



COLEÇÃO
ESTUDOS
CARIOCAS

Morfologia do confinamento: mapeamento open-source da acessibilidade vertical e vulnerabilidade de PcD na Favela da Rocinha, Rio de Janeiro (RJ)

Confinement morphology: open-source mapping of vertical accessibility and disability vulnerability in the Rocinha Favela, Rio de Janeiro (RJ)

Morfología del confinamiento: mapeo open-source de la accesibilidad vertical y vulnerabilidad de PcD en la Favela de Rocinha, Río de Janeiro (RJ)

Alberto Martins Barros¹, Deise dos Santos Faustino², Luan da Silva Costa³, William Cosme de Souza Bannitz⁴

¹Universidade Federal Fluminense, Rua Passo da Pátria, 156 bloco D sala 236 - São Domingos - Niterói - RJ - 24210-240, ORCID 0000-0003-3733-4509240, albertobarros@id.uff.br

²Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524 - Maracanã - Rio de Janeiro - RJ - 20550-900, ORCID 0009-0001-2614-6281, deisesfaustino@gmail.com

³Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde (ICICT), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Av. Brasil, 4365, Pavilhão Haity Moussatché, Mangueiras, Rio de Janeiro - RJ, 21040-900, ORCID 0009-0004-2969-7451, luancostageo@gmail.com

⁴Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea - Rio de Janeiro - RJ - 22451-045, ORCID 0009-0009-4569-8936, willambannitz@gmail.com

Volume
14

Edição
2

*Autor(a) correspondente
albertobarros@id.uff.br

Submetido em 14 mai 2026

Aceito em 22 jun 2026

Publicado em 09 jul 2026

Como Citar?

BARROS, A. M. B. et al.

Morfologia do confinamento:
mapeamento open-source
da acessibilidade vertical e
vulnerabilidade de PcD na
Favela da Rocinha, Rio de
Janeiro (RJ). *Coleção
Estudos Cariocas*, v. 14,
n. 2, 2026.
DOI: 10.71256/19847203.14.2.230.2026

O artigo foi originalmente
submetido em
PORTUGUÊS.

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 artigo propõe uma metodologia para mapear a acessibilidade vertical e a vulnerabilidade de Pessoas com Deficiência (PcD) utilizando geotecnologias Open Source. Como objeto de estudo a Favela da Rocinha (RJ), o trabalho estruturou um pipeline baseado em amostragem radial por vizinhança e processamento geoestatístico em Python. Os resultados foram apresentados em um painel interativo e revelam que a maior densidade populacional de PcD concentra-se nos estratos de maior altitude. Este estudo contribui para o debate sobre os desafios contemporâneos da gestão pública ao evidenciar como as barreiras geográficas atuam como determinantes sociais que restringem o acesso de populações vulneráveis aos serviços básicos.

Palavras-chave: geotecnologias, Python, pessoas com deficiência (PcD), urbanismo social, amostragem espacial, confinamento.

Abstract

This article proposes a methodology for mapping vertical accessibility and the vulnerability of People with Disabilities (PwD) using Open Source geotechnologies. Focusing on the Rocinha Favela (RJ) as a case study, the work structured a pipeline based on neighborhood radial sampling and geostatistical processing in Python. The results were presented in an interactive dashboard and reveal that the highest population density of PwD is concentrated in higher altitude strata. This study contributes to the debate on contemporary public management challenges by highlighting how geographical barriers act as social determinants that restrict the access of vulnerable populations to basic services.

Keywords: geotechnologies; Python; people with disabilities (PwD); social urbanism; spatial sampling; confinement.

Resumen

Este artículo propone una metodología para mapear la accesibilidad vertical y la vulnerabilidad de las Personas con Discapacidad (PcD) utilizando geotecnologías de Código Abierto (Open Source). Tomando como objeto de estudio la Favela de la Rocinha (RJ), el trabajo estructuró un pipeline basado en el muestreo radial por vecindad y el procesamiento geoestadístico en Python. Los resultados fueron presentados en un panel interactivo y revelan que la mayor densidad de población de PcD se concentra en los estratos de mayor altitud. Este estudio contribuye al debate sobre los desafíos contemporáneos de la gestión pública al evidenciar cómo las barreras geográficas actúan como determinantes sociales que restringen el acceso de las poblaciones vulnerables a los servicios básicos.

Palabras clave: geotecnologías; Python; personas con discapacidad (PcD); urbanismo social; muestreo espacial; confinamiento.

1 Introdução

O processo de urbanização brasileiro não se consolidou de forma desordenada, mas sim através de uma lógica seletiva de segregação socioespacial que resultou na formação de vastos territórios urbanos informais. A cidade é continuamente planejada a partir de um recorte incompleto da realidade e a população que mais depende de infraestrutura acessível torna-se, justamente, a mais difícil de ser enxergada. As favelas, longe de serem frutos do acaso, são o produto de um planejamento urbano que historicamente priorizou o isolamento de populações vulneráveis em bolsões de inacessibilidade que se caracterizam por uma complexa interação entre fatores socioeconômicos e ambientais. Tais contextos representam um obstáculo significativo para o planejamento e a implementação de políticas públicas eficazes, especialmente aquelas voltadas para a acessibilidade urbana e a inclusão social (Ribeiro, 2010).

O Censo Demográfico de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revelou que aproximadamente 16,4 milhões de brasileiros residem em favelas e comunidades urbanas, o que corresponde a 8,1% da população total do país. Dentre essas, a Favela da Rocinha, localizada no município do Rio de Janeiro, destaca-se como a maior do Brasil, abrigando mais de 72 mil habitantes (Ibge, 2022; G1 Rio, 2024).

Neste local, essa questão adquire densidade específica. A encosta organiza o espaço, estrutura os deslocamentos e produz descontinuidades verticais que não são apenas topográficas, mas sociais. A dificuldade de locomoção em áreas de alta declividade e altimetria, somada à precariedade infraestrutural, restringe o acesso a serviços essenciais, oportunidades de trabalho e lazer e pereniza ciclos de exclusão. Por isso, a deficiência não pode ser lida apenas como atributo do corpo, ela é também efeito do território, das descontinuidades da malha urbana, da inclinação das vias e da ausência de soluções de mobilidade vertical. É nesse contexto que o conceito de morfologia do confinamento se torna útil: trata-se de uma geometria urbana que não aparece como muro físico, mas opera como barreira material à autonomia e à participação plena na vida urbana (Gleeson, 1999; Santos, 1996). O que deveria ser um direito universal é frequentemente negado a essas comunidades pela falta de equipamentos e ferramentas transparentes e acessíveis que permitam a compreensão e a contestação de sua realidade espacial.

Portanto, este estudo é justificado pela necessidade de democratizar o acesso à informação geoespacial e de capacitar comunidades e gestores públicos com instrumentos visuais e interativos para o planejamento de um urbanismo mais inclusivo. O panorama exige uma arquitetura de evidências capaz de traduzir o território em linguagem pública, visual, analítica e intuitiva. Estudos sobre geotecnologias e acessibilidade já apontam que mapas colaborativos, serviços baseados em OpenStreetMap e modelos espaciais acessíveis ao público podem apoiar rotas personalizadas, identificar barreiras e ampliar o direito à cidade (Salomoni; Mirri, 2014).

Assim, o objetivo geral deste projeto foi desenvolver uma Prova de Conceito (PoC) utilizando exclusivamente geotecnologias Open Source para mapear a acessibilidade vertical na Rocinha. A metodologia proposta baseia-se em uma rotina de amostragem radial por vizinhança em raio fixo de 50 metros a partir de cálculos prévios de altitude por centróides setoriais, integrando APIs de topografia e scripts em Python para a extração de medianas altimétricas e do espectro de declividade. A visualização interativa em PyDeck permite a sobreposição de hipsometria, declividade, densidade de PcD e perfis altimétricos dinâmicos.

