

Padrões de ocupação intraquadra

Dados abertos e sensoriamento remoto na caracterização e monitoramento do adensamento de áreas urbanas

André Tiné Gimenez¹
Gisela Barcellos de Souza²

SESSÃO TEMÁTICA: TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA PAISAGEM

RESUMO

A crescente disponibilidade de dados geoespaciais abertos e de sensoriamento remoto demanda novas metodologias para a gestão do ambiente urbano. Este artigo propõe um método para analisar o adensamento intraquadra na Região Metropolitana de Belo Horizonte, integrando a rede viária do OpenStreetMap e a detecção automatizada de edificações do Google Open Buildings. Em um contexto de lacunas em cadastros fundiários oficiais, o estudo resgata a quadra como unidade de análise morfológica, superando as limitações da leitura isolada do lote ou do zoneamento. Metodologicamente, utiliza-se a tesselação morfológica e calcula-se variáveis de ordem topológica e constrição espacial, transformando esta segmentação em um recurso analítico para identificar e monitorar o adensamento intraquadra. Os resultados, ilustrados por casos em tecidos formais e informais, validam o potencial da ferramenta para diagnosticar padrões de ocupação, distinguindo tipologias de adensamento e monitorando a supressão de áreas verdes no miolo de quadra. Conclui-se que a abordagem oferece subsídios técnicos escaláveis para refinar políticas públicas urbanas e estratégias de resiliência ambiental, permitindo uma leitura pormenorizada da paisagem urbana contemporânea frente à escassez de dados locais padronizados.

PALAVRAS-CHAVE: Morfometria Urbana; Adensamento Intraquadra; Dados Abertos e Interoperabilidade; SIG e Sensoriamento Remoto; Morfologia Urbana; Resiliência Climática.

ABSTRACT

The growing availability of open geospatial and remote sensing data demands new methodologies for urban environment management. This article proposes a method for analyzing intra-block densification in the Metropolitan Region of Belo Horizonte, integrating the OpenStreetMap road network and the automated building detection from Google Open Buildings. Within a context marked by gaps in official land registries, the study reclaims the urban block as a morphological analysis unit, overcoming the limitations of relying solely on lot boundaries or zoning classifications. Methodologically, morphological tessellation is employed, and variables such as topological order and spatial constriction are calculated, transforming this segmentation into an analytical resource for identifying and monitoring intra-block densification. The results, illustrated by case studies in formal and informal urban fabrics, validate the tool's potential for diagnosing occupation patterns, distinguishing densification typologies, and monitoring the suppression of green areas within the block interior. It is concluded that this approach offers scalable technical support to refine public urban policies and environmental resilience strategies, enabling a detailed reading of the contemporary urban landscape despite the scarcity of standardized local data.

KEYWORDS: Urban Morphometry; GIS and Remote Sensing; Open Data and Interoperability; Intra-block Densification; Climatic Resilience.

¹ Pesquisador do Laboratório da Paisagem (UFMG), andretgimenez@gmail.com.

² Professora do Departamento de Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG e Coordenadora do Laboratório da Paisagem (UFMG)

1 INTRODUÇÃO

A grande disponibilidade de dados geoespaciais abertos da última década cria uma necessidade metodológica sobre os instrumentos e categorias utilizados no planejamento e gestão do ambiente urbano. Apesar de dados de sensoriamento remoto serem produzidos desde a década de 80 e terem sido incorporados em campos de pesquisa e atuação em que os processos sociais assumem, em suas análises, escalas menores - como a geografia ou a demografia -, muitas das dinâmicas urbanas requerem uma compreensão pormenorizada do espaço e, portanto, dados mais granulares e a adaptação das técnicas de geoprocessamento para este fim.

