



COLEÇÃO
ESTUDOS
CARIOCAS

A expansão em altura do Rio de Janeiro: analisando a urbanização vertical através de mudanças em modelos de elevação

The upward expansion of Rio de Janeiro: analyzing vertical urbanization through elevation model change

La expansión en altura de Río de Janeiro: analizando la urbanización vertical mediante cambios en modelos de elevación

Luiz Carlos Teixeira Coelho^{1*}, Felipe Cerbella Mandarino², Leandro Gomes Souza³, Adriana Mendes de Pinho Vial⁴, and Vania Regina Amorim da Silva⁵

¹Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, R. Gago Coutinho, 52 - Laranjeiras, Rio de Janeiro - RJ, 22221-070, ORCID 0000-0002-4466-9772, lcteixeiracoelho@prefeitura.rio

²Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, R. Gago Coutinho, 52 - Laranjeiras, Rio de Janeiro - RJ, 22221-070, ORCID 0000-0001-9576-5257, felipe.mandarino@prefeitura.rio

³Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, R. Gago Coutinho, 52 - Laranjeiras, Rio de Janeiro - RJ, 22221-070, ORCID 0009-0005-4384-6887, leandro.souza@prefeitura.rio

⁴Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, R. Gago Coutinho, 52 - Laranjeiras, Rio de Janeiro - RJ, 22221-070, ORCID 0009-0001-2626-0359, adriana.vial@prefeitura.rio

⁵Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, R. Gago Coutinho, 52 - Laranjeiras, Rio de Janeiro - RJ, 22221-070, ORCID 0009-0001-7222-9280, vaniaregina@prefeitura.rio

Volume

13

Edição

4

*Autor(a) correspondente

lcteixeiracoelho@prefeitura.rio

Submetido em 14 nov 2025

Aceito em 06 dez 2025

Publicado em 30 dez 2025

Como Citar?

TEIXEIRA COELHO, L. C. et al. A expansão em altura do Rio de Janeiro: analisando a urbanização vertical através de mudanças em modelos de elevação. *Coleção Estudos Cariocas*, v. 13, n. 4, 2025.

DOI: 10.71256/19847203.13.4.193.2025.

O artigo foi originalmente submetido em INGLÊS. As traduções para outros idiomas foram revisadas e validadas pelos autores e pela equipe editorial. No entanto, para a representação mais precisa do tema abordado, recomenda-se que os leitores consultem o artigo em seu idioma original.

Resumo

Este estudo analisa o crescimento urbano vertical no Rio de Janeiro utilizando modelos digitais de elevação de 2013, 2019 e 2024. Por meio de processamento geoespacial e filtragem, foi criado um conjunto de dados raster unificado para identificar áreas de demolição, construção e estabilidade. A metodologia apoia aplicações como o monitoramento de assentamentos informais, avaliação de riscos ambientais, visualização 3D, planejamento urbano e mapeamento interativo, fornecendo uma ferramenta para uma análise abrangente da mudança urbana.

Palavras-chave: crescimento urbano, modelo digital de elevações, LiDAR, fotogrametria, Rio de Janeiro

Abstract

This study analyzes vertical urban growth in Rio de Janeiro using digital elevation models from 2013, 2019, and 2024. Through geospatial processing and filtering, a unified raster dataset was created to identify demolition, construction, and stable areas. The methodology supports applications such as monitoring informal settlements, assessing environmental risks, 3D visualization, urban planning, and interactive mapping, providing a tool for comprehensive urban change analysis.

Keywords: urban growth, digital elevation model, LiDAR, photogrammetry, Rio de Janeiro

Resumen

Este estudio analiza el crecimiento urbano vertical en Río de Janeiro utilizando modelos digitales de elevación de 2013, 2019 y 2024. Mediante procesamiento geoespacial y filtrado, se creó un conjunto de datos raster unificado para identificar áreas de demolición, construcción y estabilidad. La metodología sirve para aplicaciones como monitoreo de asentamientos informales, evaluación de riesgos ambientales, visualización 3D, planificación urbana y mapeo interactivo, proporcionando una herramienta para un análisis integral del cambio urbano.

Palabras clave: crecimiento urbano, modelo digital de elevación, LiDAR, fotogrametría, Río de Janeiro

OPEN ACCESS



1 Introdução

1.1 O impacto do crescimento urbano vertical descontrolado no Rio de Janeiro

A cidade do Rio de Janeiro é caracterizada por uma dinâmica altamente complexa em seu mercado imobiliário formal e informal. Composta por um mosaico de vales e montanhas, as áreas planas foram historicamente privilegiadas como espaços de ocupação nobre, enquanto construções irregulares proliferaram em áreas de menor interesse imobiliário, como encostas, áreas alagadiças e territórios mais afastados do centro. Nos últimos anos, essa dinâmica tornou-se ainda mais complexa, uma vez que as limitações à expansão horizontal de favelas, loteamentos e ocupações levaram a uma verticalização mais acentuada — seja pela adição de pavimentos a edificações existentes, seja pela construção irregular de edifícios multifamiliares.

No passado, as favelas se expandiram de forma precária, com novos barracos sendo adicionados a áreas desmatadas. Contudo, à medida que o solo disponível se tornou escasso e o crime organizado passou a controlar grandes assentamentos informais, os padrões de construção irregular passaram a se assemelhar aos de condomínios e edifícios residenciais de classe média. Infelizmente, a estrutura dessas edificações frequentemente não é adequada, o que resulta em episódios como o desabamento de dois edifícios irregulares de cinco andares no bairro da Muzema, ilustrado na Figura 1 e amplamente noticiado pela imprensa.



Figura 1: Desabamento de dois edifícios construídos irregularmente no bairro da Muzema.

Fonte: Claudia Martini (sob licença Creative Commons), 2019.

Tais tendências apresentam riscos significativos aos moradores, reduzem as áreas verdes urbanas e aumentam a temperatura da superfície do solo (Yuan et al., 2021). A precariedade das construções — especialmente em bairros populares e favelas — torna essas áreas suscetíveis a diversos tipos de acidentes e riscos naturais. Os principais atores envolvidos na gestão urbana precisam dispor de ferramentas que permitam compreender não apenas como a cidade se expande horizontalmente, mas também como novos pavimentos são adicionados às construções existentes.

Além disso, o Rio de Janeiro enfrenta um desafio comum em toda a América Latina: a expansão informal mesmo em áreas formalizadas. Isso ocorre quando moradores de classe média frequentemente autoconstróem e modificam suas residências sem solicitar licenças oficiais ao município. Dessa forma, a gestão da expansão urbana informal — desafio compartilhado pelo Rio de Janeiro com muitas cidades latino-americanas — é severamente dificultada pela ausência de um sistema cadastral moderno. Tal sistema requer uma base cartográfica continuamente atualizada e dinamicamente vinculada a um banco de dados geográficos que integre informações administrativas, fiscais e territoriais.

1.2 A evolução dos cadastros oficiais de favelas no Rio de Janeiro

Há mais de quarenta anos, o Instituto Pereira Passos monitora a evolução dos assentamentos de baixa renda na cidade do Rio de Janeiro. Em 1982, foi instituído o primeiro cadastro de favelas no então IPLANRIO. Com a introdução gradual de melhorias e novos recursos tecnológicos, esse registro evoluiu para o Sistema de Assentamentos de Baixa Renda — SABREN, atualmente disponível na plataforma DATA.RIO para toda a Administração Municipal e para a sociedade civil.

Entre 1999 e 2019, apenas a expansão horizontal das áreas de favelas foi medida por meio da comparação com anos anteriores. O crescimento vertical não foi contabilizado, apesar de já ser observado há algum tempo em diversas partes da cidade, especialmente nas Áreas de Planejamento 1 e 2, que correspondem aproximadamente ao Centro, à Zona Sul e à Grande Tijuca. No contexto das favelas, o crescimento vertical resulta principalmente da escassez de áreas disponíveis para expansão horizontal e da insuficiência de políticas públicas habitacionais. Ele tende a ocorrer em favelas já densamente ocupadas, onde o valor da terra é mais elevado.

Esse crescimento vertical desordenado gera diversos problemas ambientais e sociais, uma vez que nem sempre é acompanhado de planejamento adequado para garantir um desenvolvimento urbano equilibrado e preservar a qualidade de vida da população. Os efeitos ambientais e sociais são majoritariamente negativos e tornam-se ainda mais intensos em áreas de baixa renda, pois muitas construções são irregulares e localizam-se em zonas ambientalmente frágeis.

Entre os impactos ambientais mais frequentes destacam-se o sombreamento de espaços públicos por edificações; o desconforto térmico causado pela má circulação do ar, favorecendo a formação de ilhas de calor; e o aumento da poluição do ar e sonora. Além disso, há maior risco de enchentes e deslizamentos, especialmente em áreas mais vulneráveis, bem como aumento da demanda por recursos naturais. Do ponto de vista social, esse processo pressiona a infraestrutura e os serviços públicos, além de gerar impactos negativos na mobilidade urbana. Em síntese, esse tipo de crescimento pode agravar problemas urbanos já existentes, resultando em sobrecarga da infraestrutura e riscos à segurança dos moradores.

1.3 Dados geoespaciais tridimensionais como meio de compreensão do crescimento urbano

No contexto desafiador do Rio de Janeiro, onde a construção irregular é generalizada e frequentemente ocorre de forma vertical, é fundamental que a gestão urbana compreenda de maneira aprofundada a localização e a natureza desse crescimento ascendente, particularmente nos assentamentos informais conhecidos como favelas. Os métodos convencionais de classificação de imagens tendem a se concentrar na expansão urbana horizontal; no entanto, avaliar e compreender com precisão o crescimento vertical é essencial para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes que atendam às necessidades de uma população em constante transformação.

Até recentemente, as análises do crescimento informal baseavam-se exclusivamente em bases cartográficas planimétricas, como mosaicos de ortoimagens, que permitiam apenas o monitoramento da expansão horizontal da cidade. Embora estivessem disponíveis dados altimétricos do último levantamento fotogramétrico realizado em 2013 (com alturas de edificações registradas como atributos em banco de dados), essas informações careciam de representação espacial intrínseca, o que constituía uma limitação significativa para análises verticais detalhadas.

Essa limitação foi superada de forma decisiva em 2019, com a realização de um levantamento planialtimétrico abrangente utilizando tecnologia LiDAR de alta resolução. Esse avanço na coleta de dados produziu um retrato detalhado que capturou não apenas o relevo natural, mas também todas as estruturas e edificações do município. O levantamento subsequente de 2024, novamente cobrindo todo o território, forneceu um segundo modelo tridimensional da superfície, igualmente detalhado, possibilitando finalmente a comparação temporal direta e precisa do crescimento vertical.

Este artigo apresenta uma metodologia para a comparação dos dados de polígonos de edificações de 2013 com os Modelos Digitais de Elevação derivados de LiDAR de 2019 e 2024, com o objetivo de avaliar o crescimento vertical multitemporal no Rio de Janeiro. São abordados os desafios de integração dessas bases de dados distintas e discutida a viabilidade do uso dessa abordagem como uma fonte confiável de informação. O artigo inicia-se com uma descrição detalhada de cada base de dados, incluindo sua precisão e limitações. Em seguida, são apresentados os procedimentos e o fluxo de trabalho adotados, seguidos da análise dos resultados obtidos por meio de operações algébricas geoespaciais. Por fim, avaliam-se as potenciais aplicações desses dados como um recurso valioso para a compreensão do crescimento urbano no Rio de Janeiro.