Desse modo, a contribuição desta pesquisa está em articular esse repertório com uma aplicação específica na Rocinha, onde os resultados indicam que a maior concentração de PcD ocorre nos tercis de maior altitude da comunidade. A análise revela que existem ilhas de acessibilidade em setores que apresentam, em suas

taxas mínimas de inclinação, declividades abaixo do limite de 8.33% estabelecido pela norma NBR 9050 (ABNT, 2020). Todavia, a exclusão estrutural é confirmada pelo fato de que as medianas e as máximas de inclinação de todos os sub-bairros apresentam taxas acima da norma, evidenciando o isolamento físico dessas populações. Assim, o painel desenvolvido não apenas denuncia as barreiras existentes, mas serve como uma ferramenta robusta para o planejamento de intervenções de mobilidade e a promoção da justiça social, demonstrando que a combinação entre topografia severa e vulnerabilidade social produz um cenário em que a autonomia física é estruturalmente limitada.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Urbanismo Social, Acessibilidade e Geotecnologias

A acessibilidade deve ser entendida como direito, não como adereço da paisagem urbana. Ruiz, Temes-Cordovez e Cámara-Menoyo (2018) mostram que o uso de novas tecnologias de informação pode gerar mapas orientados pelos princípios de justiça espacial, desenho universal e autonomia plena na cidade. Mirri *et al.* (2014) apresentam um serviço geoespacial baseado em OpenStreetMap para fornecer rotas personalizadas a usuários com necessidades especiais, enquanto Prandi, Salomoni e Mirri (2014) combinam sensing, crowdsourcing e sistemas georreferenciados para produzir conjuntos de dados mais detalhados e úteis para acessibilidade urbana.

No campo da cartografia participativa, Flacke, Hoefsloot e Pfeffer (2023) descrevem um protótipo *Open Source* de mapeamento colaborativo inclusivo, desenvolvido com participação de pessoas com deficiência. Já Soman *et al.* (2020) mostram que abordagens computacionais escaláveis, baseadas nas propriedades topológicas de mapas digitais, podem identificar déficits infraestruturais e propor soluções mínimas contextualizadas para assentamentos informais. Em outra frente, Grippa *et al.* (2019) demonstram que soluções *Open Source* conseguem mapear assentamentos precários, extrair informação geográfica útil e disponibilizar métodos e código em acesso aberto, reforçando a viabilidade técnica do caminho adotado aqui.

No Brasil, a literatura sobre mobilidade e acessibilidade em favelas confirma que intervenções nesse campo costumam ser indiretas, fragmentadas ou insuficientes. Brandão e Bueno (2018) observam que as ações ligadas à mobilidade física e à acessibilidade integram a infraestrutura necessária à regularização urbana e fundiária, mas ainda aparecem de modo indireto nos programas de urbanização. Izaga e Pereira (2014), ao tratarem de favelas cariocas, mostram que o tema da mobilidade urbana foi enfrentado em programas recentes, mas sem resolver de forma plena as demandas de circulação em áreas de encosta. Rodrigues *et al.* (2021) reforçam que moradores de favela apresentam desigualdades espaciais e temporais de deslocamento em relação a não moradores, o que ajuda a sustentar a hipótese de que a desigualdade territorial se traduz em desigualdade de mobilidade.

O enquadramento normativo deste trabalho se apoia na NBR 9050 (ABNT, 2020) que estabelece critérios e parâmetros técnicos para projetos, construção, adaptação e instalação de edificações e do meio urbano em condições de acessibilidade. No caso desta pesquisa, a norma foi usada como referência para interpretar o grau de criticidade da inclinação observada via amostragem espacial, especialmente porque o relevo predominante do território já ultrapassa de forma expressiva os limites aceitáveis para a circulação autônoma de PcD.

2.2 Urbanismo Social em Contextos de Morfologia de Confinamento

O conceito de urbanismo social emerge como uma abordagem transformadora para o planejamento urbano, especialmente em contextos de alta vulnerabilidade social e espacial. Diferentemente das intervenções urbanísticas tradicionais, que por

vezes priorizam a infraestrutura física em detrimento das necessidades sociais, o urbanismo social busca a integração entre o espaço físico e o tecido social, promovendo a equidade, a participação cidadã e a melhoria da qualidade de vida (Carro, 2021).

Todavia, ao mergulharmos na morfologia do confinamento, somos confrontados com a antítese dessa fluidez. Aqui, o território deixa de ser um palco passivo para tornar-se um agente que dita quem pode e quem não pode se reproduzir espacialmente. A condição morfológica deixa de ser apenas uma formação geológica e surge como uma arquitetura de exclusão, onde cada grau de inclinação atua como um degrau invisível, e cada centímetro de altitude amplia a distância física e simbólica entre o cidadão e seu direito à cidade. Nessas condições geográficas, o confinamento não se manifesta por grades, mas sim por declividades e altimetrias impeditivas, pois a morfologia da encosta torna-se uma barreira topográfica que, em diferentes sentidos, cristaliza a imobilidade de PcD e transforma a paisagem em uma barreira material à soberania da existência urbana.

Neste campo há um escopo de experiências notáveis como as de Medellín, na Colômbia, que demonstraram o potencial do urbanismo social para reverter quadros de violência e exclusão através de projetos que combinam infraestrutura de transporte com equipamentos sociais e culturais, conectando as periferias ao centro da cidade e promovendo um senso de pertencimento (Darabi, 2019).

No entanto, a replicação de modelos de sucesso exige uma compreensão aprofundada do contexto local. A experiência do Rio de Janeiro com teleféricos em favelas, como no Complexo do Alemão, embora inspirada em Medellín, enfrentou desafios significativos e não alcançou o mesmo impacto transformador, acredita-se que, em parte, devido à falta de consulta e alinhamento com as prioridades da comunidade (Santos; Gonçalves, 2019). Isso reforça a importância de abordagens participativas e da utilização de dados precisos para informar as decisões de planejamento, garantindo que as intervenções sejam verdadeiramente responsivas às necessidades dos moradores e fundamentadas em evidências geoespaciais.

2.3 Acessibilidade para Pessoas com Deficiência (PCDs) em Territórios Informais e o Papel das Geotecnologias Open Source na Promoção da Equidade

A acessibilidade urbana é um direito fundamental e um pilar do urbanismo inclusivo. Para as PcD, a acessibilidade vai além da simples remoção de barreiras arquitetônicas, pois ela engloba a garantia de autonomia, segurança e participação plena na vida social. Em grande parte das favelas cariocas, as barreiras são amplificadas pela topografia acidentada, vias estreitas e irregulares, ausência de calçadas adequadas e falta de transporte público adaptado (Alvim, [s. d.]). A Norma Brasileira de Acessibilidade estabelece parâmetros técnicos para garantir a acessibilidade em edificações, espaços e equipamentos urbanos, incluindo limites de declividade para rampas (ABNT, 2020). Contudo, a aplicação dessa norma em territórios informais apresenta desafios complexos.

A vulnerabilidade das PcD em favelas é multidimensional, indo além das dificuldades de mobilidade, mas alcançando também o acesso limitado a serviços de saúde, educação, empregos, assistência social, entre outros. O mapeamento da distribuição espacial de PCDs em relação às características topográficas do terreno é crucial para identificar áreas críticas e priorizar intervenções que promovam a inclusão e a equidade.

Desse modo, as geotecnologias têm se mostrado ferramentas poderosas para o estudo e a intervenção em contextos urbanos complexos. A capacidade de coletar, processar, analisar e visualizar dados geoespaciais de forma acessível e transparente atua no preenchimento de lacunas históricas de informação e no empoderamento de comunidades (Chakraborty *et al.*, 2015). A utilização de APIs de elevação, sistemas de informação geográfica (SIG) baseados em software livre e

linguagens de programação como Python permite a criação de modelos digitais de terreno e a análise de padrões espaciais que seriam inviáveis com métodos tradicionais ou softwares proprietários de alto custo.

Neste projeto, a escolha por uma abordagem 100% *Open Source* não é meramente ao acaso ou por uma questão de custo, mas sim um posicionamento ético e metodológico. Ela garante a reprodutibilidade do estudo, a auditabilidade dos processos e a possibilidade de adaptação e aprimoramento por outras comunidades e pesquisadores. Ao disponibilizar o pipeline de processamento em acesso aberto, este trabalho contribui para a construção de um conhecimento coletivo voltado à promoção da justiça espacial em territórios marginalizados.