A última década foi marcada pela disponibilidade destes dados pormenorizados: imagens de sensoriamento remoto com melhor resolução - como os dados do Sentinel-2 para o período de 2016 até 2023, ou proprietários de resolução em centímetros; dados de mapeamento colaborativo - em que se destaca o OpenStreetMap, criado em 2004, mas com maior adesão brasileira a partir do início da década de 2010; ou dados oficiais - como as diversas experiências a partir do censo de 2010 e os grandes avanços neste sentido para o censo de 2022. Mas não é relevante apenas a existência deste conjunto cada vez maior de dados, mas também sua acessibilidade crescente, que permite que sejam incorporados em processos rotineiros em instituições públicas ou de pesquisa.

Esta disponibilidade, entretanto, produz duas questões práticas. A primeira delas, de caráter mais técnico, é a de como processar esta quantidade crescente de dados para atingir resultados significativos. Muitas vezes estes dados alcançam uma granularidade tamanha que se torna necessário agregá-los para escalas maiores, de modo que o dado esteja em escala compatível com o processo social que se busca retratar. De caráter mais teórico, a segunda questão é como identificar os vícios presentes nas categorias e nos métodos empregados em momentos precedentes, não por insuficiência conceitual, mas por impossibilidade metodológica.

Este artigo apresenta contribuições para estas duas questões ao analisar a ocupação intraquadra na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Apesar das políticas urbanas e habitacionais focarem-se na delimitação do lote, pois esta é a divisão espaciais que permite a responsabilização jurídica do proprietário ou posseiro, ou da zona, pois esta permite a definição homogênea de diretrizes sem recair em discricionariedades locais, o retorno ao limite da quadra pode ser útil quando analisado os processos de adensamento urbano ocorridos ao longo das últimas décadas.

Em primeiro lugar, apesar da disponibilidade crescente de alguns dados supracitados, há lacunas ou diferenças regionais que inviabilizam análises urbanas, como a demarcação de lotes ou as categorias dos zoneamentos. Este problema se torna ainda mais expressivo quando não se tem a continuidade de dados dentro de uma mesma conurbação, em que elementos de um município são diferentes do adjacente. Apesar dos dados municipais, em geral, serem de maior precisão e maior qualidade, os efeitos de borda nos limites administrativos e a possível falta de comparabilidade podem fazer com que dados menos precisos, mas igualmente disponíveis, sejam mais interessantes. Portanto, torna-se necessário estimar este dado, mas agregá-lo em uma escala menor para diluir a sua margem de erro. É o exemplo do lote, em que a sua definição exata pode não estar disponível, mas sua estimativa agregada na quadra pode ser suficiente (Fleischmann, 2020).



Outro aspecto a considerar é que, apesar da quadra não ter hoje o protagonismo que teve outrora na leitura urbana, essa disponibilidade de dados e a aparecimento de novos métodos de processamento permitem seu resgate e aplicação. Sob a ótica da morfologia urbana, a quadra representa muito mais do que uma simples subdivisão cadastral; ela corresponde a unidade de análise do tecido urbano, local em que as relações entre os tipos edilícios e a morfologia urbana se condensa por meio da relação entre o espaço público, o domínio privado do lote e a edificação (Castex; Depaule; Panerai, 1976). O resgate da quadra como unidade de leitura, portanto, é um modo de compreender a organização do tecido urbano, pois é nela que se materializam as dinâmicas de ocupação que definem a densidade e a porosidade da cidade.

Nesse contexto, a quadra assume um papel estratégico na gestão das transformações urbanas contemporâneas. Para autores como Solá-Morales (1997), a quadra não deve ser vista como uma forma estática, mas como uma unidade dinâmica capaz de absorver mudanças e adensamentos ao longo do tempo sem perder sua legibilidade. Ao focar a análise na escala da quadra, é possível identificar padrões de ocupação intraquadra - muitas vezes invisíveis na escala do zoneamento geral - e compreender como o somatório das ações individuais nos lotes configura morfologias coletivas que impactam a qualidade do desenho urbano e a infraestrutura local.