2 Materiais e Métodos

Os materiais e métodos utilizados neste estudo são descritos a seguir. Para fins ilustrativos, as figuras apresentadas nesta seção retratam a mesma área da Rocinha; no entanto, a análise foi realizada com os conjuntos de dados completos que abrangem todo o município do Rio de Janeiro.

2.1 Bases de dados geoespaciais utilizadas neste estudo

Este estudo utilizou uma série de bases de dados geoespaciais, incluindo polígonos de edificações, nuvens de pontos LiDAR, curvas de nível, modelos digitais de elevação e ortoimagens.

2.1.1 Polígonos de edificações obtidos por restituição fotogramétrica (referenciados a 2013 e 2019)

Entre 2015 e 2020, foi compilada uma base de dados vetorial abrangente dos polígonos de edificações de todo o município do Rio de Janeiro por meio de técnicas de restituição fotogramétrica (Coelho; Brito, 2007; Kraus, 1992), com base em imagens aéreas adquiridas em 2013 (Topocart Aerolevantamentos, 2013). Esse conjunto de dados fornece uma representação planimétrica e altimétrica detalhada de todas as edificações existentes na cidade naquele ano. Conforme ilustrado na Figura 2, a base de dados é composta por polígonos vetoriais com atributos de altura armazenados como coordenadas tridimensionais, oferecendo uma representação contínua das elevações das edificações. Os dados atendem ao padrão de acurácia Classe A da PEC-PCD na escala 1:2000 para bases de dados geoespaciais, com erro padrão vertical de 0,17 m (Comissão Nacional de Cartografia, 2016).

Todos os polígonos estão georreferenciados no sistema de coordenadas UTM, zona 23S, utilizando o datum horizontal SIRGAS 2000 e o marégrafo de Imbituba como referência vertical. Ademais, essa base de dados de edificações foi atualizada em 2023. Para essa tarefa, foi utilizado o aerolevanteamento de 2019 (ortoimagens e modelos digitais de elevação), resultando na geração de um conjunto adicional de polígonos de edificações (Figura 3).



Figura 2: Polígonos de edificações derivados da restituição fotogramétrica de 2013



Figura 3: Polígonos de edificações atualizados com base na ortoimagem de 2019

2.1.2 Modelo digital do terreno baseado em curvas de nível fotogramétricas (referenciado a 2013)

Um modelo digital do terreno (MDT) foi gerado em 2013 por meio da correlação estereoscópica de imagens aéreas ópticas (Kreiling, 2009). Esse processo também produziu cartas na escala 1:2000 e curvas de nível (Figura 4), que posteriormente foram interpoladas para a geração de um modelo contínuo de elevação. O MDT resultante atende ao padrão de acurácia Classe A da PEC-PCD na escala 1:2000, apresentando erro padrão vertical de 0,33 m (Comissão Nacional de Cartografia, 2016). As curvas de nível e o MDT estão referenciados ao sistema UTM, zona 23S (datum horizontal SIRGAS 2000 e datum vertical de Imbituba).

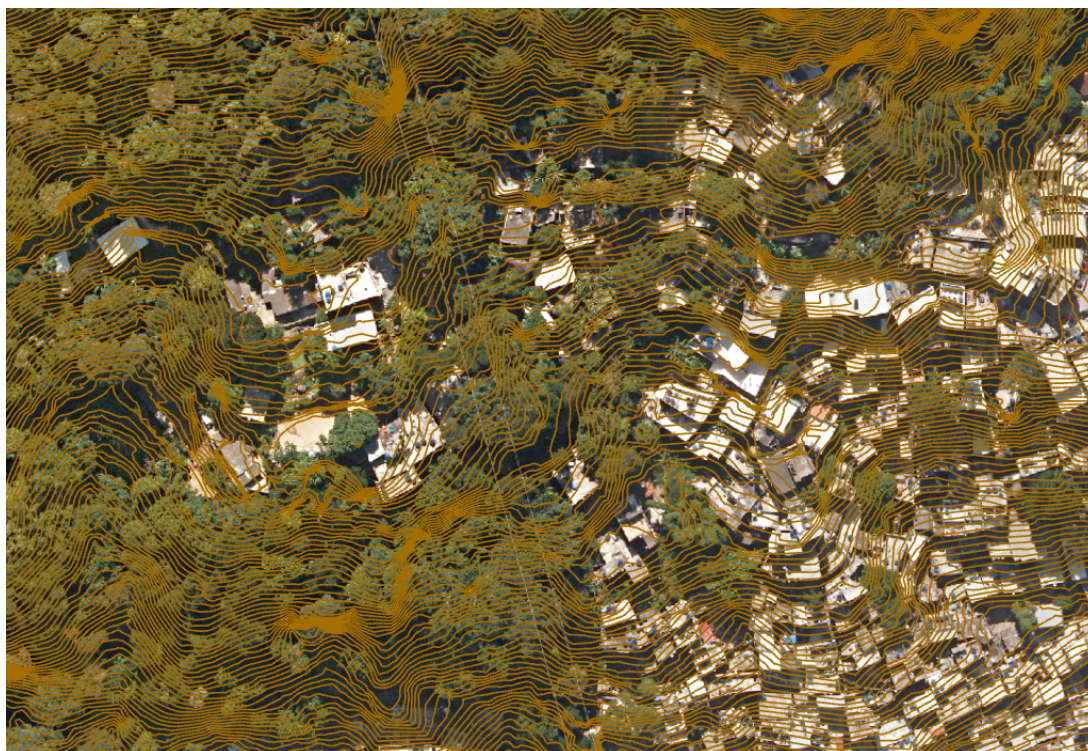


Figura 4: Curvas de nível derivadas da restituição fotogramétrica de 2013

2.1.3 Modelo digital de elevação obtido por LiDAR (referenciado a 2019)

Em 2019, foi realizado um levantamento LiDAR (Light Detection and Ranging) em todo o município, com densidade de 8 pontos por m². Esse levantamento gerou tanto modelos digitais do terreno (MDT) quanto modelos digitais de superfície (MDS), capturando superfícies do solo e feições elevadas, como edificações, vegetação e infraestrutura (Wolf; Dewitt; Wilkinson, 2014). O levantamento, executado pela empresa Topocart Aerolevantamentos com o equipamento Trimble Harrier (Topocart Aerolevantamentos, 2019), forneceu produtos nos formatos .LAS (nuvem de pontos) e raster. Conforme apresentado na Figura 5, os produtos atendem ao padrão PEC-PCD Classe A na escala 1:5000, com erro padrão vertical de 0,34 m para os dados altimétricos (Comissão Nacional de Cartografia, 2016).

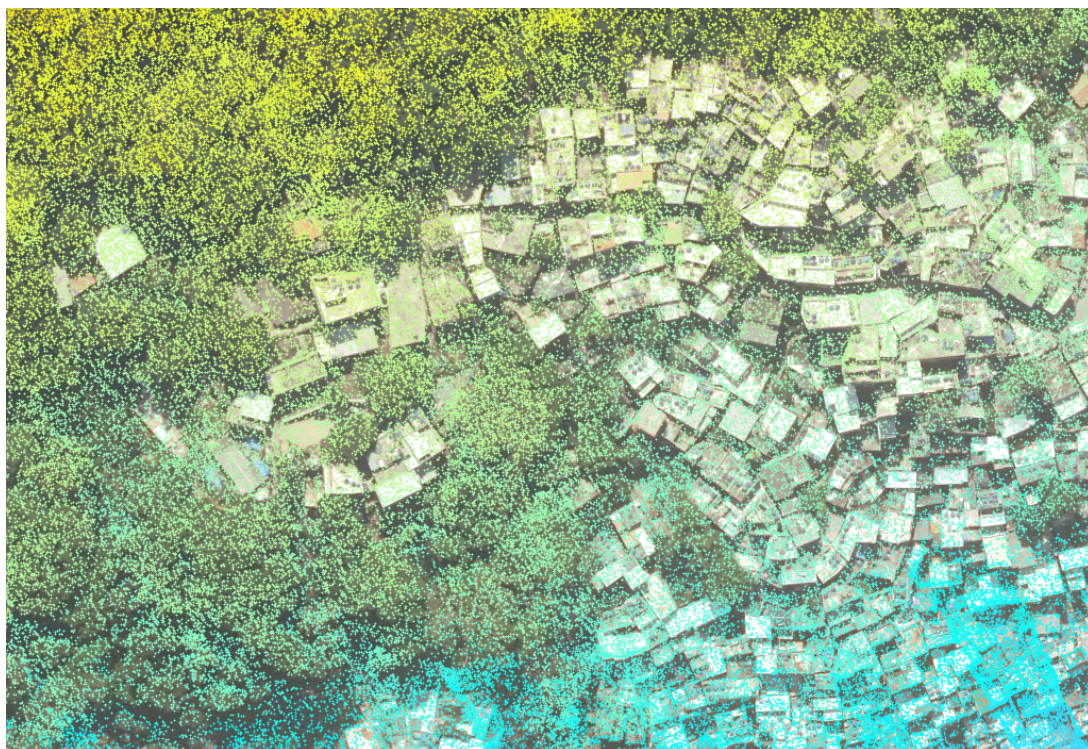


Figura 5: Nuvem de pontos LiDAR (8 pontos/m²) sobreposta à ortoimagem, ambas adquiridas no levantamento de 2019

2.1.4 Modelo digital de elevação obtido por LiDAR (referenciado a 2024)

Um segundo levantamento LiDAR em escala municipal foi realizado em 2024, mantendo a mesma densidade de 8 pontos por m². Esse levantamento também produziu MDTs e MDSs, assegurando consistência metodológica com a campanha de 2019. O aerolevanteamento foi executado pela Topocart Aerolevanteamentos utilizando o sistema Optech Galaxy Prime+ (Topocart Aerolevanteamentos, 2024). Os produtos entregues — disponíveis nos formatos .LAS e raster (Figura 6) — atendem aos mesmos padrões de acurácia PEC-PCD Classe A na escala 1:5000 (erro padrão vertical: 0,34 m), garantindo total compatibilidade entre os dois conjuntos de dados temporais (Comissão Nacional de Cartografia, 2016).