3 Metodologia e Pipeline Técnico

Este estudo emprega um pipeline de inteligência territorial robusto, projetado sob a premissa de democratização do acesso à análise geoespacial por meio de ferramentas Open Source. A arquitetura foi concebida para mitigar a escassez de microdados em comunidades urbanas e promover a reprodutibilidade em outros contextos informais. O corpus de dados sobre a população PcD na Rocinha foi obtido a partir de dados secundários oriundos do Instituto Pereira Passos (IPP), com período de referência no ano de 2019. A utilização desta base, disponibilizada por meio do Projeto UNIR (PUC-Rio, 2025), permite analisar a distribuição socioespacial deste grupo demográfico conforme os registros censitários/administrativos consolidados pelo município naquele recorte temporal. Embora o período de referência apresente uma defasagem temporal, esta base constitui uma fonte oficial consolidada para a análise da distribuição de PcD no território da Rocinha. Para garantir a integridade analítica frente à morfologia acidentada do território e superar as limitações de resolução espacial, aplicou-se uma rotina de amostragem avançada e tratamento estatístico de ranqueamento, cujas etapas estruturais são descritas abaixo:

3.1 Aquisição e Pré-processamento de Dados Topográficos

A principal barreira para a análise topográfica detalhada em favelas é a ausência de Modelos Digitais de Terreno (MDT) de alta resolução fornecidos por órgãos oficiais. A Rocinha, por sua vez, carece de base altimétrica oficial suficientemente fina para o problema proposto. Para superar essa limitação, a Prova de Conceito (PoC) processou a extração altimétrica através de um motor de busca resiliente com tripla redundância: APIs Open-Elevation e OpenTopoData, com fallback geodésico automatizado, garantindo a integridade da malha 3D mesmo em instabilidades de rede. Esse pipeline oferece uma alternativa gratuita e de código aberto para a obtenção de dados altimétricos globais, permitindo consultas de elevação para coordenadas geográficas específicas. Embora a precisão possa variar dependendo da fonte de dados subjacente, estas provaram ser adequadas para a escala de análise proposta.

O primeiro passo do processamento espacial envolveu a utilização de scripts em Python, com a biblioteca GeoPandas, para manipular a malha vetorial (GeoJSON) que representa os sub-bairros da Rocinha. Inicialmente foi extraído apenas a altitude geométrica do centróide, mas esse processo se tornou vulnerável a falsos platôs capturados pelo satélite. Superando isso, o algoritmo gerou uma malha de nove pontos para cada setor, ou seja, o centróide acrescido de oito vetores em projeção radial de 50 metros. O motor de altimetria consultou a elevação de toda a amostra e a altitude do território foi definida pela mediana destes nove pontos. Essa abordagem estabiliza anomalias topográficas locais e garante a recuperação da cota real do solo. Para a classificação hipsométrica, aplicou-se o método de ranqueamento estatístico em tercís, garantindo a homogeneidade volumétrica das amostras.

Posteriormente, derivou-se matematicamente um outro indicador crítico de

acessibilidade vertical: a declividade do terreno. Utilizando a mesma malha radial de 50 metros, calculou-se a diferença de altitude do centróide em relação às extremidades da sua envolvente espacial. Para mitigar o ruído inerente aos dados orbitais sem mascarar a realidade impeditiva da encosta, o modelo extraiu o espectro completo de inclinação local: mínima, mediana e máxima. Nesta etapa, o objetivo foi criar um gradiente topográfico aproximado, porém funcional para o diagnóstico territorial.

A lógica adotada parte de um princípio pragmático: em territórios socialmente vulneráveis, uma precisão excessivamente custosa pode inviabilizar a análise. Entretanto, uma simplificação bem calibrada pode produzir evidência suficiente para orientar intervenção. A flutuação natural do método orbital é compensada pela extração do espectro completo no raio de 50 metros como balizador do mapeamento. Desse modo, o panorama da encosta é preservado e leituras pontuais enganosas são contornadas, revelando a verdadeira barreira física instalada no território.

3.2 Classificação, Visualização Interativa e Tratamento Geoestatístico

Após o processamento primário, os dados de elevação foram submetidos a um tratamento estatístico avançado visando superar as limitações de resolução espacial (30m) dos modelos orbitais globais. Para assegurar que o micro-relevo da Rocinha não fosse mascarado pelo achatamento digital, implementou-se uma rotina de amostragem radial por vizinhança. A utilização de operações de vizinhança para a extração de estatísticas topográficas é um método consolidado na literatura espacial para mitigar ruídos locais em Modelos Digitais de Elevação (MDE) e calcular o gradiente real do terreno (Burrough; McDonnell; Lloyd, 2015). Para cada setor censitário, foi gerada uma malha de nove pontos — um centróide e oito pontos radiais em um raio fixo de 50 metros —, cujas variáveis foram classificadas e tratadas da seguinte forma:

- **Hipsometria (Altitude):** A cota altimétrica de cada setor foi definida pela mediana da amostra de pontos. Esta técnica permitiu estabilizar o modelo contra anomalias do Modelo Digital de Superfície (MDS), tais como ruídos de radar causados por telhados adensados ou até mesmo infraestruturas elevadas, garantindo a recuperação da cota real do solo. A variável foi dividida em três classes por Tercis (baixo, médio, alto), permitindo correlacionar estratos de altitude com a vulnerabilidade social.
- **Declividade (Inclinação):** Com o intuito de garantir a transparência analítica e a fim de evitar vieses narrativos, o modelo extraiu o espectro completo de inclinação por sub-bairro: mínima, mediana e máxima. Para a representação cartográfica e ranqueamento — dividido em sete classes por quantis —, adotou-se o critério da declividade máxima. Tal escolha é fundamentada na norma NBR 9050 (ABNT, 2020), que estabelece a acessibilidade baseada no ponto mais restritivo do percurso. Desse modo, o índice identifica o pior grau de barreira física, impedindo que gargalos críticos sejam diluídos por médias aritméticas. Entretanto, para assegurar a integridade científica da amostra, o espectro completo é apresentado de forma transparente no painel de evidências.

Estruturalmente, o projeto foi consolidado em um repositório no GitHub, servindo como base para o desenvolvimento do painel interativo via biblioteca Streamlit, que permite a criação de aplicações web de dados em Python. Posteriormente, a integração da biblioteca PyDeck foi estratégica para viabilizar visualizações geoespaciais 3D de alto desempenho, permitindo a renderização de camadas extrudadas para representar a hipsometria local. Nesta configuração, a altura das extrusões corresponde à altitude real dos setores, conferindo uma percepção volumétrica imediata da topografia. Paralelamente, a aplicação de camadas de dispersão permitiu a visualização da concentração de PcD através de um gradiente de densidade, onde o raio e a cor das bolhas representam o percentual

populacional de pessoas com deficiência em cada território. Essa sobreposição analítica foi fundamental para identificar com precisão os hotspots de vulnerabilidade espacial na comunidade e apresentar os dados de múltiplas perspectivas.

Complementarmente, a biblioteca Plotly foi utilizada para a geração de gráficos dinâmicos, tais como perfis hipsométricos, diagramas de dispersão para análise de correlação e perfis de espectro de declividade que permitem ao utilizador comparar simultaneamente as variações de relevo em cada sub-bairro. Essa abordagem oferece funcionalidades de interatividade para explorar os dados de forma multidimensional, além da possibilidade de exportação instantânea em formato PNG. Tal recurso é estratégico para a gestão pública, pois viabiliza a transposição direta de evidências visuais para relatórios técnicos, diagnósticos e peças de planejamento urbano.

Adicionalmente, o painel integra suporte multilíngue em português, espanhol e inglês. Esta funcionalidade foi concebida como uma estratégia de internacionalização da ferramenta, visando fomentar a exploração do diagnóstico por diferentes públicos e esferas de debate. A Rocinha possui um forte apelo turístico e uma localização privilegiada na Zona Sul do Rio de Janeiro, então o motor multilíngue busca confrontar a narrativa turística convencional com as severas disparidades territoriais internas. É imperativo que o olhar internacional sobre a comunidade compreenda as contradições urbanas e as barreiras de acessibilidade que permanecem invisibilizadas sob a estética das encostas, transformando o dado técnico em um instrumento de denúncia global.