Para operacionalizar essa leitura em larga escala, a morfometria urbana surge como um campo metodológico essencial (Dibble et al., 2019), traduzindo conceitos qualitativos da morfologia em métricas quantitativas e espaciais, permitindo mensurar sistematicamente as propriedades da forma urbana - como compacidade, densidade construtiva e taxas de ocupação - agregadas ao nível da quadra (Fleischmann et al., 2022). Essa abordagem quantitativa supera a subjetividade da análise visual isolada, permitindo comparar diferentes tecidos urbanos e identificar tipologias de adensamento que, embora distintas em sua gênese social ou econômica, apresentam assinaturas morfológicas (Arribas-Bel; Fleischmann, 2022) similares.

Por fim, a análise morfológica detalhada da ocupação intraquadra é imprescindível para o enfrentamento das questões ambientais urbanas. O modo como as quadras são preenchidas afeta diretamente o desempenho ambiental urbano: o adensamento excessivo e desordenado no interior dos quarteirões resulta frequentemente na impermeabilização total do solo, na supressão da vegetação intraurbana e na segregação de espécies. Esses processos alteram o microclima local, potencializam ilhas de calor e sobrecarregam os sistemas de drenagem. Portanto, compreender a morfologia do "miolo de quadra" é, também, diagnosticar a capacidade de resiliência ambiental do tecido urbano frente aos eventos climáticos extremos.

Além desta introdução que justifica o emprego da quadra como delimitação espacial para análise urbana sensível a paisagem, este artigo analisa o processo de adensamento intraquadra a partir do emprego de técnicas de geoprocessamento e dados abertos em três seções. Na seção seguinte será apresentada uma discussão mais detalhada das bases utilizadas e suas limitações - nomeadamente a base de edificação Google Open Buildings, criada por *deep learning* a partir de dados de sensoriamento remoto - seguida das técnicas empregadas, em especial a tesselação morfológica e a de produção das variáveis de constrição e de ordem das edificações. Após o emprego desse método, será apresentado os resultados em áreas representativas, com o objetivo de demonstrar a utilidade desse método e suas diferentes aplicações. A seção seguinte discute estes resultados e é seguida de apontamentos sobre a possibilidades de aplicação no planejamento e monitoramento do ambiente urbano.

2 METODOLOGIA

De caráter exploratório e quantitativo, este artigo baseia-se na produção de tesselação morfológica a partir das vias do OSM e edificações do Google Open Building; categoriza essa base espacial segundo variáveis de ordem e de confinamento; e gera visualizações cartográficas, as quais foram analisadas de modo não sistemático, a fim de identificar padrões e validar a utilidade do método. O recorte espacial do estudo é a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), escolhida por apresentar diversidade morfológica e continuidade urbana entre municípios com diferentes capacidades de gestão de dados.

2.1 Fontes de Dados e Limitações

OpenStreetMap (OSM, 2025) é um projeto colaborativo global produzido por voluntários que coletam, editam e atualizam dados espaciais para a produção de um mapa aberto mundial. Essa base é formada a partir de múltiplas fontes: contribuições manuais feitas por voluntários usando imagens de satélite e fotografias aéreas; levantamentos de campo com GPS; importações de bases públicas; e validações comunitárias que garantem consistência e evitam vandalismo. O resultado é um banco de dados geoespacial estruturado em pontos, linhas e polígonos, descrevendo desde ruas e edifícios até pontos de interesse.

Metodologicamente, o uso do OSM tem limitações importantes, como a cobertura e a qualidade desiguais entre diferentes áreas, dependendo do nível de engajamento dos voluntários em cada região; ou categorização desigual dos elementos mapeados, como na classificação de vias informais, becos e similares. Neste artigo, são utilizados dados vetoriais de linhas identificadas como vias de carro, elementos que em geral possuem ampla cobertura e classificação consistente. Apesar disso, a numerosa quantidade de categorias, muitas das quais pouco expressivas, torna pertinente sua redução para uma hierarquia corrente entre as ruas, como pode ser visto na tabela 1. Para esse estudo, foram descartadas as ruas na categoria ‘Outros’ e consideradas aquelas na categoria ‘Serviço’ apenas quando dentro de Favelas e Comunidade Urbanas (IBGE, 2025).