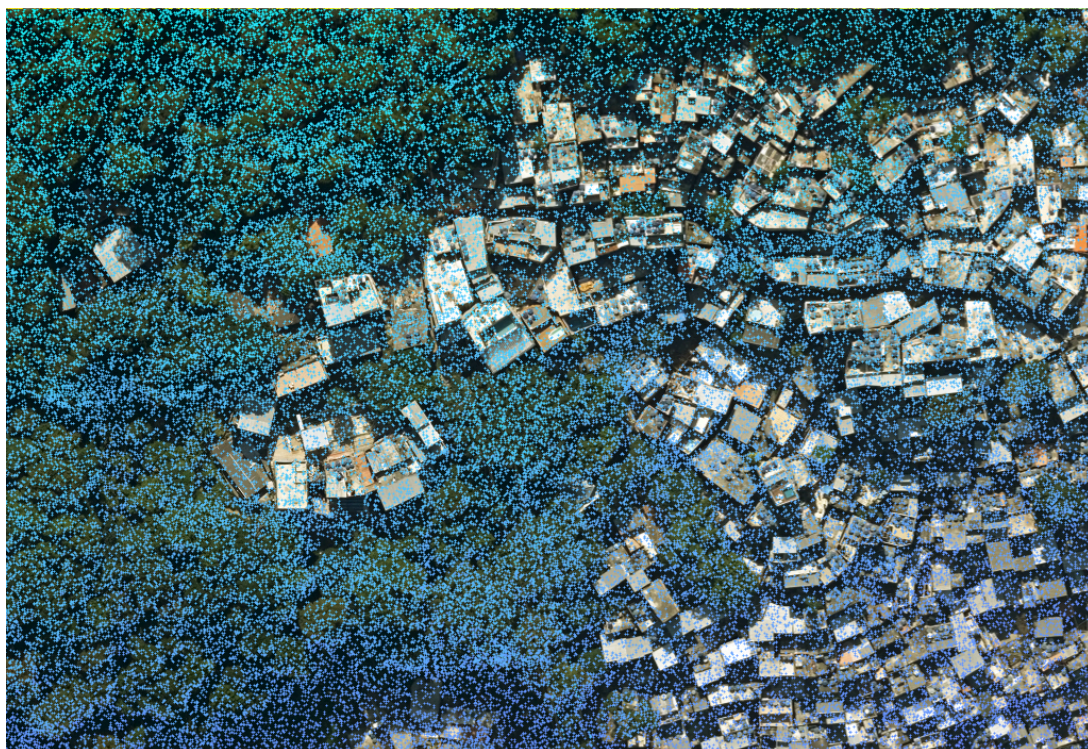


Figura 6: Nuvem de pontos LiDAR (8 pontos/m²) sobreposta à ortoimagem, ambas adquiridas no levantamento de 2024

2.1.5 Ortoimagens verdadeiras (referenciadas a 2013, 2019 e 2024)

O aerolevanteamento que originou a restituição fotogramétrica de 2013 também produziu ortoimagens obtidas por meio da retificação diferencial das imagens aéreas utilizando um modelo digital do terreno e, portanto, não podem ser consideradas “ortofotos verdadeiras”. Ainda assim, essas imagens foram utilizadas principalmente para a análise da distribuição geral do ambiente construído naquele ano.

A Figura 7 apresenta uma amostra desse produto para a mesma área da Rocinha utilizada em todos os produtos geoespaciais exemplificados nesta seção. De forma simultânea aos levantamentos LiDAR, sensores digitais pancromáticos capturaram imagens aéreas do Rio de Janeiro em 2019 e 2024. Essas imagens foram ortorretificadas (Lerma García, 2002; Mikhail; Bethel; McGlone, 2001) utilizando os modelos de elevação derivados do LiDAR correspondente, resultando em “ortofotos verdadeiras”, que eliminam de forma eficaz as distorções de paralaxe ao considerar as alturas do terreno e dos objetos (Brito, 1997). As ortoimagens incluem as bandas espectrais azul, verde, vermelha e infravermelho próximo e atendem ao padrão de acurácia PEC-PCD Classe A na escala 1:5000, com erro padrão planimétrico de 0,85 m (Comissão Nacional de Cartografia, 2016). Todas as imagens estão georreferenciadas ao sistema UTM, zona 23S (SIRGAS 2000), utilizando o datum vertical de Imituba. As Figuras 8 e 9 apresentam exemplos dessas ortofotos.



Figura 7: Ortoimagem obtida juntamente com a restituição fotogramétrica de 2013



Figura 8: Ortoimagem verdadeira obtida juntamente com o levantamento fotogramétrico de 2019



Figura 9: Ortoimagem verdadeira obtida juntamente com o levantamento fotogramétrico de 2024

2.2 Metodologia

Esta pesquisa buscou analisar os padrões espaço-temporais do crescimento urbano vertical no Rio de Janeiro ao longo de três anos distintos: 2013, 2019 e 2024. A metodologia proposta envolveu uma análise comparativa de modelos digitais de elevação (MDEs) por meio de álgebra de mapas raster. Ao subtrair sequencialmente modelos de elevação anteriores dos subsequentes, o processo gerou uma superfície diferencial. Esse produto classifica a mudança urbana: valores positivos indicam novas construções e expansão vertical, valores negativos significam a demolição de estruturas, e valores nulos (ou próximos a zero) representam áreas de estabilidade sem mudança vertical.

Trabalhos anteriores já foram realizados comparando conjuntos semelhantes de imagens pancromáticas e modelos digitais de terreno (Tian; Cui; Reinartz, 2014). No caso do Rio de Janeiro, contudo, há algumas ressalvas quanto ao uso de metodologias concebidas para a comparação de conjuntos de dados similares. Neste caso específico, os produtos de 2013 são bastante diferentes em natureza, de modo que foi necessário adotar uma estratégia específica. Todas as etapas metodológicas foram realizadas no ArcGIS Pro 3.0 (e versões superiores) e são detalhadas a seguir.

2.2.1 Geração de um modelo de elevação de edificações para 2013

Um modelo de elevação híbrido foi gerado para todo o município referente a 2013 por meio da integração de vetores de edificações extrudadas com um modelo digital de terreno (MDT) do terreno nu. Esse modelo sintético representa um modelo de elevação de edificações (*building elevation model* – BEM), uma vez que captura as alturas das edificações, excluindo a vegetação e outras estruturas não edificadas.

O fluxo de processamento iniciou-se com os vetores de edificações de 2013 restituídos fotogrametricamente. Esses polígonos 2D foram inicialmente convertidos em feições multipatch 3D, extrudando cada edificação com base no atributo de

altura registrado, de modo a criar uma representação tridimensional contínua que incluiu elementos arquitetônicos complexos, como varandas, marquises e terraços.

Esse multipatch 3D foi então convertido para o formato raster com resolução espacial de 0,5 m por pixel, resultando em um modelo de elevação das edificações (Figura 10). Essa resolução foi escolhida para equilibrar a eficiência do processamento em escala municipal com a necessidade de representar individualmente as edificações com precisão.



Figura 10: Pegadas das edificações estudadas de acordo com a altitude do telhado

O modelo sintético final da cidade foi criado a partir da fusão desse raster de elevação das edificações com um MDT de resolução de 0,5 m derivado de curvas de nível fotogramétricas de 2013. Nessa fusão, os valores do raster das edificações sobrepuseram os valores do MDT em suas localizações correspondentes, posicionando efetivamente as edificações 3D sobre a superfície do terreno (Figura 11). O modelo composto foi recortado ao limite municipal oficial e reamostrado para uma resolução consistente de 0,5 m/pixel para fins de análise.

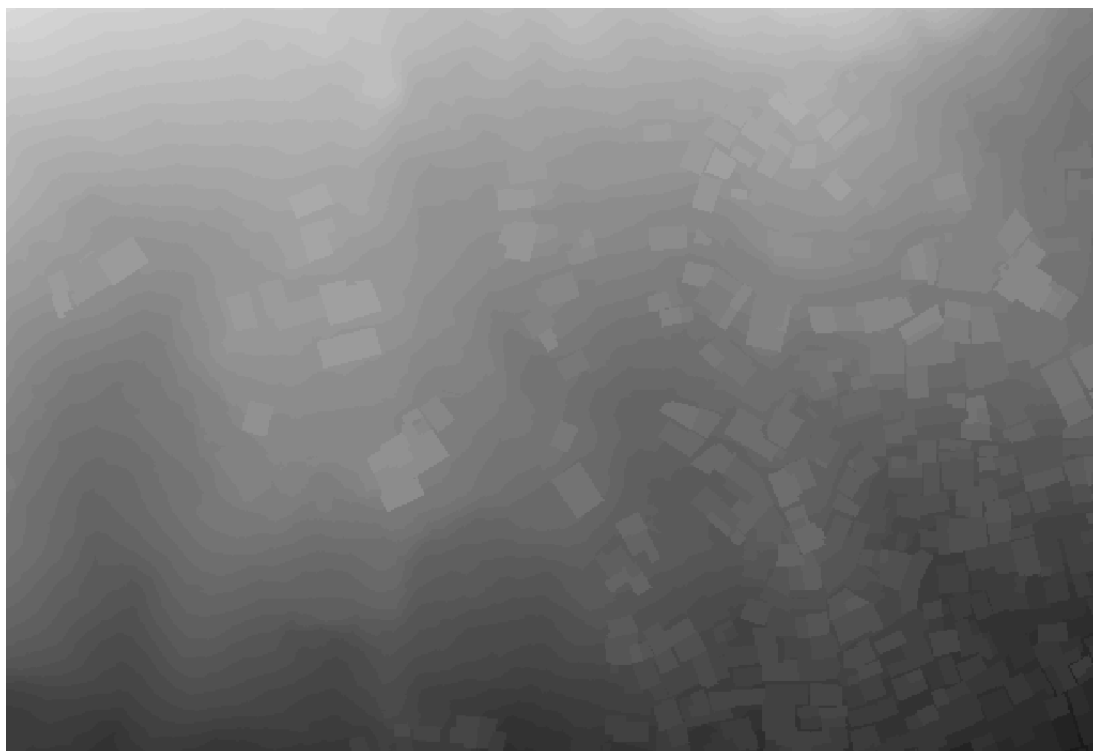


Figura 11: Modelo de elevação de edificações para 2013

2.2.2 Criação dos modelos de elevação de edificações para 2019 e 2024

Em contraste com o modelo sintético de 2013, os conjuntos de dados de 2019 e 2024 foram derivados de nuvens de pontos LiDAR, que representam modelos de superfície reais, capturando edificações, terreno, vegetação e outros elementos urbanos. Para garantir a comparabilidade com o modelo de elevação de edificações de 2013 (BEM), os arquivos .LAS foram filtrados para excluir pontos classificados como vegetação média e alta (ASPRS, 2018). Esse processo manteve os pontos classificados como edificações, solo e vegetação baixa — esta última apresentando um perfil de elevação semelhante ao do terreno.

As nuvens de pontos filtradas foram então convertidas em modelos raster contínuos de superfície digital (DSMs), com resolução espacial de 0,5 m. Por fim, esses DSMs foram recortados ao limite municipal oficial, resultando em dois modelos raster (Figuras 12 e 13) funcionalmente compatíveis com o BEM de 2013 para a análise subsequente de detecção de mudanças.

