhos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

ANDERSON, J.; SARKAR, D.; PALEN, L. Corporate Editors in the Evolving Landscape of OpenStreetMap. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [*s. l.*], v. 8, n. 5, p. 232, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijgi8050232. Acesso em: 26 jun. 2026.

BILJECKI, F.; CHOW, Y. S.; LEE, K. Quality of crowdsourced geospatial building information: A global assessment of OpenStreetMap attributes. **Building and Environment**, [*s. l.*], v. 237, p. 110295, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110295. Acesso em: 26 jun. 2026.

DUNNETT, S. *et al.* Harmonised global datasets of wind and solar farm locations and power. **Scientific Data**, [*s. l.*], v. 7, n. 1, p. 130, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41597-020-0469-8. Acesso em: 26 jun. 2026.

ELIAS, E. N. N. *et al.* Mapping Invisible and Inaccessible Areas of Brazilian Cities to Reduce Inequalities. *In*: SOLÍS, P.; ZEBALLOS, M. (org.). **Open Mapping towards Sustainable Development Goals**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 181-188. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-05182-1_16. Acesso em: 26 jun. 2026.

FAN, H. *et al.* Quality assessment for building footprints data on OpenStreetMap. **International Journal of Geographical Information Science**, [*s. l.*], v. 28, n. 4, p. 700-719, 2014. Disponível em: http://doi.org/10.1080/13658816.2013.867495. Acesso em: 26 jun. 2026.

FELDMEYER, D. *et al.* Using OpenStreetMap Data and Machine Learning to Generate Socio-Economic Indicators. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [*s. l.*], v. 9, n. 9, p. 498, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijgi9090498. Acesso em: 26 jun. 2026.

GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, [*s. l.*], v. 69, n. 4, p. 211-221, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y. Acesso em: 26 jun. 2026.

HAKLAY, M. How Good is Volunteered Geographical Information? A Comparative Study of OpenStreetMap and Ordnance Survey Datasets. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 682-703, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1068/b35097. Acesso em: 26 jun. 2026.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 19157-1:2023 - Geographic information — Data quality — Part 1: General requirements. [*S. l.: s. n.*], [*s. d.*]. Disponível em: https://www.iso.org/standard/78900.html. Acesso em: 16 jun. 2026.

LIU, X.; LONG, Y. Automated identification and characterization of parcels with OpenStreetMap and points of interest. **Environment and Planning B: Planning and Design**,

[*s. l.*], v. 43, n. 2, p. 341-360, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1177/0265813515604767. Acesso em: 26 jun. 2026.

MALHOTRA, A. *et al*. Information modelling for urban building energy simulation—A taxonomic review. **Building and Environment**, [*s. l.*], v. 208, p. 108552, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108552. Acesso em: 26 jun. 2026.

NIEVAS, C. I. *et al*. Calculating earthquake damage building by building: the case of the city of Cologne, Germany. **Bulletin of Earthquake Engineering**, [*s. l.*], v. 20, n. 3, p. 1519-1565, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10518-021-01303-w. Acesso em: 26 jun. 2026.

NOVOSEL, T. *et al*. Spatial assessment of cooling demand and district cooling potential utilizing public data. **Sustainable Cities and Society**, [*s. l.*], v. 75, p. 103409, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103409. Acesso em: 26 jun. 2026.

OPENSTREETMAP. **ELEMENTS - OPENSTREETMAP WIKI**. [*S. l.: s. n.*], 2025. Disponível em: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Elements. Acesso em: 26 jun. 2026.

OPENSTREETMAP. **TAGS - OPENSTREETMAP WIKI**. [*S. l.: s. n.*], 2026. Disponível em: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tags. Acesso em: 26 jun. 2026.

OVER, M. *et al*. Generating web-based 3D City Models from OpenStreetMap: The current situation in Germany. **Computers, Environment and Urban Systems**, [*s. l.*], v. 34, n. 6, p. 496-507, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2010.05.001. Acesso em: 26 jun. 2026.

TOPF, J. **About | OpenStreetMap Taginfo**. [*S. l.: s. n.*], 2026a. Disponível em: https://taginfo.openstreetmap.org/about. Acesso em: 26 jun. 2026.

TOPF, J. **Building | Keys | OpenStreetMap Taginfo**. [*S. l.: s. n.*], 2026b. Disponível em: https://taginfo.openstreetmap.org/keys/building. Acesso em: 26 jun. 2026.

WEISS, D. J. *et al*. Global maps of travel time to healthcare facilities. **Nature Medicine**, [*s. l.*], v. 26, n. 12, p. 1835-1838, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41591-020-1059-1. Acesso em: 26 jun. 2026.

YAN, Y. *et al*. Volunteered geographic information research in the first decade: a narrative review of selected journal articles in GIScience. **International Journal of Geographical Information Science**, [*s. l.*], v. 34, n. 9, p. 1765-1791, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1730848. Acesso em: 26 jun. 2026.