Utiliza-se também o conjunto de dados Google Open Buildings, gerado de forma automatizada por meio de modelos de aprendizado profundo (*deep learning*) aplicados a imagens de satélite de alta resolução (majoritariamente 50 cm). Conforme detalhado por Sirko et al. (2021), a metodologia baseia-se em uma arquitetura de segmentação semântica que detecta a presença de estruturas prediais pixel a pixel, convertendo essas probabilidades em polígonos vetoriais associados a um grau de confiança. Diferentemente do OSM, que depende do esforço humano colaborativo, esta base oferece uma cobertura em larga escala com consistência temporal, mas desprovida de validação local ou categorização funcional.

As limitações metodológicas desta base decorrem intrinsecamente da natureza da detecção remota automática. A precisão do modelo é sensível a oclusões por vegetação densa, sombras projetadas e baixo contraste entre a cobertura e o solo. Um desafio crítico apontado pelos autores é a definição das instâncias das edificações: o algoritmo pode fundir estruturas adjacentes (sub-segmentação) ou, mais frequentemente em áreas informais, fragmentar uma única edificação em múltiplos polígonos (super-segmentação). Isso ocorre especialmente quando há variações de textura, cor ou desnível entre as diferentes águas do telhado ou lajes de cobertura.

Tabela 1: Relação entre categorias do OSM e as utilizadas

Categorias do OSM	Categorias Utilizadas
mortoway, motorway_link, trunk, trunk_link	Rodovia
primary, primary_link, secondary, secondary_link	Primária
tertiary, tertiary_link, residential	Residencial
services, service	Serviço
unclassified, track, footway, path, living_street, construction, steps, cycleway, pedestrian, proposed, busway, corridor, raceway, platform, bridleway, bus_stop, dummy, rest_area, road, escape, ladder, vicinal, elevator, destroyed, emergency_bay, planned, (outras)	Outro

Fonte: autores, 2025.

Embora a literatura trate a super-segmentação como um erro de contagem, essa característica mostra-se analiticamente valiosa para o escopo deste artigo. Devido ao processo de produção incremental das habitações (adensamento intralote), a distinção vetorial das folhas de telhado permite identificar diferentes etapas construtivas de uma mesma unidade. A variação material entre a casa original e um acréscimo posterior - como um "puxadinho" aos fundos ou uma nova cobertura no recuo lateral - tende a ser interpretada pelo algoritmo como elementos distintos. Portanto, essa particularidade metodológica acaba por favorecer a identificação da morfologia edilícia incremental típica destes territórios.

2.2 Procedimentos de Análise

Utilizou-se de PostGIS, Python e QGIS para tratamento e processamento dos dados, em quatro etapas: filtragem e pré-processamento dos dados; produção da tesselação morfológica (TM) em diferentes raios; cálculo de variáveis para as edificações e as TMs; e produção cartográfica.

Na primeira etapa, as bases passaram pelos seguintes tratamentos no PostGIS. A base de edificações passou por tratamento padrão de validade topológica, remoção de buracos e remoção de sobreposição entre as feições, priorizando-se a redução das feições de menor área. Apesar desta base de edificações possuir valores de confiança e haver maior chance de erros em pequenas feições, uma análise visual de favelas e comunidades urbanas e ocupações intralote permitiu identificar que estes casos são frequentemente falso-negativo e, por isso, optou-se por manter estas edificações na amostra. À filtragem das bases de vias e de endereços, apresentada na sessão anterior, acrescenta-se uma etapa de aderência das vias do OSM nas feições da própria camada, para evitar nós soltos ou pequenos desencontros de linhas.