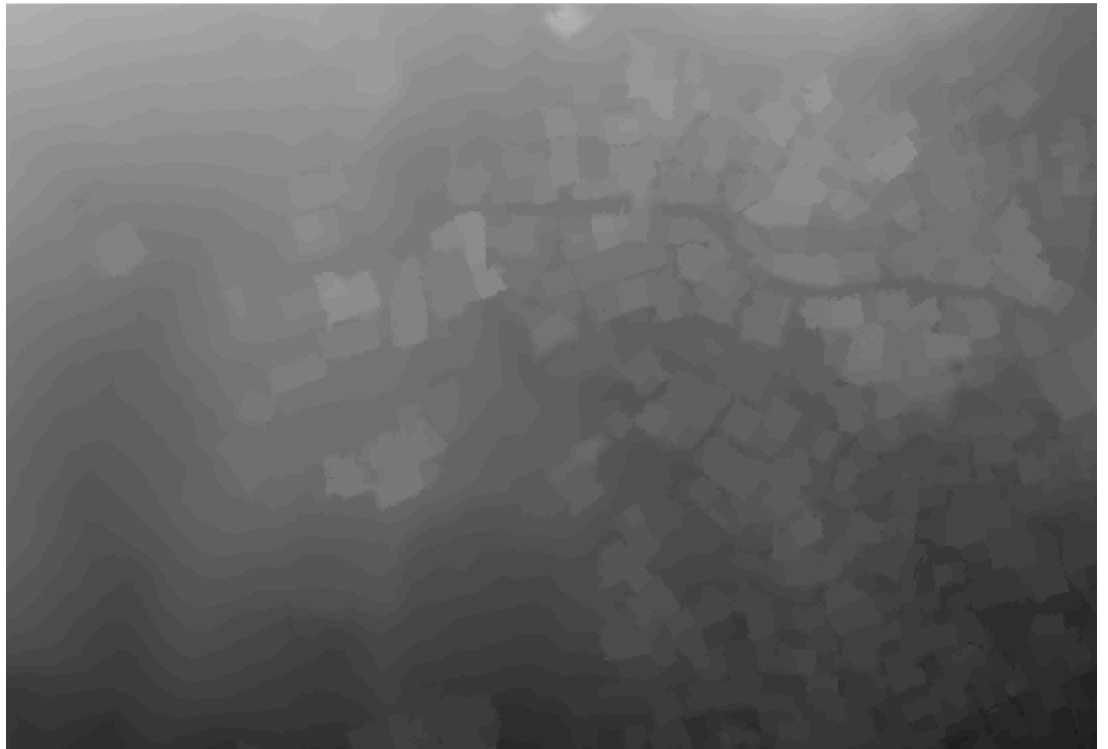


Figura 12: Modelo de elevação de edificações para 2019

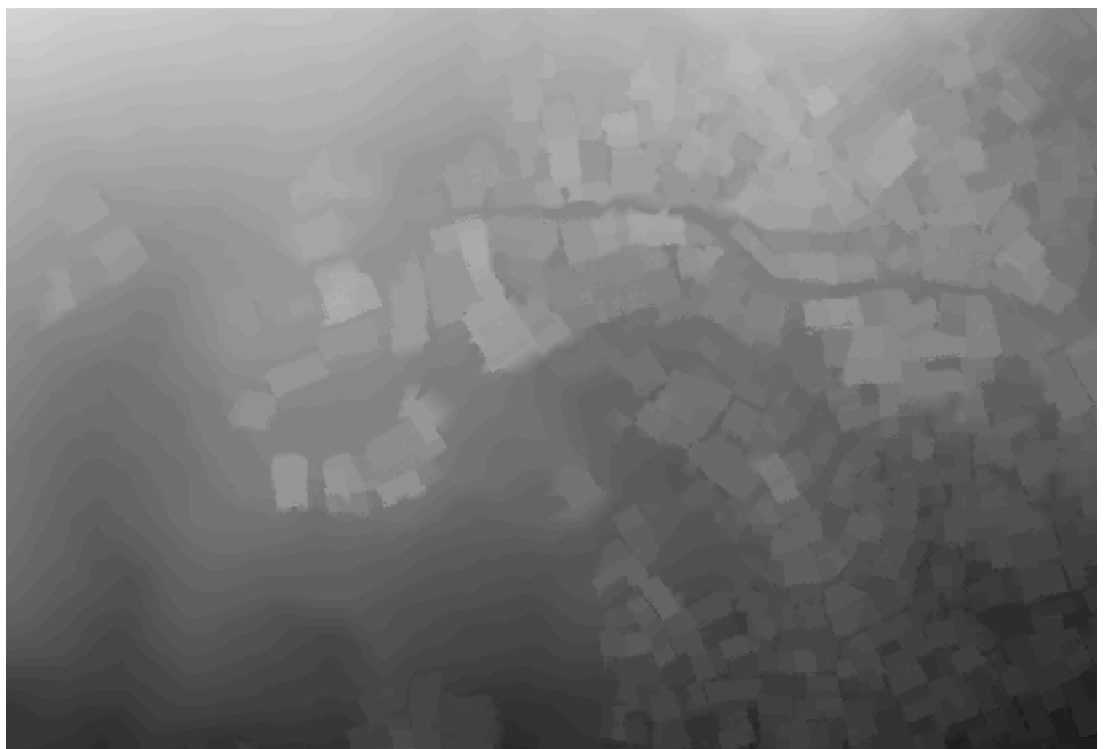


Figura 13: Modelo de elevação de edificações para 2024

2.2.3 Subtração de Modelos Digitais de Elevação (álgebra de mapas)

Ambos os conjuntos de dados raster foram submetidos a uma operação de subtração por álgebra de mapas, que calculou a diferença de altura dos pixels sobrepostos nas duas imagens. O produto resultante indica as áreas onde houve diferença positiva significativa (indicando crescimento vertical), diferença negativa (indicando demolição) ou nenhuma diferença (indicando ausência de mudança vertical). A Figura 14 apresenta um diagrama dos possíveis resultados derivados da

subtração dos modelos.

Cabe ressaltar, entretanto, que a análise pode ser afetada por erros causados pela cobertura vegetal e por estruturas não classificadas como edificações, o que pode levar a resultados imprecisos. Além disso, pequenos erros podem decorrer do desalinhamento raster, embora o tamanho reduzido dos pixels seja suficiente para garantir que isso não resulte na identificação de novas atividades construtivas.

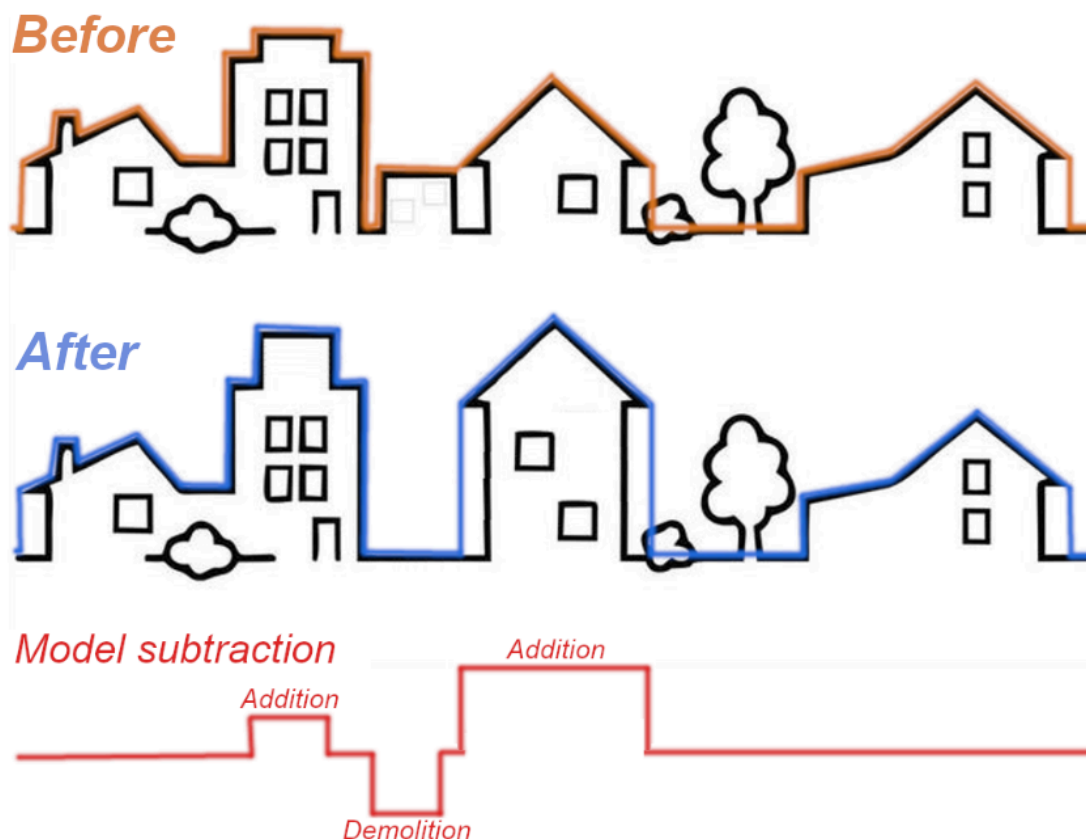


Figura 14: Diagrama esquemático dos possíveis resultados derivados da subtração dos modelos

2.2.4 Procedimentos de filtragem

O índice NDVI (*normalized difference vegetation index* – índice de vegetação por diferença normalizada) é utilizado para identificar vegetação saudável. Ele é calculado subtraindo-se o valor da luz refletida na banda do infravermelho próximo (*NIR* - *Near Infrared*) do valor da luz refletida na banda do vermelho (*Red*), e dividindo-se o resultado pela soma de ambos os valores, conforme apresentado na Equação 1 (Lillesand; Kiefer; Chipman, 2015). O índice é calculado pixel a pixel para toda a imagem, produzindo valores que variam de -1 a 1. Valores acima de 0,4 indicam a presença de vegetação saudável.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

Utilizando os valores de NDVI para todo o território municipal, foi gerada uma máscara binária, atribuindo valor 0 aos pixels cujo índice é inferior a 0,4 e valor 1 aos pixels cujo índice é maior ou igual a 0,4. Essa máscara foi aplicada ao resultado da subtração dos mapas para eliminar a maior parte dos artefatos causados pela presença de árvores nos modelos de 2019 e 2024, restringindo assim a análise às áreas não vegetadas.

Procedimentos adicionais também foram realizados para remover ruídos da imagem em áreas rochosas, asfaltadas e corpos d'água. Afloramentos rochosos e corpos hídricos foram mascarados utilizando os polígonos de uso do solo de 2019, e foi aplicado um filtro morfológico (*Ibid.*), por meio de uma erosão de 1 pixel seguida de uma dilatação de 1 pixel.

A Figura 15 demonstra como esses procedimentos, em conjunto com a filtragem por NDVI, contribuíram para remover uma quantidade significativa de ruído do Modelo Digital de Elevação original.