3.3 Inteligência Artificial (IA) Integrada: Copiloto Gemini 1.5 Flash

Uma característica distintiva deste pipeline é a integração da API do Gemini 1.5 Flash, configurada como um agente de inteligência artificial que atua como camada de governança e comunicação. Este agente foi alimentado com os dados do projeto e diretrizes contextuais sobre a Rocinha, urbanismo social e acessibilidade. Sua função é a interpretação semântica das matrizes de correlação, permitindo que o modelo analise e explique as interdependências espaciais entre a distribuição de PcD e as variáveis topográficas, traduzindo dados complexos em respostas inteligíveis.

Adicionalmente, o Copiloto processa consultas em linguagem natural, dirimindo dúvidas técnicas de usuários sobre a metodologia e as implicações dos resultados. Tal arquitetura visa mitigar assimetrias de informação e democratizar o acesso ao conhecimento técnico para não especialistas. Conceitualmente, esta abordagem converge com a literatura que preconiza a combinação de mapeamento colaborativo, open data e serviços espaciais assistivos para a promoção da justiça urbana (Mirri *et al.*, 2014; Prandi; Salomoni; Mirri, 2014; Ruiz; Temes-Cordovez; Cámara-Menoyo, 2018).

4 Resultados

A aplicação do pipeline metodológico revelou padrões espaciais e métricas quantitativas que autenticam a severidade das barreiras de acessibilidade na Favela da Rocinha. As evidências visuais apresentadas nesta seção foram extraídas diretamente da interface do painel, utilizando a funcionalidade nativa de exportação de dados. O principal resultado deste estudo, corroborado pela análise de correlação espacial, revela que a maior concentração média de PcD (6.39%) na Rocinha situa-se nas áreas de maior cota altimétrica e declividade acentuada. A hostilidade geográfica do território restringe a mobilidade justamente nos setores onde o esforço físico exigido é máximo e a autonomia espacial é mínima.

Nesse caso, a topografia não é pano de fundo, mas sim parte ativa da produção da vulnerabilidade, pois evidencia um isolamento geográfico severo, onde a população com maior restrição de mobilidade está confinada nas zonas de mais difícil acesso.

As implicações sociais são profundas, pois limitam o acesso a serviços de saúde, educação, transporte e oportunidades de trabalho (Alvim, [s.d.]). A visualização 3D no mapa interativo torna essa realidade espacial imediatamente perceptível, transformando dados abstratos em uma representação tangível da exclusão.

Ao se aprofundar na leitura normativa, encontra-se um novo alerta de grande relevância: a Norma Brasileira de Acessibilidade NBR 9050 estabelece um limite máximo de inclinação de 8,33% para rampas acessíveis, visando garantir a segurança e a autonomia de pessoas com mobilidade reduzida (ABNT, 2020). No entanto, a análise espacial do território revelou que a mediana de inclinação de 100% dos sub-bairros supera os limites normativos. Os gráficos nas Figuras 1 e 2 detalham os perfis altimétricos e de inclinação da Rocinha. A extração do espectro de declividade demonstra que a maior parte dos setores apresenta trechos com taxas mínimas abaixo de 8,33%, sugerindo a existência de pontuais 'ilhas de acessibilidade'. No entanto, a mediana e a taxa máxima de todos os sub-bairros quebram a continuidade da rota autônoma. Destaca-se o setor Faz Depressa que concentra sozinho, como indica a figura 3, 16,61% de PcD, classificando-o como o terceiro de maior altimetria e apresentando declividade com mediana de 16,3% e máxima de 34%. O abismo topográfico repete-se na Vila Vermelha com taxa máxima de declividade de 46,7% — além da 4ª maior altitude com 206m —, no Capado com 36% e na Cachopa com 26,2% de declividade mediana. Estes setores, respectivamente, concentram elevadas taxas populacionais de 11%, 9,35% e 9,59%.

O gráfico na Figura 4 apresenta o cruzamento estatístico entre a altitude e a concentração de PcD por setor, tornando visível o hotspot de vulnerabilidade localizado no topo da comunidade. Já o gráfico na Figura 5 detalha a dispersão desse grupo em relação à declividade local, demonstrando que a maior parte dos moradores com deficiência reside em zonas que ultrapassam drasticamente os limites de inclinação previstos para a autonomia funcional. Por fim, a Figura 6 consolida a concentração de PcD por nível de terreno, destacando os planos mais altos concentrando 6,39%.

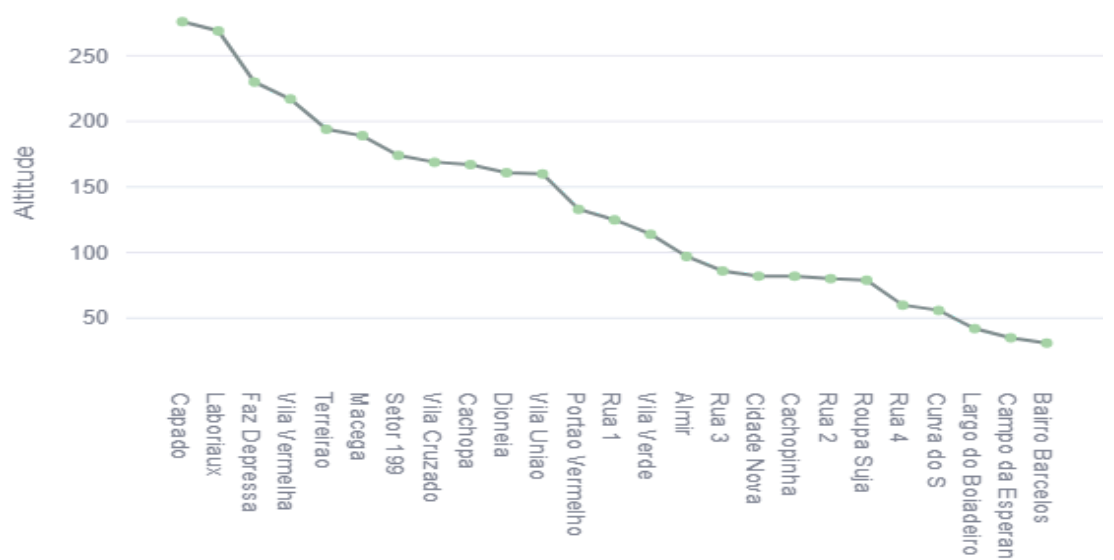


Figura 1: Perfil hipsométrico (variação da altitude nos sub-bairros da Rocinha)
 Fonte: Elaborado pelos autores

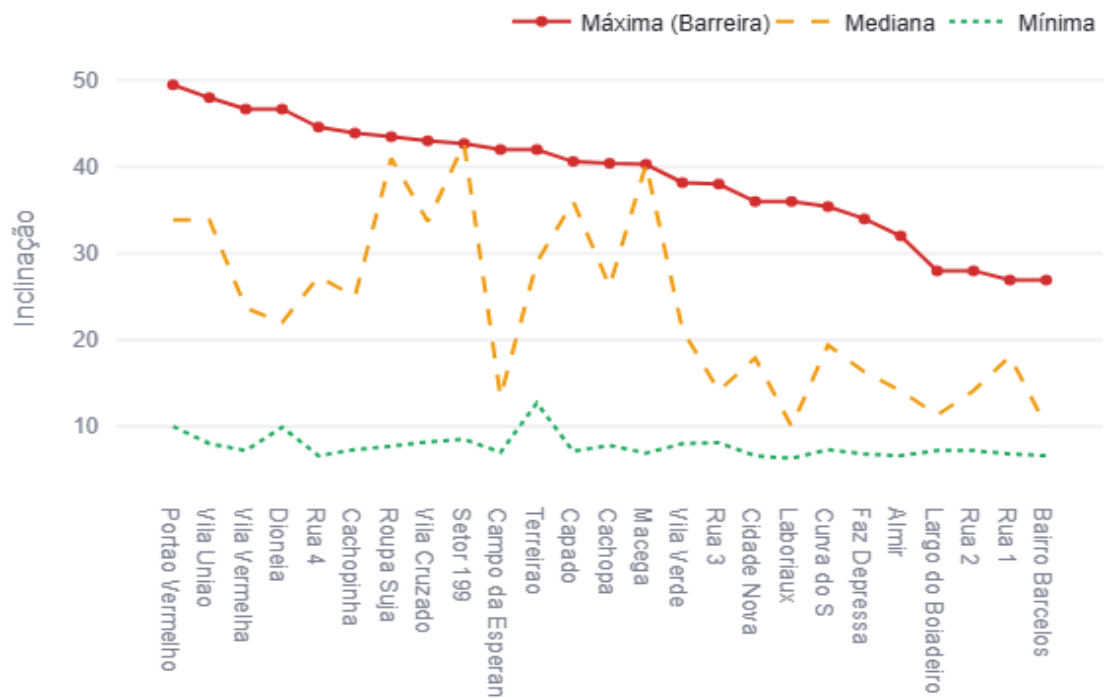


Figura 2: Espectro de inclinação (distribuição dos percentuais de declividade (%) por sub-bairro na Rocinha)
 Fonte: Elaborado pelos autores