Na segunda etapa, realizada em ambiente Python, foi realizado um processo de tesselação morfológica. As vias do OSM foram usadas para uma subdivisão do território em áreas de análise, sendo utilizadas tanto como filtro para processamento iterativo de partes do território, como para recortar as geometrias resultantes da tesselação e evitar sobreposições. As edificações com centroide contidas dentro de cada área de análise serviram como entrada da função de tesselação morfológica da biblioteca momepy (Fleischmann et al., 2019). Sumariamente, esta função transforma os contornos dos polígonos em pontos identificados, produz um diagrama de Voronoi mantendo a identificação destes pontos e dissolve as geometrias com este mesmo identificador, gerando um polígono que circundam cada geometria de entrada de modo sensível aos polígonos que o circundam.

Este algoritmo também permite definir um raio máximo a partir do polígono de entrada para produção da tesselação. Este parâmetro foi utilizado para produzir a tesselação morfológica em diferentes raios, nomeadamente para os raios de 1, 3, 6, 12, 24 e 48 metros. Destaca-se que se duas edificações estão à 6 metros de distância uma da outra, suas áreas morfológicas se encontram para o raio de 3 metros, pois considera-se ambos os lados. Novamente, a área da tesselação que ultrapassa algum eixo de via do OSM foi descartada.

Figura 1: Exemplo de Tesselação Morfológica



Fonte: autores, 2025.

Figura 2: Diferença na Tesselação Morfológica para diferentes raios (3, 6, 24 metros)



Fonte: autores, 2025.

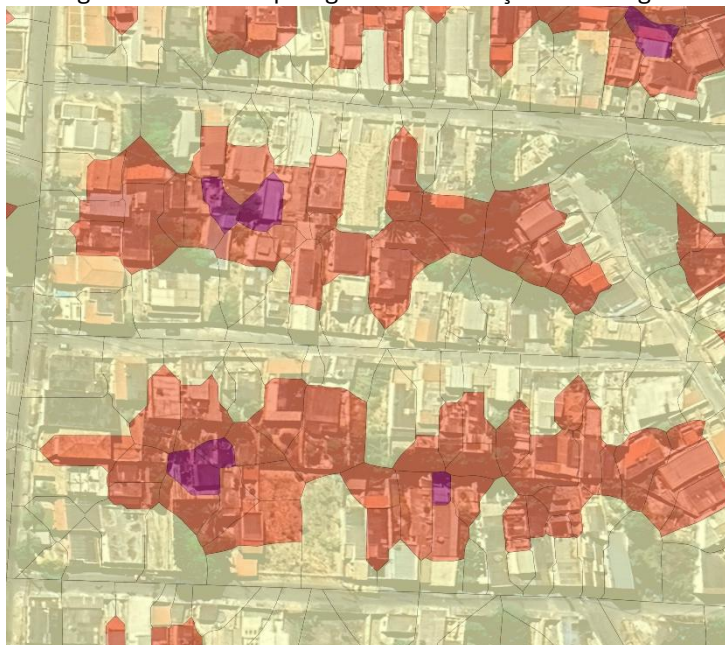
A aplicação da tesselação morfológica cumpre três funções metodológicas centrais neste estudo. Primeiramente, atua como um proxy para a definição de "pseudolotes" (ou células morfológicas) em contextos em que inexistente um cadastro fundiário oficial completo, alinhando-se à abordagem de Fleischmann (2020). Segundo, estabelece uma unidade espacial de referência (a célula) que facilita a agregação e associação de outras bases de dados heterogêneas. Terceiro, permite categorizar o espaço edificado não apenas pelo objeto isolado, mas pela sua relação com o entorno imediato, enriquecendo a compreensão da densidade e da paisagem urbana produzida.