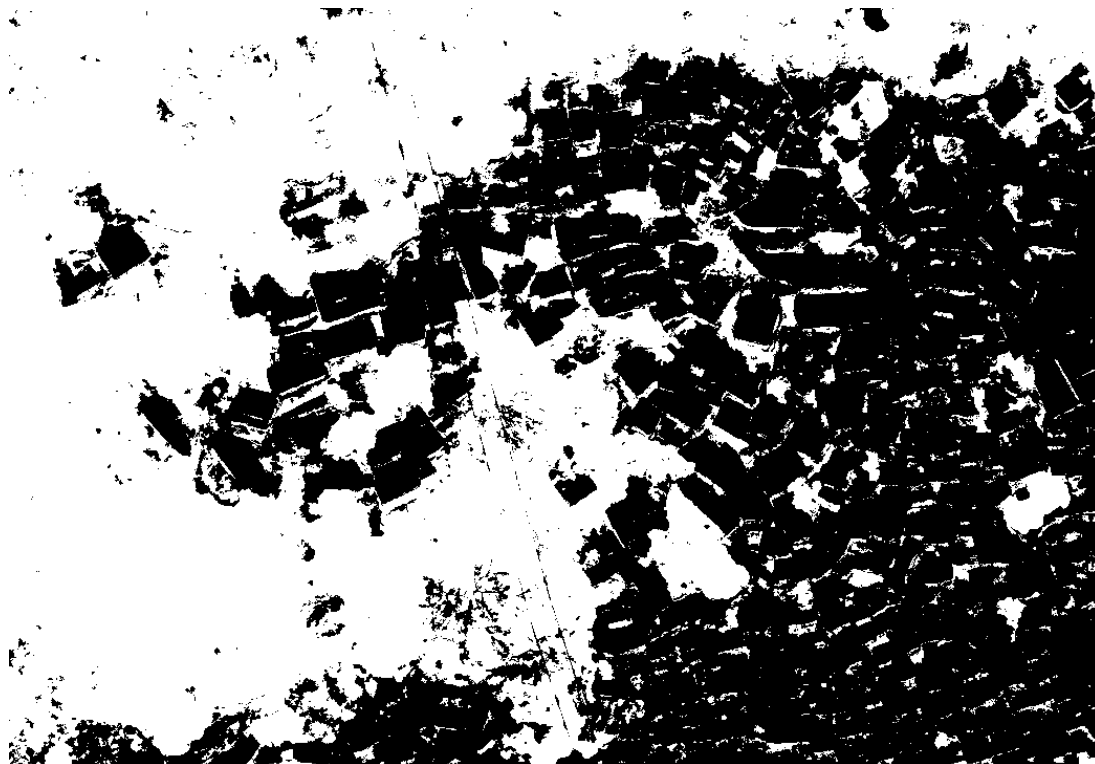


Figura 15: Máscara NDVI para 2019

2.2.5 Classificação da imagem e estatísticas zonais por edificação

A classificação da imagem foi baseada nos valores de diferença de elevação, nas seguintes classes:

- -3 – Diferenças de elevação inferiores a -3 m (demolição)
- 0 – Diferenças absolutas de elevação inferiores a 3 m (inconclusivo: não é possível determinar adição ou demolição)
- 3 – Diferenças de elevação superiores a 3 m e inferiores a 6 m (adição de 1 pavimento)
- 6 – Diferenças de elevação superiores a 6 m e inferiores a 9 m (adição de 2 pavimentos)
- 9 – Diferenças de elevação superiores a 9 m e inferiores a 12 m (adição de 3 pavimentos)
- 12 – Diferenças de elevação superiores a 12 m e inferiores a 15 m (adição de 4 pavimentos)
- 15 – Diferenças de elevação superiores a 15 m (adição de 5 ou mais pavimentos)

Esses intervalos de classe foram definidos com base em um limiar de 3 metros, que excede com segurança a altura típica adicionada (ou demolida) por pavimento. Essa margem também contempla de forma confiável possíveis erros sistemáticos na mesma direção (mesmo que todos os erros padrão fossem combinados, eles não excederiam 1 m) e, na maioria dos casos, elimina diferenças de elevação

resultantes apenas da inclinação dos telhados.

Até este ponto, a análise foi inteiramente baseada em dados raster. Para aprimorá-la, estatísticas zonais — incluindo medidas de tendência central (média, mediana e moda) — foram calculadas para cada polígono vetorial de edificação, a fim de estimar o crescimento vertical médio. Contudo, devido à indisponibilidade de conjuntos de dados de pegadas de edificações para 2024, essa análise foi limitada às edificações de 2013 e 2019.

Ainda assim, a conversão dos resultados raster para o formato vetorial possibilita a integração completa em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e facilita visualizações 3D avançadas, melhorando significativamente a interpretabilidade e dando suporte a análises espaciais mais sofisticadas.

3 Resultados

3.1 Conjuntos de dados raster

As Figuras 16 e 17 ilustram os mapas resultantes de mudança vertical para os períodos 2019–2013 e 2024–2019, respectivamente. Para fins de clareza, ambos os mapas representam a mesma área amostral localizada na Rocinha.

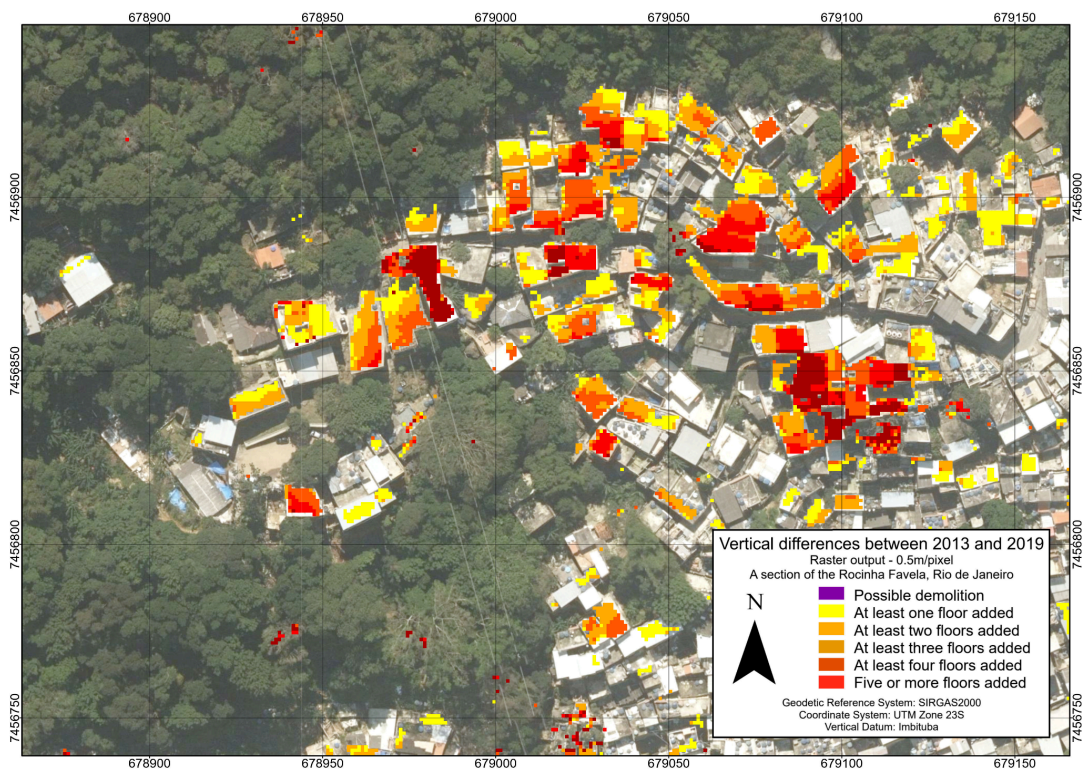


Figura 16: Conjunto de dados raster representando a subtração dos modelos de elevação de edificações (2019 menos 2013)

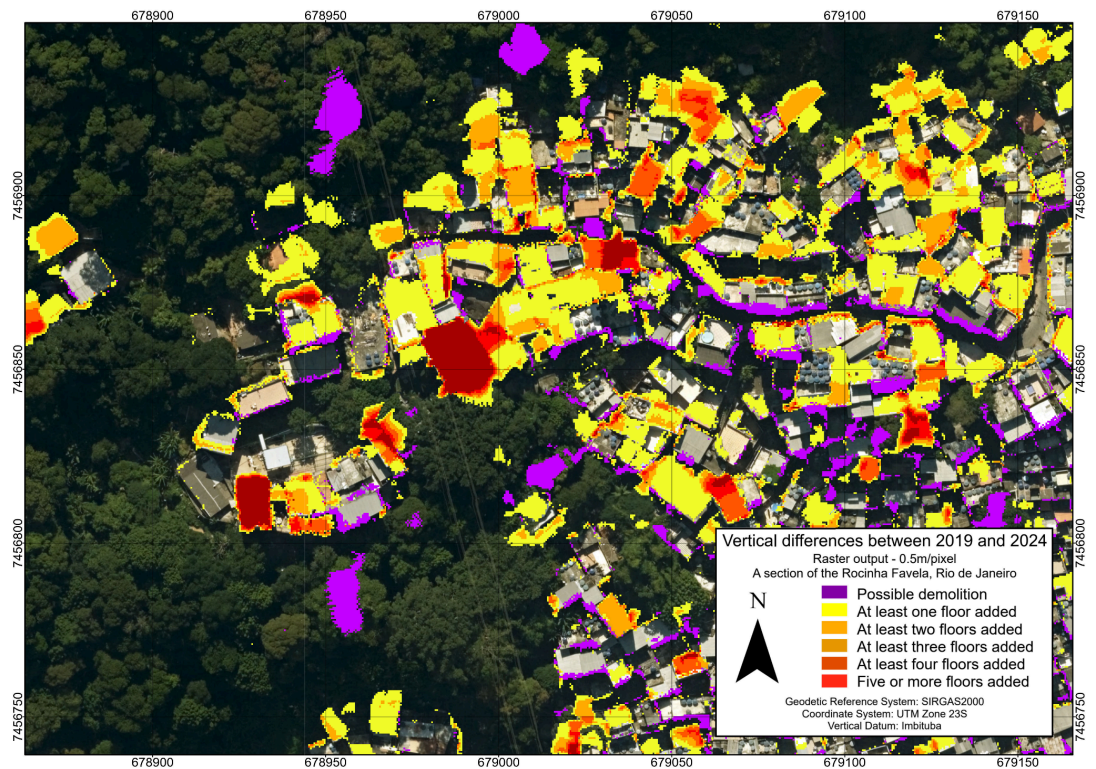


Figura 17: Conjunto de dados raster representando a subtração dos modelos de elevação de edificações (2024 menos 2019)

O conjunto de dados raster diferencial inicial mostrou-se difícil de analisar e disseminar devido ao seu grande tamanho de arquivo, resultante do armazenamento de valores brutos de elevação e de ruídos residuais. Para contornar esse problema, os dados foram reclassificados em intervalos de 3 metros (ver subseção 2.2.5). Observa-se que, embora os conjuntos de dados raster se aproximem o máximo possível da subtração dos modelos de elevação de edificações, eles ainda apresentam ruído considerável ao longo das bordas. Esse efeito é ainda mais perceptível na Figura 17, apesar de todas as tentativas realizadas para eliminar o ruído.

3.2 Conjuntos de dados vetoriais

Em comparação, as Figuras 18 e 19 apresentam o crescimento vertical médio sintetizado no interior das pegadas das edificações de 2013 e 2019, respectivamente. Uma comparação visual com as figuras raster (16 e 17) revela uma limitação fundamental da abordagem baseada em estatísticas zonais: ela não é capaz de detectar novas construções edificadas em áreas anteriormente desocupadas, uma vez que essas áreas não possuem um polígono correspondente no ano-base.

Consequentemente, enquanto o produto vetorial oferece uma visualização mais clara das mudanças morfológicas em edificações existentes, o produto raster fornece um panorama mais completo e preciso ao capturar toda a mudança vertical, incluindo novas construções, ainda que seja mais ruidoso e mais complexo de visualizar.