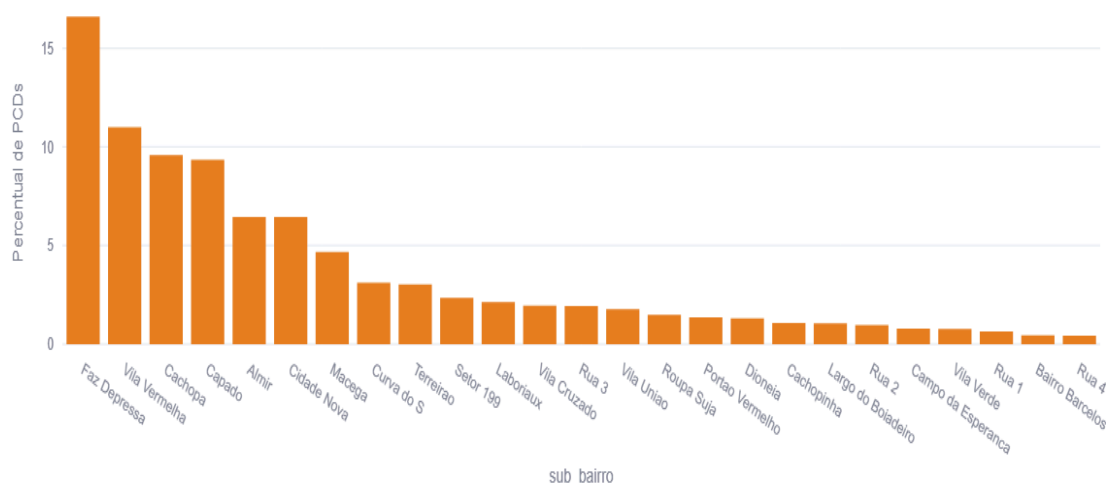


Figura 3: Distribuição percentual de PcD por sub-bairro na Rocinha
Fonte: Elaborado pelos autores

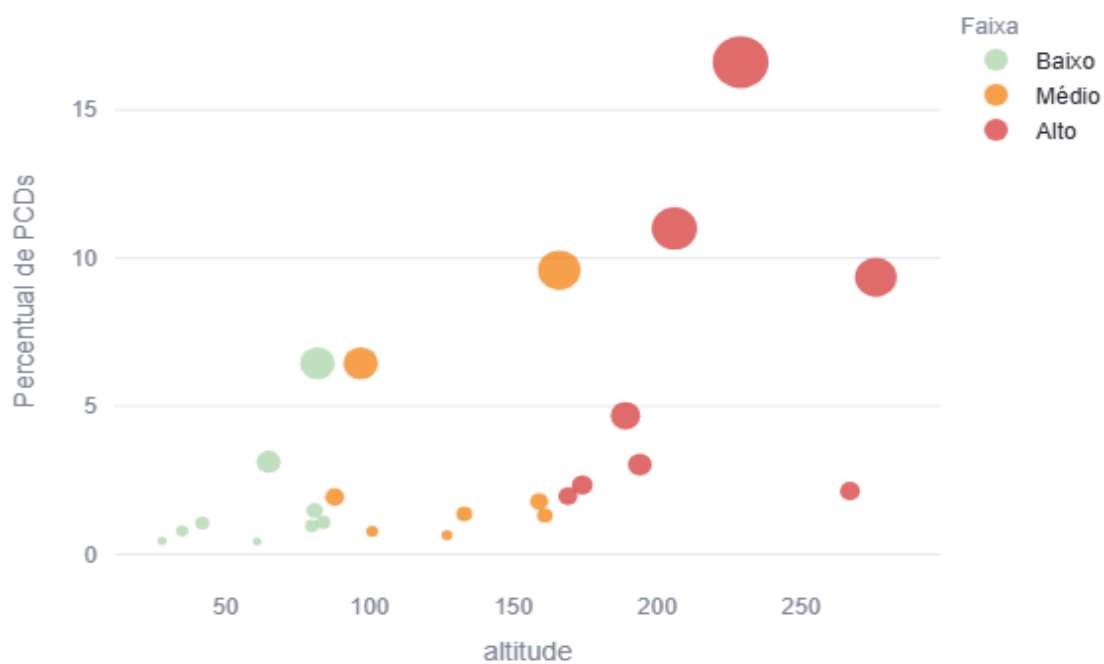


Figura 4: Dispersão e correlação entre a altitude (m) e a concentração de PcD (%)
nos sub-bairros da Rocinha
Fonte: Elaborado pelos autores

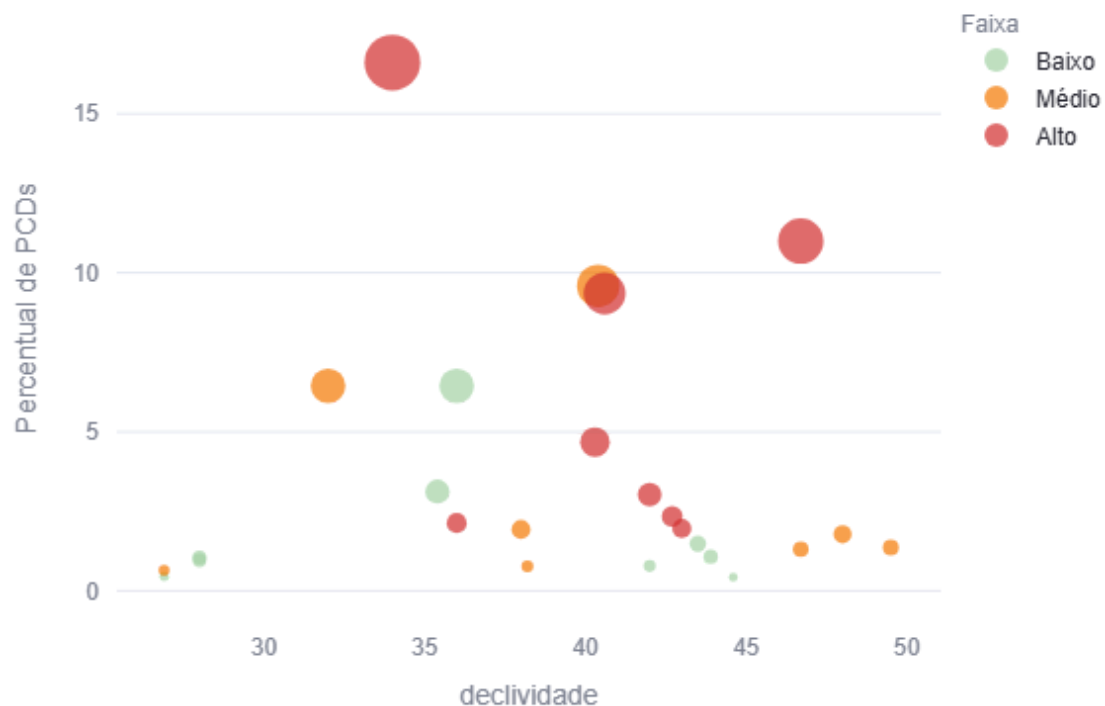


Figura 5: Dispersão espacial e correlação entre a densidade de PcD (%) e os índices de declividade (%) nos sub-bairros da Rocinha
 Fonte: Elaborado pelos autores