Portanto, a etapa seguinte consiste no cálculo das variáveis: área, constrição e ordem. A primeira delas é um cálculo corrente de área. A segunda variável calculada é a de ordem, que representa quantos passos topológicos cada feição está da rua. Para este caso, foi utilizada a tesselação morfológica de raio 24m, dado que esta costuma preencher todas as quadras sem erroneamente associar edificações a vias muito distantes. Neste processo, as tesselações que encostam em alguma via, excluindo-se as de serviço, foram consideradas de ordem 0. Aquelas que não encostam em nenhuma via, mas encostam em uma área morfológica de ordem 0, serão consideradas de ordem 1, e assim sucessivamente. Em outras palavras, produziu-se uma matriz de "*queen-based contiguity*" a partir das vias para a TM de raio 24m. Esta variável permite separar as análises das edificações de frente daquelas de fundo, como pode ser visto na imagem abaixo.

A terceira variável representa se a edificação tem possibilidade de crescer, ou se ela se encontra estrangulada espacialmente. Esta variável foi produzida a partir da diferença de área da mesma edificação para diferentes raios de TM. Por exemplo, se a área da edificação é próxima da área morfológica para TM de raio de 3m, isso significa que a edificação está enclausurada por outras e, portanto, um aumento de raio não aumenta a

área morfológica. Do mesmo modo, se a área morfológica for muito maior que a área da edificação, isto significa que a feição não se encontra constrangida. Ao realizar este processo entre cada dupla de área para raios subsequentes, é possível identificar em qual raio esta edificação se torna constrangida, isto é, sem espaço para crescer.

Figura 3: Ordem Topológica da Tesselação Morfológica



Amarelo: ordem 0; laranja: ordem 1; roxo: ordem 2.

Fonte: autores, 2025.

Figura 4: Constrição das Edificações



Em cinza, edificações de ordem 0; em vermelho, edificações com menor constrição.

Fonte: autores, 2025.

3 RESULTADOS

Como dito anteriormente, o método descrito na sessão anterior foi reproduzido para toda Região Metropolitana de Belo Horizonte. Foram selecionados dois casos representativos e distintos entre si, ambos em Belo Horizonte, com a finalidade de demonstrar a potencialidade de aplicação deste método na caracterização e monitoramento do ambiente urbano.

O primeiro caso se encontra no vetor oeste de Belo Horizonte, e consiste numa ocupação informal consolidada denominada Cabana do Pai Tomás. Como é possível e esperado pelo desenho do método, as áreas informais tendem a terem valores de ordem elevadas, devido ao caráter incremental das edificações, e por em geral estarem adjacentes a vias de serviço, as quais foram desconsideradas no cálculo de ordem.

Nestas situações, é possível notar que as quadras costumam ter dimensões maiores, o que tende a aumentar o nível de ordem das edificações inseridas nestas quadras. Apesar disso, é interessante notar que mesmo em quadras mais esbeltas é possível identificar ordens elevadas naquelas áreas mais adensadas, enquanto em quadras formais, fora do perímetro em vermelho, a tendência é do nível de ordem se restringir até 2.

Outro fator interessante é a correlação entre as áreas verdes e o baixo nível de construção das edificações. É necessário análises posteriores para identificar se há outros fatores que implicam na manutenção destas áreas verdes intraquadra, como alta declividade ou baixa detecção das edificações devido a cobertura de árvores acima. Ainda assim, é possível afirmar a relação desta variável com áreas de interesse para fins ambientais e, para valores mais baixos, para identificação de áreas de atenção para questões habitacionais.

Figura 5 e 6: Ordem (esquerda) e Construção (direita)
da Cabana do Pai Tomás, em Belo Horizonte/MG



Fonte: autores, 2025.