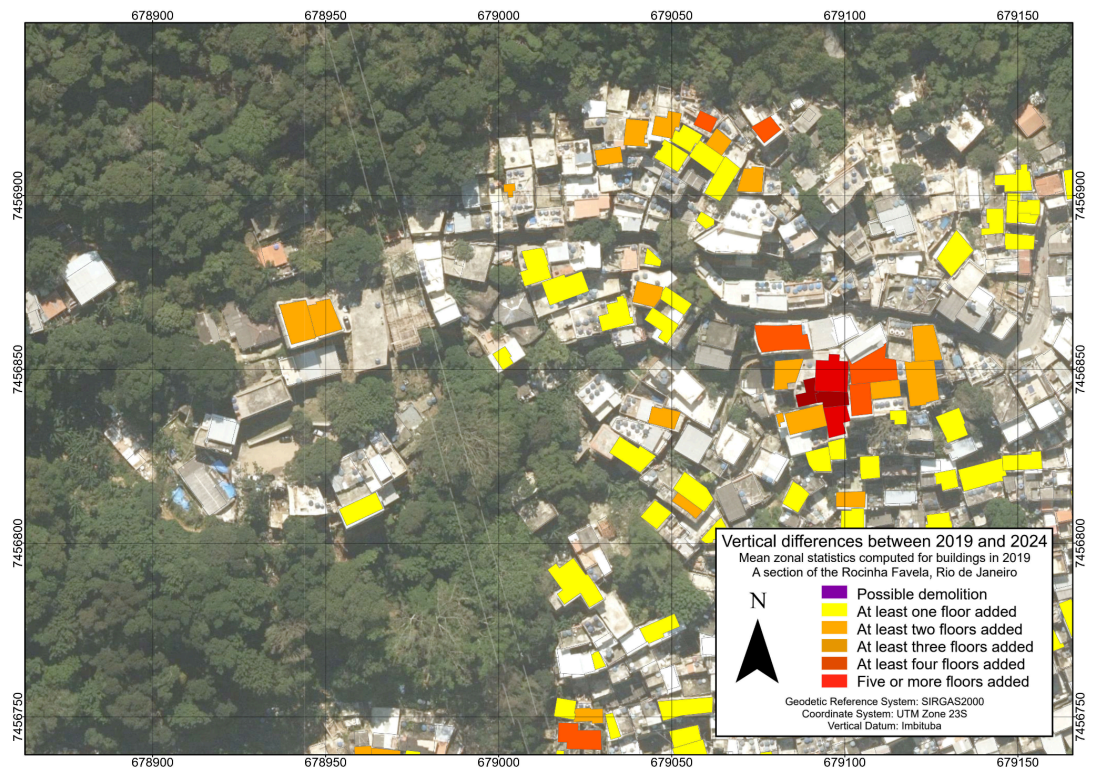


Figura 18: Conjunto de dados vetorial representando a subtração dos modelos de elevação de edificações (2019 menos 2013), após a aplicação de estatísticas zonais às edificações de 2019



Figura 19: Conjunto de dados vetorial representando a subtração dos modelos de elevação de edificações (2024 menos 2019), após a aplicação de estatísticas zonais às edificações de 2019

3.3 Estimativas do crescimento da cidade e validação dos resultados

Os conjuntos de dados vetoriais oferecem funcionalidades tabulares que possibilitaram a determinação de estimativas do volume e da área total adicionados.

Por meio da aplicação de estatísticas zonais e assumindo-se a adição de um novo pavimento a cada 3 metros de mudança vertical, a Tabela 1 resume os principais resultados.

Tabela 1: Estatísticas resumidas para os conjuntos de dados vetoriais de diferenças verticais

Período	Volume adicionado (m ³)	Área adicionada (m ²)	Varição de volume (m ³) considerando demolições	Varição de área (m ²) considerando demolições
2013 a 2019	96 530 059	7 321 866	36 943 262	5 159 677
2019 a 2024	117 076 619	8 142 611	97 846 086	7 634 706

É importante destacar que esses dados carregam uma série de incertezas. Em primeiro lugar, as variações de volume e área baseiam-se em estimativas de pavimentos adicionados, assumindo um pé-direito padrão de 3 metros. Em segundo lugar, nem todas as expansões representam, necessariamente, novas unidades residenciais; elas incluem também um número significativo de grandes equipamentos, como estádios, centros comerciais, estações ferroviárias, escolas e hospitais, incluindo aqueles construídos especificamente para os Jogos Olímpicos de 2016.

Adicionalmente, como os conjuntos de dados vetoriais referem-se a 2013 e 2019, também foi calculada a área total edificada. O resultado foi de 183 186 564 m² de área de projeção das edificações em 2013 e 199 152 409 m² em 2019 (estatística que não considera o número de pavimentos por edificação), indicando um crescimento modesto de 7,8% na área edificada horizontalmente ao longo do período.

Apesar dessas limitações, a validação também foi possível por meio de comparações visuais que demonstram como a metodologia foi capaz de capturar corretamente áreas de obras amplamente conhecidas. A Figura 20, por exemplo, apresenta as mudanças ocorridas na área do Parque Olímpico.

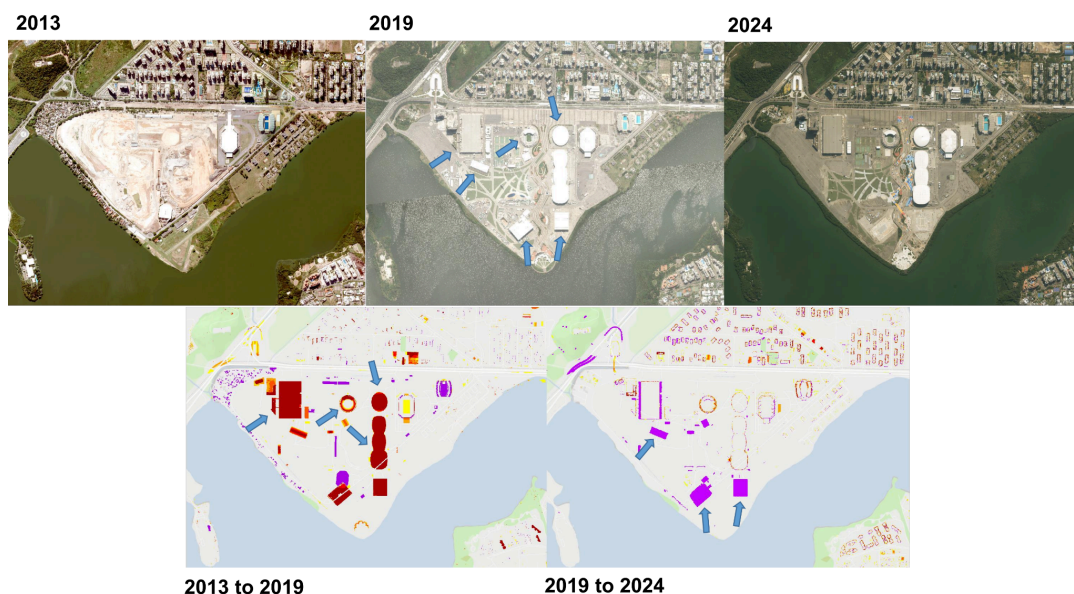


Figura 20: Mudanças na área do Parque Olímpico. A inspeção visual demonstra que a metodologia foi capaz de capturar as estruturas construídas para os Jogos de 2016 e, novamente, a demolição de algumas estruturas temporárias entre 2019 e 2024. Outros elementos incluem a remoção forçada da Vila Autódromo (canto noroeste) e a construção de novos condomínios na metade norte da área.

4 Discussão

4.1 Limitações metodológicas

Uma distinção metodológica fundamental reside na representação das edificações. O modelo de 2013 extrude polígonos de edificações, aos quais é atribuída uma única elevação de cobertura, resultando em estruturas com topo plano, sem variação de inclinação. Em contraste, a maior densidade de pontos dos modelos derivados de LiDAR de 2019 e 2024 captura a topografia detalhada das coberturas (Priestnall; Jaafar; Duncan, 2000). Consequentemente, a subtração do modelo de 2013 em relação a um modelo posterior pode gerar pequenas diferenças de altura atribuíveis a essas variações de inclinação do telhado, e não a mudanças estruturais reais.

A aquisição de dados LiDAR baseia-se em georreferenciamento direto, que utiliza cinemática em tempo real (*Real-Time Kinematics* – RTK) e Unidades de Medição Inercial (*Inertial Measurement Units* – IMU) para determinar os parâmetros de orientação exterior do sensor. Esse processo fornece um posicionamento altamente preciso para cada retorno do sinal. No entanto, pequenas discrepâncias no registro planimétrico podem ocorrer ao longo das bordas das edificações entre diferentes campanhas de levantamento. Esses pequenos deslocamentos tornam-se particularmente evidentes ao se realizar álgebra de mapas raster, como na subtração do modelo de 2019 pelo de 2024. Nesses mapas de diferença, as bordas desalinhas das edificações são frequentemente interpretadas erroneamente como áreas de demolição ou de nova construção (Figura 20). Assim, embora precisas, essas visualizações raster podem ser difíceis de interpretar para usuários não familiarizados com os artefatos inerentes à comparação multitemporal de dados LiDAR.

Por fim, conforme observado anteriormente, uma ressalva crítica da análise baseada em dados vetoriais é sua dependência de pegadas pré-existentes. Como as estatísticas zonais só podem ser calculadas para esses polígonos, o método falha em registrar qualquer construção erguida do zero. Isso limita sua utilidade exclusivamente à compreensão das mudanças no estoque edificatório já registrado no ano-base, conforme também ilustrado na Figura 21.



Figura 21: Comparação dos resultados de detecção de mudanças utilizando modelos de dados raster (acima) e vetoriais (abaixo) para o período 2024–2019. O produto raster apresenta ruído nas bordas devido a pequenos deslocamentos planimétricos entre levantamentos, enquanto o produto vetorial, derivado de estatísticas zonais, omite uma nova edificação (ver seta) construída após 2019.

4.2 Usos potenciais

Os dados raster fornecem uma metodologia consistente para monitorar o crescimento vertical em todo o tecido urbano. Conforme demonstrado nas Figuras 16 e 17, eles são eficazes na detecção de construções informais e incrementais em favelas. Por outro lado, também podem ser utilizados para captar empreendimentos de grande escala em áreas formais da cidade. Essa capacidade permite que as autoridades municipais superem relatórios fragmentados e mantenham uma compreensão holística e atualizada das dinâmicas de desenvolvimento urbano, o que é fundamental para o planejamento eficaz de infraestrutura e a provisão de serviços.

Uma aplicação crítica dessa abordagem é a possibilidade de auditar o desenvolvimento urbano por meio da conciliação entre alvarás de construção

aprovados e a construção efetivamente realizada, aumentando assim a transparência regulatória. Isso é exemplificado na área do Jardim Botânico (Figuras 22 e 23), onde o modelo captura uma dinâmica intensa do mercado imobiliário. Três mudanças específicas são notáveis: um grande canteiro de obras no setor noroeste evoluiu em fases entre 2013 e 2024; uma edificação no setor sudoeste foi demolida e substituída por equipamentos recreativos (uma piscina e uma quadra esportiva); e uma propriedade no setor centro-sul passou por uma demolição seguida da construção de um edifício residencial de grande altura.