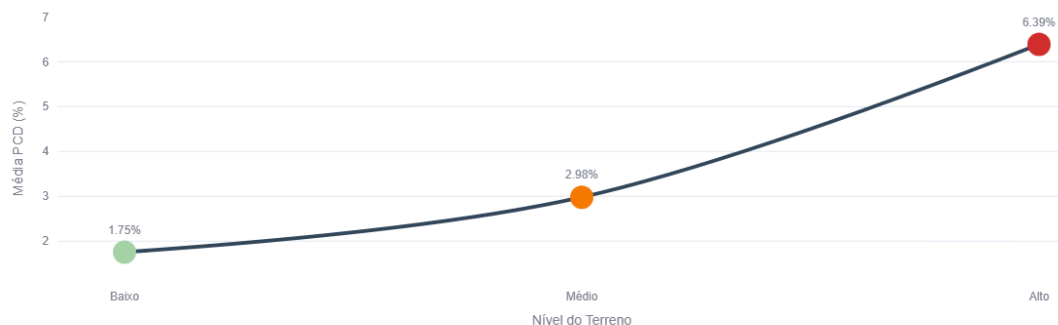


Figura 6: Densidade populacional média de PcD (%) segundo as faixas de nível do terreno (Baixo, Médio, Alto)
 Fonte: Elaborado pelos autores

Este cenário indica que a acessibilidade universal não falha apenas nos trechos mais críticos, pois ela já entra em colapso na própria média estrutural do bairro. Em um terreno acidentado como a Rocinha, caso não haja infraestrutura de mobilidade vertical massiva, a circulação autônoma de PcD não é apenas dificultada, mas sim estruturalmente impossibilitada. Este dado quantifica a inacessibilidade crônica do território e a ineficácia de soluções paliativas de adaptação. Ele serve como uma evidência da necessidade de intervenções estruturais profundas para que sejam oferecidas condições de dignidade e autonomia às PcD da comunidade.

A literatura sobre mobilidade em favelas cariocas e sobre acessibilidade em assentamentos precários sustenta essa leitura ao mostrar que a mobilidade é um componente central da urbanização, mas frequentemente tratado de modo secundário nas intervenções públicas. Outro resultado importante é a utilidade do painel como instrumento de transparência. Ao cruzar a densidade de PcD e a topografia, o sistema torna visível uma relação que, em diagnósticos tradicionais,

permanece abstrata em relatórios de órgãos públicos. A visualização interativa não substitui a análise territorial, mas a torna inquestionavelmente inteligível. Isso é coerente com trabalhos que demonstram a capacidade de mapas colaborativos e bases abertas no apoio a soluções em assentamentos informais (Brandão; Bueno, 2018; Izaga; Pereira, 2014; Rodrigues *et al.*, 2021).

5 Discussão

Os resultados obtidos neste estudo reforçam a complexidade dos desafios de acessibilidade em assentamentos informais e a urgência de abordagens inovadoras para o planejamento urbano. A concentração de PcD em áreas de maior declividade na Rocinha não se trata de um fenômeno isolado, mas sim um reflexo das dinâmicas socioespaciais e econômicas que historicamente empurram as populações mais vulneráveis para as zonas de risco e de difícil acesso, expressando um desenvolvimento geográfico desigual (Ribeiro, 2010; Harvey, 2006).

Nesse sentido, a contribuição do projeto é ampla. Do ponto de vista técnico, ele valida um pipeline replicável, de baixo custo financeiro e independente — ou complementar — de bases oficiais complexas. Do ponto de vista político, o projeto expõe o terreno em argumento público ao mostrar que a desigualdade espacial da Rocinha não é abstrata, pois é mensurável, visualizável e comunicável. O conceito de morfologia do confinamento deixa de ser uma simples metáfora retórica e ganha força ao se tornar uma evidência geotecnológica, amparada por dados e por uma fundamentação cartográfica acessível à gestão pública.

Embora os Modelos Digitais de Elevação (MDE) globais ofereçam uma base de dados valiosa para análises em larga escala, sua resolução espacial de 30 metros impõe limites severos à captura do micro-relevo urbano. Dessa forma, é possível que haja um desvio causado por uma suavização morfológica, sobretudo em áreas de encosta como a localidade do Laboriaux. Por situar-se em uma crista estreita, o algoritmo de amostragem orbital acaba por integrar a média de cumes e encostas adjacentes em um único pixel, resultando em inclinações subestimadas — nesse caso, uma mediana de 10% —, que contrastam com a percepção local de declividades críticas. Este fator metodológico justifica e valida a adoção do espectro de inclinação no motor de tratamento de dados deste projeto, atuando como um filtro necessário para mitigar o achatamento digital do sensor e aproximar o modelo da verdadeira experiência física imposta aos moradores.

5.1 Comparativo com experiências de mobilidade vertical e implicações para políticas públicas e pesquisas futuras

A necessidade de intervenções massivas de mobilidade vertical, como planos inclinados e elevadores urbanos, emerge como uma alternativa prática incontornável. Diversas experiências globais desta natureza, como o Metrocable de Medellín, na Colômbia, demonstram o potencial transformador de sistemas de transporte por cabo em favelas. Em Medellín, o Metrocable não apenas melhorou a conectividade física, mas também atuou como um catalisador para o urbanismo social, integrando comunidades marginalizadas à cidade formal e reduzindo a violência (Darabi, 2019).

Todavia, a replicação desses modelos não é trivial e demanda estudo prévio, respeitando as subjetividades do lugar. O caso do teleférico do Complexo do Alemão, no Rio de Janeiro, serve como um contraponto relevante. Apesar da similaridade tecnológica ao exemplo mencionado, a falta de engajamento comunitário e a priorização de projetos de grande porte em detrimento de necessidades básicas, como saneamento e moradia, resultaram em um impacto social limitado e na eventual desativação do sistema (Santos; Gonçalves, 2017). Este desfecho traduz que, por si só, a tecnologia não traz garantias de sucesso, pois deve estar integrada a uma estratégia ampla de urbanismo social. Esse

processo demanda forte participação popular e alinhamento com as demandas locais.

Os planos inclinados, a exemplo dos modelos implementados em favelas do Rio de Janeiro, configuram-se como alternativas de mobilidade vertical. Embora operem em menor escala que sistemas de teleféricos, estes equipamentos oferecem ganhos expressivos de acessibilidade em trechos específicos, desde que integrados a um planejamento que preveja operação e manutenção contínuas. Conforme demonstrado pela diversidade do pipeline tecnológico proposto neste estudo, a eficácia do urbanismo social reside na coexistência e complementaridade de diferentes infraestruturas. Nesse cenário, o painel desenvolvido atua como um instrumento estratégico de inteligência territorial, permitindo identificar os vetores prioritários para a instalação desses equipamentos e maximizando o impacto real na autonomia e na inclusão socioespacial de PcD.

Os resultados têm o poder de respaldar a formulação de políticas públicas. A constatação de que a declividade da Rocinha excede os limites da NBR 9050 (ABNT, 2020) exige uma revisão de abordagens de acessibilidade em favelas. Não basta apenas adaptar, é preciso transformar a infraestrutura de base, o que implica investimentos significativos em mobilidade vertical e, também, em um planejamento que considere a topografia como um elemento central.

Além disso, o uso de geotecnologias Open Source e a integração de IA no processo de análise e visualização oferecem um modelo para o desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão que são acessíveis, transparentes e replicáveis. É recomendável que, em pesquisas futuras, sejam exploradas: a coleta de dados de PcD em maior granularidade — talvez através de mapeamento participativo — para refinar a análise de vulnerabilidade; a integração de outros fatores socioeconômicos no painel interativo; o desenvolvimento de modelos preditivos para identificar áreas de risco de inacessibilidade em outras favelas; e a avaliação do impacto quantitativo de intervenções de mobilidade vertical já existentes.