O segundo caso encontra-se entre os bairros Alípio de Melo e Castelo, em Belo Horizonte. Construídos em períodos diferentes, o bairro Alípio de Melo (na região inferior nas imagens) é constituído de casas unifamiliares, em geral casas ou sobrados, com pouco ou nenhum recuo lateral e, em geral, com um recuo frontal de cerca de 3 metros e pouco espaço nas áreas dos fundos. Por este motivo, o nível de ordem destas quadras costuma ser próxima de 0, com ocasionais coberturas nas áreas de fundo e excepcionais construções de um segundo pavimento aos fundos, alterando a telha cerâmica convencional por uma laje de cobertura. Por esta taxa de ocupação elevada, há pouca vegetação e em geral no recuo frontal, e as taxas de constrição são altas.

O bairro Castelo, por sua vez, é de ocupação recente e caracterizado por um rápido adensamento de edificações multifamiliares verticais. Em geral com taxas de ocupação menores, com recuos em todas as faces do lote, há poucos casos de edificações de maior ordem ou e em geral com todas as edificações de alta constrição.

Figura 7 e 8: Ordem (esquerda) e Constrição (direita)
para os bairros Castelo e Alípio de Melo, em Belo Horizonte/MG



Fonte: autores, 2025.

Estes dois casos, brevemente apresentados, demonstram que o método tem potencial para ser aplicado em diversas situações, seja as de interesse ambiental ou habitacional, seja na caracterização de áreas consolidadas de difícil intervenção. Em ambos os casos, há a possibilidade de identificação de mudança não apenas da área edificada, mas também da área livre, verde ou não, apenas sendo necessário a atualização de imagens de sensoriamento remoto da área. Deste modo, torna-se possível considerar a possibilidade de definição de diretrizes para estas diferentes situações, seja considerando o estado atual do ambiente urbano, ou a tendência de mudança em um período determinado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

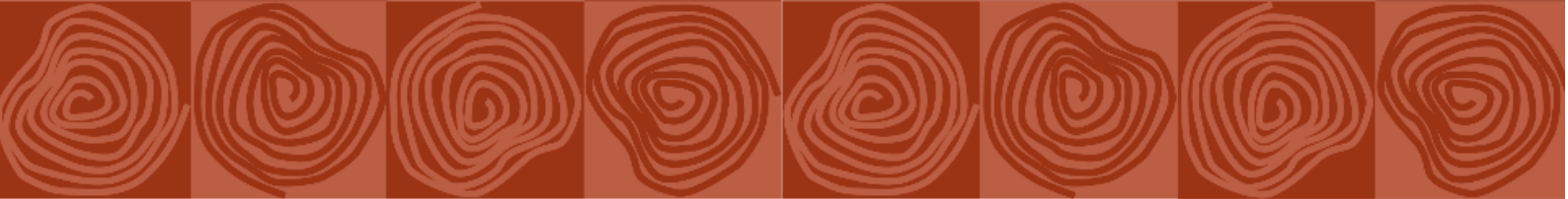
Ao integrar dados colaborativos do OpenStreetMap e detecção automatizada de edificações via sensoriamento remoto, o método proposto neste artigo mostra-se como uma ferramenta eficaz para a leitura da morfologia urbana e na identificação das dinâmicas de ocupação intraquadra. Mais do que uma simples contagem de edificações, a abordagem contribui no entendimento de como o tecido urbano se adensa, subsidiando práticos para o planejamento territorial e a gestão ambiental.

A identificação dos padrões de ocupação intraquadra oferece novas perspectivas para a formulação de políticas de adensamento, qualificando as estratégias de zoneamento e intervenção do poder público. Em áreas bem servidas por infraestrutura e transporte, onde o adensamento é desejável, a detecção dessa morfologia pode indicar a necessidade de instrumentos que qualifiquem as condições habitacionais. Por outro lado, em zonas de interesse para transformação urbana futura - onde se prevê a substituição tipológica (verticalização ou remembramento de lotes) -, o adensamento excessivo e fragmentado detectado pelo método pode indicar uma barreira econômica e fundiária para a renovação do tecido. Assim, o monitoramento contínuo dessas dinâmicas permite antecipar tendências e ajustar incentivos ou restrições construtivas antes que a consolidação do tecido inviabilize intervenções estruturantes.