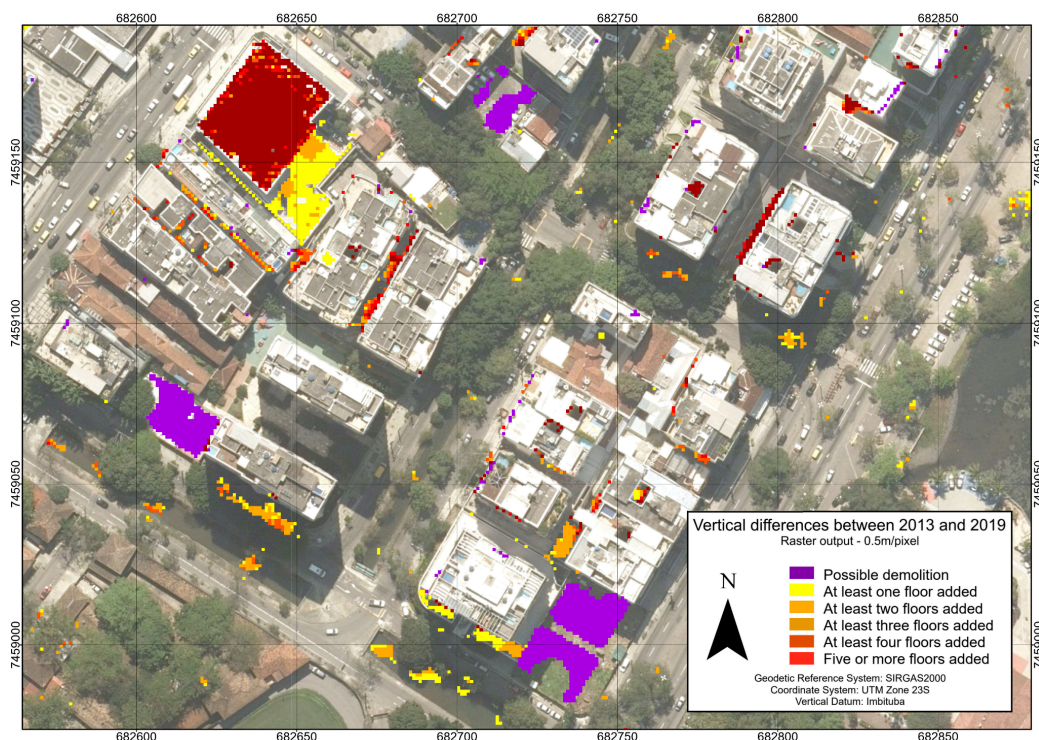


Figura 22: Conjunto de dados raster representando a subtração dos modelos de elevação de edificações (2019 menos 2013) no bairro do Jardim Botânico

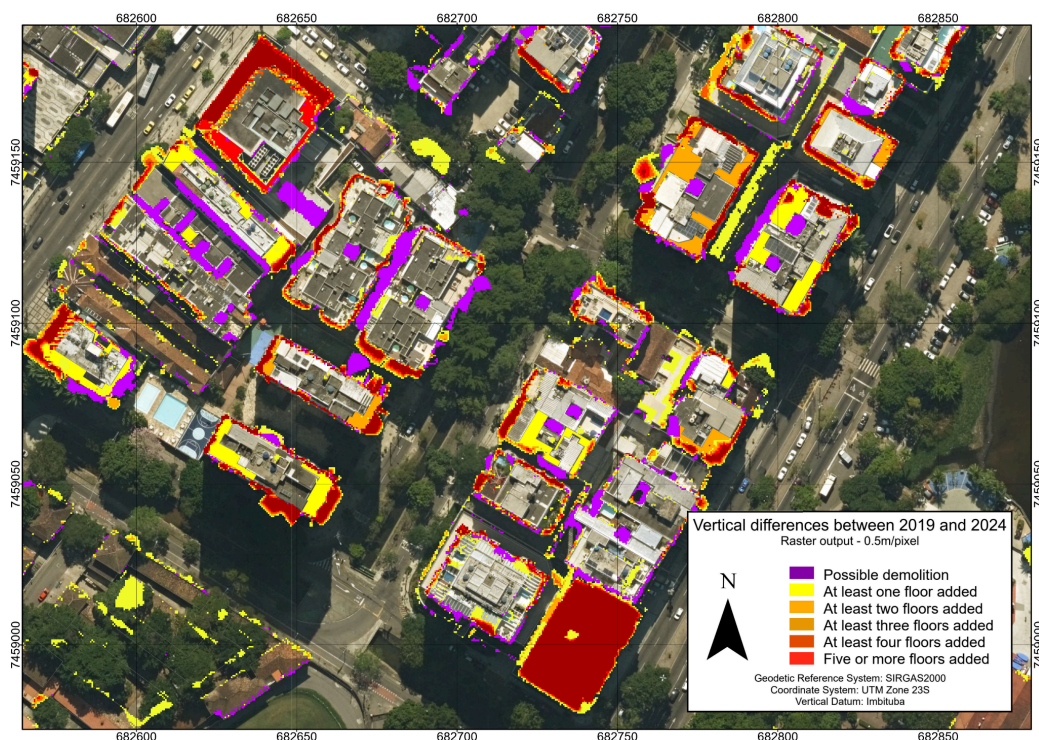


Figura 23: Conjunto de dados raster representando a subtração dos modelos de elevação de edificações (2024 menos 2019) no bairro do Jardim Botânico

Dessa forma, ao capturar com precisão a altitude e a área de projeção desses empreendimentos, o modelo fornece uma ferramenta objetiva para verificar a conformidade com as normas de zoneamento e os projetos aprovados, garantindo que o desenvolvimento privado esteja alinhado aos objetivos do planejamento público.

Para além das edificações individuais, os dados vetoriais podem ser integrados a Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para análises estatísticas espaciais. Por meio da aplicação de análises de agrupamento, conforme ilustrado na Figura 24, os planejadores podem identificar *hotspots* de intensa atividade construtiva. Isso revela padrões de transformação urbana impulsionados pela dinâmica do mercado imobiliário, permitindo intervenções de política pública direcionadas, como a atualização de plantas de valores imobiliários ou o direcionamento de investimentos em infraestrutura para áreas sob maior pressão de crescimento.

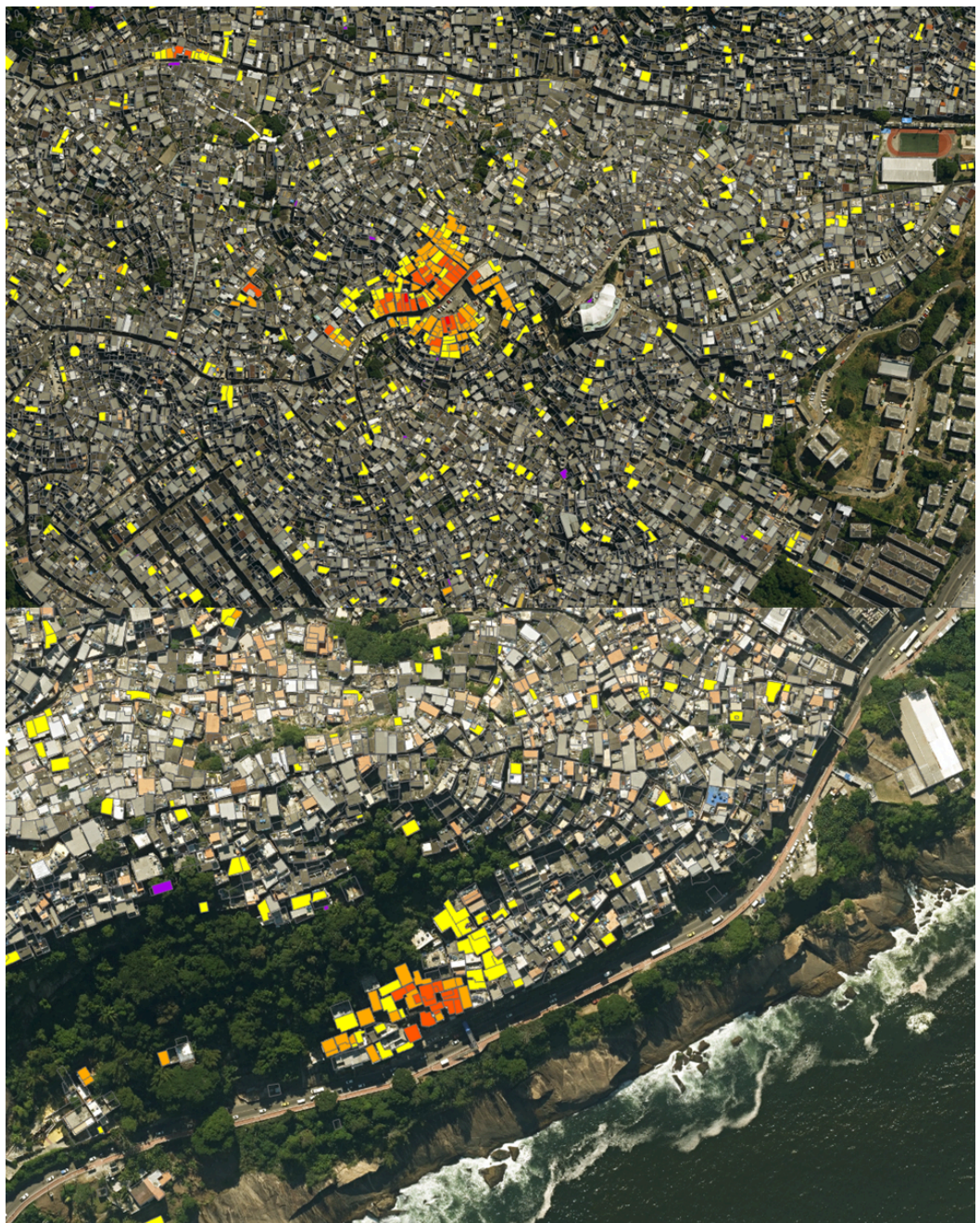


Figura 24: A análise permite a identificação de hotspots na dinâmica imobiliária das favelas, conforme exemplificado no Complexo do Alemão (acima, 2019 menos 2013) e no Vidigal (abaixo, 2024 menos 2019)

Quando processado por meio de estatísticas zonais, o conjunto de dados é transformado em um modelo virtual 3D simplificado, utilizando as ferramentas 3D do ArcGIS Pro. Conforme ilustrado nas Figuras 25 e 26, essa visualização simplifica drasticamente a identificação de mudanças significativas de altura. Isso amplia a utilidade do modelo não apenas para análises técnicas, mas também para comunicação, oferecendo uma ferramenta intuitiva para envolver formuladores de políticas públicas, partes interessadas e o público em discussões sobre o crescimento urbano e seus impactos. Dessa forma, estabelece-se uma ponte entre dados geoespaciais complexos e informações acionáveis.



Figura 25: Visualização 3D do crescimento vertical aplicada a assentamentos informais na Muzema



Figura 26: Visualização 3D do crescimento vertical aplicada ao bairro do Recreio dos Bandeirantes

4.3 Outros achados

Os resultados indicam uma forte tendência de crescimento vertical na cidade do Rio de Janeiro, considerando que os acréscimos em área e volume superam de forma significativa a expansão em termos de pegadas das edificações. Conforme já discutido na seção 4.1, não é recomendável utilizar dados agregados para inferir tendências específicas de atividade construtiva (como estimativas de novas unidades residenciais adicionadas), devido às numerosas incertezas envolvidas no processo. Ainda assim, o fato de a validação visual ter se mostrado consistente com as mudanças observadas em ortoimagens indica que estimativas gerais, em escala municipal, podem ser realizadas com os dados obtidos neste estudo. Por fim, esses mesmos dados também podem ser utilizados para o monitoramento de construções legais e ilegais, funcionando como uma ferramenta de triagem que pode ser empregada em conjunto com outras medidas (como a consulta a licenças e levantamentos aéreos localizados).

5 Conclusão

A cidade do Rio de Janeiro enfrenta um desafio crítico decorrente do crescimento vertical descontrolado, enraizado em suas complexas dinâmicas imobiliárias formais e informais. Historicamente, a geografia montanhosa do Rio concentrou o desenvolvimento formal nas planícies, enquanto os assentamentos informais se expandiram sobre encostas e periferias. À medida que o solo disponível se tornou escasso, emergiu uma tendência pronunciada de crescimento vertical nas favelas, alcançada pela adição de pavimentos às estruturas existentes ou por meio de construções irregulares. Essa mudança faz com que a construção informal passe a se assemelhar cada vez mais ao desenvolvimento formal, porém sem supervisão regulatória, gerando riscos severos. Para além da segurança, esse crescimento desordenado agrava problemas ambientais, criando ilhas de calor, aumentando a poluição e reduzindo áreas verdes, além de sobrecarregar a infraestrutura e aprofundar desigualdades urbanas.