5.2 Limitações Metodológicas

A dependência de APIs para a obtenção de dados altimétricos, embora seja uma solução pragmática para a ausência de MDTs oficiais, introduz uma limitação significativa na resolução dos dados topográficos. APIs de elevação gratuitas baseiam-se em Modelos Digitais de Elevação (MDEs) globais que possuem resoluções espaciais que variam de 30 a 90 metros. Em ambientes urbanos densos e complexos como as favelas, caracterizados por microtopografias acentuadas, edificações irregulares e vielas estreitas, essa resolução espacial orbital muitas vezes é insuficiente para capturar as minúcias do terreno que impactam diretamente a acessibilidade vertical (Mahabir; Agrawal, 2018).

Embora a implementação da amostragem radial por vizinhança tenha mitigado o viés do centróide único, a escala de análise agregada apresenta desafios em territórios heterogêneos. A extração estatística em nível de sub-bairro, mesmo refinada pelo crivo da declividade máxima, permite avaliar a tendência estrutural da encosta, mas não alcança a escala do projeto arquitetônico. Desse modo, a modelagem não permite identificar barreiras específicas na microescala, como degraus em vielas, que são obstáculos cruciais e intransponíveis para a acessibilidade de PcD.

A resolução nativa dos satélites pode mascarar variações locais críticas, subestimando ou superestimando barreiras em pontos muito específicos. Reconhece-se que a morfologia complexa da Rocinha demanda, em sua instância final, precisão métrica ou centimétrica. Como evolução do projeto, é recomendado que a arquitetura metodológica incorpore bases de altíssima resolução, migrando para o processamento offline de matrizes raster. A aplicação de estatística zonal direta sobre esses dados permitiria o cálculo exato da inclinação de cada trecho de via, mitigando em definitivo as distorções de micro-relevo sem onerar a latência da

aplicação web.

Embora a declividade e altimetria sejam fatores primordiais, a acessibilidade vertical é um conceito multidimensional que vai além da inclinação macro do terreno. Outros elementos de infraestrutura não foram explicitamente considerados na modelagem atual, tais como a pavimentação precária, buracos, largura das vias e ausência de corrimãos. Além disso, a atual inexistência de microdados georreferenciados sobre a localização exata das residências de PcD e a tipologia da deficiência — como usuários de cadeira de rodas ou pessoas com deficiência visual —, limita a granulação da análise de vulnerabilidade, sendo os resultados atuais um retrato da densidade setorial coletiva.

6 Conclusão

Este estudo demonstrou que a geometria do terreno na Favela da Rocinha atua como uma poderosa morfologia do confinamento por conta de sua complexidade morfológica, impondo barreiras intransponíveis à acessibilidade vertical e aprofundando a vulnerabilidade de PcD. A morfologia do confinamento é, portanto, um efeito da geometria urbana sobre o direito de ir e vir. Ao transformar essa condição em visualização analítica, o projeto fortalece a denúncia e oferece base para decisões públicas mais justas.

Na Rocinha, a declividade do terreno excede em muito os padrões normativos de acessibilidade. O mapeamento da acessibilidade vertical revela que a autonomia física de PcD depende menos de soluções pontuais e mais de uma política territorial robusta, centrada em mobilidade vertical, desenho universal e leitura fina da encosta. A principal contribuição do trabalho está em evidenciar a sobreposição entre vulnerabilidade social e barreira topográfica: quando a população com deficiência se concentra em áreas altas e íngremes, a forma urbana passa a ser um mecanismo de exclusão.

Portanto, este artigo demonstra que geotecnologias *Open Source* podem operar como infraestrutura de justiça espacial em territórios de complexidade morfológica, complementando diagnósticos convencionais e dados oficiais. Do ponto de vista metodológico, a combinação entre as APIs Open-Elevation e OpenTopoData, Python, visualização em PyDeck e governança aberta mostra que é possível produzir evidência territorial de baixo custo com alto poder de comunicação.

De um ponto de vista acadêmico e político, o estudo afirma que a acessibilidade é uma questão de estrutura urbana, de gestão da encosta e de redistribuição do direito à cidade. O painel interativo desenvolvido não é apenas uma ferramenta de visualização de dados, mas sim um instrumento de denúncia e um catalisador para o planejamento urbano. Ao tornar visível a invisibilidade da inacessibilidade, ele oferece subsídios técnicos para que a sociedade civil, o poder público e as próprias comunidades possam formular e implementar políticas de urbanismo social baseadas em evidências.

A autonomia física e a plena participação de PcD na vida urbana da Rocinha dependem de intervenções estruturais, planejadas e territorializadas, que reconheçam a topografia como um desafio a ser superado por meio de soluções de mobilidade vertical. Dessa forma, será possível construir cidades verdadeiramente inclusivas, onde a geometria do terreno deixe de ser um muro e se torne um caminho para a equidade.

Como recomendações futuras, é desejável que esta pesquisa evolua para uma ferramenta de planejamento ainda mais precisa, utilizando recursos para superar limitações metodológicas, como a aquisição de dados topográficos de alta resolução via LiDAR (Light Detection and Ranging) ou fotogrametria por drones com técnicas de Structure-from-Motion (SfM) (Chun *et al.*, 2021). Essas tecnologias permitem gerar MDTs e MDSs com precisão centimétrica, capazes de capturar a microtopografia de favelas, incluindo edificações, escadarias e pequenas variações do terreno.

A análise deve migrar da escala de sub-bairro para a escala da edificação e da rede de caminhos. Isso requer o mapeamento detalhado dessas infraestruturas, preferencialmente com dados coletados em campo ou por meio de imagens de satélite de altíssima resolução e técnicas de visão computacional. A utilização de algoritmos de análise de rede que considerem a declividade de cada segmento de via, a presença de degraus, a largura e o tipo de pavimento como atributos da malha permitiria traçar rotas ótimas para diferentes tipos de mobilidade e identificar com precisão gargalos de acessibilidade.

As limitações metodológicas elencadas são inerentes à natureza de uma Prova de Conceito e à complexidade do objeto de estudo. No entanto, elas não diminuem o valor da pesquisa, mas apontam caminhos claros para o aprimoramento. Ao adotar dados topográficos de maior resolução, refinar a escala de análise, engajar a comunidade na coleta de dados e expandir os indicadores de acessibilidade, futuras pesquisas poderão ser construídas sobre esta base sólida. O intuito é desenvolver ferramentas cada vez mais precisas, capazes de subsidiar políticas de urbanismo social que transformem a geometria do terreno — hoje marcada por uma morfologia do confinamento — em um caminho para a inclusão plena de PcD em territórios informais. Reconhece-se, contudo, que tais intervenções são medidas de mitigação das desigualdades preexistentes. O horizonte último da ação pública nestes territórios deve ser, necessariamente, a superação da própria condição de informalidade, integrando plenamente essas áreas à estrutura e aos direitos da cidade formal.

Referências

- ALVIM, M. **A luta do deficiente morador de favelas**. Rio de Janeiro: Viva Favela, [s. d.]. Disponível em: <http://vivafavela.vivario.org.br/408-a-luta-do-deficiente-morador-de-favelas/>. Acesso em: 8 maio 2026.
- ARRUDA, N.; YANCES, H. MAP Cartagena: metodología para el mapeo de asentamientos precarios usando OpenStreetMap. **Revista Cartográfica**, v. 93, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- BRANDÃO, B.; BUENO, L. Intervenções de mobilidade e acessibilidade em programas de urbanização de favelas: análise em São Paulo e Rio de Janeiro de 1996 a 2012. **Arquitetura Revista**, [S. l.], 2018.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A.; LLOYD, C. D. **Principles of Geographical Information Systems**. 3. ed. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- CAPIZZI, P.; MARTORANA, R. Analysis of HVSR data using a modified centroid-based algorithm for near-surface geological reconstruction. **Geosciences**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 147, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3263/12/4/147>. Acesso em: 8 maio 2026.
- CARRO, E. **Urbanismo social**: ferramenta de transformação territorial. ArchDaily Brasil, 20 dez. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/972846/urbanismo-social-ferramenta-de-transformacao-territorial>. Acesso em: 8 maio 2026.
- CHAKRABORTY, A. *et al.* Open data for informal settlements: Toward a user's guide for urban managers and planners. **Journal of Urban Management**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 101-114, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2226585615000229>. Acesso em: 8 maio 2026.
- CHUN, J. *et al.* Comparing High Accuracy t-LiDAR and UAV-SfM Derived Point Clouds for Geomorphological Change Detection. **ISPRS International Journal of**