Na dimensão ambiental, o método demonstrou ser um indicador crítico para a preservação da resiliência urbana. O "miolo de quadra" constitui, frequentemente, a última reserva de solo permeável e vegetado em áreas urbanas consolidadas. O monitoramento do avanço das edificações sobre esses espaços permite ação que impeça a supressão de áreas verdes privadas. Com esses dados, é possível desenhar diretrizes ambientais mais assertivas, como a exigência de taxas de permeabilidade específicas para quadras críticas ou programas de incentivo à manutenção de quintais vegetados, visando a mitigação de ilhas de calor e a melhoria da drenagem urbana.

Contudo, a aplicação deste método não é isenta de limitações. A cobertura do OpenStreetMap, por ser colaborativa, apresenta variações regionais de qualidade e completude, o que pode enviesar análises comparativas entre diferentes regiões urbanas. Da mesma forma, a base Google Open Buildings, embora robusta, está sujeita a imprecisões inerentes aos algoritmos de detecção, como a confusão em áreas com copas de árvores densas ou telhados não convencionais, ou dificuldades em separar edificações contíguas. Adicionalmente, observa-se uma limitação analítica na correlação geométrica: apesar de ainda carecer de quantificação com precisão, o estudo sugere como as características dimensionais da quadra influenciam a ocupação. Resta investigar, por exemplo, se quadras com maior profundidade tendem naturalmente a induzir um maior número de edificações de fundo, independentemente de fatores socioeconômicos.

Como desdobramento desta pesquisa, os próximos passos envolvem o aprofundamento das correlações morfométricas. Pretende-se cruzar os dados de ocupação obtidos com índices de forma das quadras, buscando isolar variáveis geométricas que induzem o adensamento. Além disso, é fundamental segmentar a análise por contextos geográficos e sociais distintos. A dinâmica da relação quadra-lote deve ser investigada separadamente em áreas de assentamentos informais, regiões de alta declividade ou áreas de proteção, uma vez que cada uma dessas situações urbanas impõe lógicas específicas de apropriação do espaço. Dessa forma, o método poderá evoluir de uma ferramenta de diagnóstico geral para um instrumento calibrado às especificidades da paisagem urbana em sua complexidade e diversidade.



REFERÊNCIAS

ARRIBAS-BEL, Daniel; FLEISCHMANN, Martin. Spatial signatures-understanding (urban) spaces through form and function. **Habitat International**, v. 128, p. 102641, 2022.

CASTEX, Jean; CELESTE, Patrick; PANERAI, Philippe. **Lecture d'Une Ville: Versailles**. Moniteur: Paris, 1976.

DIBBLE, Jacob et al. On the origin of spaces: Morphometric foundations of urban form evolution. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 46, n. 4, p. 707-730, 2019.

FLEISCHMANN, Martin. Momepy: Urban morphology measuring toolkit. **Journal of Open Source Software**, v. 4, n. 43, p. 1807, 2019.

FLEISCHMANN, Martin et al. Morphological tessellation as a way of partitioning space: Improving consistency in urban morphology at the plot scale. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 80, p. 101441, 2020.

FLEISCHMANN, Martin; FELICIOTTI, Alessandra; KERR, William. Evolution of urban patterns: Urban morphology as an open reproducible data science. **Geographical Analysis**, v. 54, n. 3, p. 536-558, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022: favelas e comunidades urbanas**: resultados do universo / IBGE. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.

OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS (OSM). **OpenStreetMap database** [Banco de dados]. Cambridge, UK: OpenStreetMap Foundation, 2025.

SIRKO, Wojciech et al. Continental-scale building detection from high resolution satellite imagery. **arXiv preprint arXiv:2107.12283**, 2021.

SOLÀ-MORALES, Manuel. **Las formas de crecimiento urbano**. Universidad Politècnica de Catalunya, 1997.