Gerir efetivamente esse fenômeno requer instrumentos de medição precisos. Durante décadas, o monitoramento por meio de sistemas como o SABREN concentrou-se na expansão horizontal, deixando o crescimento vertical em grande medida não mensurado e dificultando a formulação de políticas eficazes. Um avanço decisivo ocorreu com a disponibilização de dados geoespaciais avançados: os levantamentos LiDAR municipais de 2019 e 2024 geraram modelos 3D detalhados de toda a cidade. Ao comparar os levantamentos LiDAR municipais de 2019 e 2024, a pesquisa deixa de apenas descrever o fenômeno da verticalização e passa a quantificar diretamente sua magnitude e taxa ao longo do tempo. Essa capacidade marca uma mudança fundamental, de um monitoramento reativo para uma governança urbana proativa e baseada em evidências.

Ainda assim, a pesquisa também apresenta suas próprias limitações. Embora o método raster forneça uma visão consistente, em escala municipal, para a detecção de mudanças verticais, ele é suscetível a ruídos interpretativos decorrentes de pequenos deslocamentos planimétricos entre levantamentos. Por outro lado, a abordagem baseada em dados vetoriais, que utiliza estatísticas zonais sobre pegadas existentes, oferece medições precisas para edificações conhecidas, mas falha em capturar construções inteiramente novas. Do ponto de vista empírico, os dados mostraram-se altamente eficazes para aplicações específicas, como a auditoria do desenvolvimento formal e informal e a identificação de *hotspots* de crescimento. Ademais, a conversão dos dados em visualizações 3D simplificadas preenche uma lacuna crucial, transformando métricas complexas em ferramentas intuitivas de comunicação e formulação de políticas públicas.

O principal achado empírico é a confirmação de uma tendência dominante de crescimento vertical em toda a cidade, na qual os aumentos de volume edificatório e de área de cobertura superam a expansão das pegadas. Isso sugere a verticalização como uma dinâmica urbana central. Nesse sentido, a metodologia

pode ser utilizada como uma ferramenta de triagem capaz de monitorar construções legais e ilegais, atendendo a uma ampla gama de atividades de planejamento. No entanto, sua eficácia é condicionada por suas limitações: trata-se de um componente de um ecossistema mais amplo de monitoramento, e não de uma solução isolada. O caminho a seguir, portanto, reside na integração deste conjunto de dados com outros, como bases de licenciamento e levantamentos de campo.

Referências

- ASPRS. **LAS Specifications**. [S.l.], 2018. Version 1.4 OGC Community Standard.
- BRITO, J. L. N. S. Precision of Digital Orthoimages: Assessment and Application to the Occlusion Detection Problem. 1997. PhD thesis – The Ohio State University.
- COELHO, L. C. T.; BRITO, J. L. N. S. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2007. P. 196.
- COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA. **Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais**. Brasília, 2016.
- ERBA, D. A.; PIUMETTO, M. A. **Para compreender o solo urbano: cadastros multifinalitários para o planejamento e o desenvolvimento das cidades na América Latina**. [S.l.]: Lincoln Institute of Land Policy, 2021.
- KRAUS, K. **Photogrammetry: Fundamentals and Standard Processes**. Bonn: Ferd Dümmler Verlag, 1992.
- KREILING, A. **Photogrammetric Guide**. Karlsruhe: Wichmann, 2009.
- LERMA GARCÍA, J. L. **Fotogrametría Moderna: Analítica Y Digital**. Primera. Valência: Editorial Universitat Politècnica de València, 2002.
- LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 7th. New York: Wiley, 2015.
- MIKHAIL, E. M.; BETHEL, J. S.; MCGLONE, J. C. **Introduction to Modern Photogrammetry**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2001.
- PALME, M.; RAMÍREZ, J. G. A **Critical Assessment and Projection of Urban Vertical Growth in Antofagasta, Chile**. Sustainability, v. 5, n. 7, p. 2840–2855, 2013.
- PRIESTNALL, G.; JAAFAR, J.; DUNCAN, A. **Extracting urban features from LiDAR digital surface models**. Computers, Environment and Urban Systems, v. 24, n. 2, p. 65–78, 2000.
- SASS, G. G.; AMORIM, A. **Multipurpose land cadastre and data temporality**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 66, n. 5, p. 1029–1038, 2014.
- TIAN, J.; CUI, S.; REINARTZ, P. **Building Change Detection Based on Satellite Stereo Imagery and Digital Surface Models**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 52, n. 1, p. 406–417, 2014.
- TOPOCART AEROLEVANTAMENTOS. **Relatório de execução de bases cartográficas na escala 1:2000 (área urbana/comunidade de baixa renda) por restituição aerofotogramétrica digital e geração de ortofotos na escala 1/10.000, visando a atualização da base cartográfica**. Brasília, Brasil, 2013.
- TOPOCART AEROLEVANTAMENTOS. **Relatório de mapeamento aerofotogramétrico do município do Rio de Janeiro por mosaico de ortoimagens multiespectrais, ortorretificadas com correção de paralaxe ("true ortho") e geração de modelos digitais de elevações e de terreno por perfilamento a laser (LiDAR)**. Brasília, Brasil, 2024.
- TOPOCART AEROLEVANTAMENTOS. **Relatório de mapeamento aerofotogramétrico na escala 1:5000 do município do Rio de Janeiro por mosaicos de ortoimagens digitais coloridas obtidas por plataforma aérea e**

ortorretificadas de acordo com elevações ("true ortho"); modelo digital de elevações e modelo digital do terreno por perfilamento a laser. Brasília, Brasil, 2019.

WOLF, P. R.; DEWITT, B. A.; WILKINSON, B. E. **Elements of Photogrammetry with Applications in GIS.** 4th. Boston: McGraw-Hill, 2014.

YUAN, B. et al. **Separate and combined effects of 3D building features and urban green space on land surface temperature.** Journal of Environmental Management, v. 295, p. 113116, 2021. Accessed: 2023-04-29. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113116.

Sobre os Autores

Luiz Carlos Teixeira Coelho é Engenheiro Cartógrafo (Instituto Militar de Engenharia), Mestre em Informática (Universidade Federal do Amazonas), Doutor em Planejamento Urbano e Regional (Universidade Federal do Rio de Janeiro) e licenciado em Matemática e Geografia. É servidor público nas esferas municipal e estadual, enquanto pesquisador do Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP) e professor adjunto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Além disso, é pesquisador associado do Senseable City Lab, Massachusetts Institute of Technology e docente colaborador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Nesse campo, seus principais interesses são Processamento Digital de Imagens de Sensores Remotos (para aplicações em Fotogrametria e Análise de Imagens), Modelagem Digital de Superfícies e Cadastro Multifinalitário.

Felipe Cerbella Mandarino é o atual Coordenador de Informações da Cidade do Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2007) e Certificação Profissional como "Urban GHG Inventory Specialist". Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Mudanças Climáticas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Sistemas de Informação Geográfica, atuando principalmente nos seguintes temas: sistemas de monitoramento de emissões de gases de efeito estufa (GEE), vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas, indicadores, análise espacial e impactos ambientais.

Leandro Gomes Souza possui graduação em Geografia (2008) e licenciatura em Geografia (2010) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Concluiu o mestrado em Planejamento Urbano e Regional pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 2014. É também especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental pelo IUPERJ/UCAM (2016). Atualmente, atua no Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP), onde exerce o cargo de Gerente de Cartografia desde 2016.

Adriana Mendes de Pinho Vial possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal Fluminense – UFF (1994). Concluiu o mestrado em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – PROARQ UFRJ (2001) e o MBE em Economia e Gestão da Sustentabilidade, com ênfase em Habitação de Interesse Social, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (2016). Atualmente, atua como Gerente de Estudos Habitacionais e Urbanos do Instituto Pereira Passos – IPP da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, onde coordena o SABREN – Sistema de Assentamentos de Baixa Renda, que contém o cadastro das favelas do município do Rio de Janeiro. Sua experiência em Habitação de Interesse Social e Geoprocessamento no IPP se estende de 1997 até o presente.

Vânia Regina Amorim da Silva possui graduação em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006), especialização em Relações Internacionais pela UCAM (2007) e mestrado profissional em Engenharia Urbana pela UFRJ (2014), com ênfase nos componentes sociais dos programas de urbanização de favelas. Possui experiência em Planejamento Urbano e Regional e geoprocessamento: 1)

apoio técnico no Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional (2005–2007); 2) atuação como geógrafa na Gerência de Estudos Habitacionais e Urbanos do Instituto Pereira Passos da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2008–2025).

Contribuições dos Autores

Conceituação, [L.C.T.C., F.C.M.]; metodologia, [L.C.T.C., F.C.M.]; software [L.C.T.C., F.C.M.]; validação, [L.C.T.C., F.C.M., L.G.S.]; análise formal, [L.C.T.C., F.C.M., L.G.S.]; investigação, [L.G.S., A.M.P.V., V.R.A.S.]; recursos, [L.G.S., A.M.P.V., V.R.A.S.]; curadoria de dados, [L.G.S.]; redação—preparação do rascunho original, [L.C.T.C.]; redação—revisão e edição [F.C.M., L.G.S., A.M.P.V., V.R.A.S.]; visualização, [L.C.T.C.]; supervisão, [F.C.M.]; administração do projeto, [L.C.T.C.]; aquisição de financiamento, [F.C.M.]. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento

Os dados desta pesquisa foram obtidos por meio de um financiamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento para o PROAP III (Urbanização de Favelas e Assentamentos Informais).

Disponibilidade de Dados

Os dados para esta pesquisa podem estar disponíveis mediante solicitação.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Sobre a Coleção Estudos Cariocas

A Coleção Estudos Cariocas (ISSN 1984-7203) é uma publicação de estudos e pesquisas sobre o Município do Rio de Janeiro, vinculada ao Instituto Pereira Passos (IPP) da Secretaria Municipal da Casa Civil da Prefeitura do Rio de Janeiro.

Seu objetivo é divulgar a produção técnico-científica sobre temas relacionados à cidade do Rio de Janeiro, bem como sua vinculação metropolitana e em contextos regionais, nacionais e internacionais. Está aberta a quaisquer pesquisadores (sejam eles servidores municipais ou não), abrangendo áreas diversas - sempre que atendam, parcial ou integralmente, o recorte espacial da cidade do Rio de Janeiro.

Os artigos também necessitam guardar coerência com os objetivos do Instituto, a saber:

1. Promover e coordenar a intervenção pública sobre o espaço urbano do Município;
2. Prover e integrar as atividades do sistema de informações geográficas, cartográficas, monográficas e dados estatísticos da Cidade;
3. Subsidiar a fixação das diretrizes básicas ao desenvolvimento socioeconômico do Município.

Especial ênfase será dada no tocante à articulação dos artigos à proposta de desenvolvimento econômico da cidade. Desse modo, espera-se que os artigos multidisciplinares submetidos à revista respondam às necessidades de desenvolvimento urbano do Rio de Janeiro.