- Geo-Information**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. 367, jun. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/10/6/367>. Acesso em: 23 maio 2024.
- DARABI, A. In **Medellin, Cable Cars Transformed Slums—In Rio, They Made Them Worse**. [S. l.]: IISD, 11 abr. 2019. Disponível em: <https://www.iisd.org/articles/policy-analysis/medellin-cable-cars-transformed-slums-rio-they-made-them-worse>. Acesso em: 8 maio 2026.
- FLACKE, J.; HOEFSLOOT, F.; PFEFFER, K. Co-designing and mapping for accessible cities: a cross-disability project in Zwolle, The Netherlands. The 18th International Conference on Computational Urban Planning and Urban Management. **Proceedings**. [S. l.: s. n.], 2023.
- GLEESON, Brendan. **Geographies of disability**. London: Routledge, 1999.
- G1 RIO. **Rocinha, maior favela do país segundo Censo 2022, possui mais habitantes que dois terços dos municípios do RJ**. Rio de Janeiro, 8 nov. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2024/11/08/rocinha-maior-favela-do-pais-segundo-censo-possui-mais-habitantes-que-municipios-do-rj.ghtml>. Acesso em: 8 maio 2026.
- GRIPPA, T. *et al.* Mapping slums and model population density using earth observation data and open source solutions. **2019 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE)**, Vannes, France, 2019. doi: 10.1109/JURSE.2019.8808934.
- HARVEY, David. **Os limites do capital**. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Boitempo, 2006. Acesso em: 8 maio 2026.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2022**: Brasil tinha 16,4 milhões de pessoas morando em Favelas e Comunidades Urbanas. Rio de Janeiro: Agência de Notícias IBGE, 8 nov. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41797-censo-2022-brasil-tinha-16-4-milhoes-de-pessoas-morando-em-favelas-e-comunidades-urbanas>. Acesso em: 8 maio 2026.
- IZAGA, F.; PEREIRA, M. A mobilidade urbana na urbanização das favelas no Rio de Janeiro. **Cadernos do Desenvolvimento Fluminense**, Rio de Janeiro, n. 4, 2014.
- MAHABIR, R.; AGRAWAL, S. A Critical Review of High and Very High-Resolution Satellite Imagery for Slum Mapping. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 8, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2413-8851/2/1/8>. Acesso em: 8 maio 2026.
- MIRRI, S. *et al.* On combining crowdsourcing, sensing and open data for an accessible smart city. **Eighth International Conference on Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies**, Oxford, UK, 2014, pp. 294-299, doi: 10.1109/NGMAST.2014.59..
- OPEN-ELEVATION. **A free and open-source elevation API**. 2024. Disponível em: <https://open-elevation.com/>. Acesso em: 8 maio 2026.
- OWEN, K. K.; WONG, D. W. An approach to differentiate informal settlements using spectral, texture, geomorphology and road accessibility metrics. **Applied Geography**, [s. l.], v. 40, p. 101-112, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622812001592>. Acesso em: 8 maio 2026.
- PRANDI, C.; SALOMONI, P.; MIRRI, S. mPASS: integrating people sensing and crowdsourcing to map urban accessibility. **Proceedings of the IEEE International Conference on Consumer Communications and Networking Conference**. 10-13.[S. l.], 2014.
- PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO (PUC-Rio). **Projeto UNIR: Sistema de Informações Geográficas para Apoio ao Urbanismo Social**. Rio de Janeiro: CCS/PUC-Rio, 2025. Disponível em:

https://sigaunir.ccs.puc-rio.br/index.php?option=com_sppagebuilder&view=page&id=142. Acesso em: 8 maio 2026.

RIBEIRO, W. C. **Riscos e vulnerabilidade urbana no Brasil**. Scripta Nova, Barcelona, v. 14, n. 341, nov. 2010.

RIOONWATCH. **Mapping the 'Uncharted' Favela: The Growing Role of Participatory Mapping**. 2017. Disponível em: <https://rioonwatch.org/?p=38456>. Acesso em: 8 maio 2026.

ROCHA, E. **Análise da acessibilidade ao espaço urbano por pessoa em cadeira de rodas empregando tecnologias da geoinformação**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2016.

RODRIGUES, A. *et al.* Measuring mobility inequalities of favela residents based on mobile phone data. **Habitat International**, v. 110, 2021, ISSN 0197-3975, <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2021.102346>, 2021.

RUÍZ, A.; TEMES-CÓRDOVEZ, R. R.; CÁMARA-MENOYO, C. Accesibilidad y tecnologías de información colaborativas. Cartografías para una ciudad inclusiva. **Bitácora Urbano Territorial**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 171–178, 2018. DOI: 10.15446/bitacora.v28n1.68316.

SANTOS, L. B. D.; GONÇALVES, R. S. A questão da mobilidade nos projetos de urbanização: o teleférico como modal de transporte nas favelas. **Escenarios: empresa y territorio**, [s. l.], n. 11, p. 101-115, 2017. Acesso em: 8 maio 2026.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. São Paulo: Hucitec, 1996.

STORYMAPS ARCGIS. **Comparing the spatial accuracy of LiDAR to Digital Elevation**. 2019. Disponível em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/60ea9bed675e4157b2952021e2a41453>. Acesso em: 8 maio 2026.

Sobre os Autores

Alberto Martins Barros é geógrafo, mestre e doutorando em Engenharia de Biossistemas pela UFF. Especialista em Vigilância em Saúde com MBA em Gerenciamento de Projetos, dedica sua trajetória à intersecção entre a ciência de dados geográficos e o território. Possui experiência no desenvolvimento de ETL de dados espaciais e ferramentas de apoio à decisão para contextos urbanos complexos. Atualmente, especializa-se na integração de ecossistemas open-source (como Google Earth Engine, Python, R, PostgreSQL/PostGIS e GeoServer) para a modelagem geoespacial aplicada à vulnerabilidades territoriais, com foco na democratização da inteligência de dados geográficos.

Deise dos Santos Faustino é graduada em Engenharia Cartográfica pela UERJ, possui pós graduação em Petróleo e Gás e Saúde Pública, além de formação em Epidemiologia de Campo pelo Programa EpiSUS. Conta com sólida experiência na gestão e análise de bancos de dados geográficos aplicados ao planejamento urbano, energia e saúde pública.

Luan da Silva Costa é geógrafo pela PUC-Rio e especialista em Sistemas de Informação, Monitoramento e Análise de Saúde Pública pela Fiocruz. Atua como Analista de Geoprocessamento na Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro. Desenvolve trabalhos nas áreas de geoprocessamento aplicado à saúde, epidemiologia espacial e análise de dados geográficos.

William Cosme de Souza Bannitz é geógrafo formado pela PUC-Rio. Possui formação em epidemiologia de campo pelo EpiSUS Fundamental e desenvolve trabalhos nas áreas de geoprocessamento aplicado à saúde, epidemiologia e análise de dados geoespaciais. Rotineiramente utiliza um ecossistema que integra

ferramentas de geoprocessamento aplicando Python e Inteligência Artificial na automação de processos.

Contribuições dos Autores

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

Disponibilidade de Dados

Os dados geoespaciais e os resultados processados para esta pesquisa podem ser explorados através do painel interativo disponível em: **Painel de Acessibilidade Vertical: Rocinha**. (<https://pcdrocinha.streamlit.app/>)

Agradecimentos

Os autores reconhecem as contribuições do Projeto UNIR (PUC-Rio) ao consolidar uma plataforma que funciona como repositório de dados da Rocinha, tendo sido essencial para o desenvolvimento da pesquisa.

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:

- Promover e coordenar a intervenção pública sobre o espaço urbano do Município;
- Prover e integrar as atividades do sistema de informações geográficas, cartográficas, monográficas e dados estatísticos da Cidade;
- 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.