

# Estudo de Caso Sobre Cobertura e Capacidade de Transmissão de Redes 5G Comerciais em um Cenário Urbano

Bruna Souza, Fred Pinheiro, Gutembergue Silva, Vicente Sousa, Ricardo Silva e Marcio Rodrigues

**Resumo**— A quinta geração das redes móveis (5G) surge para atender crescente demanda por conectividade, propondo um serviço de alta largura de banda e baixa latência, bem como o suporte a outros dispositivos, além do telefone celular. Apesar da grande oportunidade, a implantação deste serviço no Brasil ainda não apresentou resultados impactantes, devido ao alto investimento necessário para implementação das versões mais avançadas do 5G. No Brasil, as operadoras optaram inicialmente pela instalação da versão do 5G *Non-Standalone* (NSA), que ainda utiliza o núcleo de rede da quarta geração das redes móveis (4G). Adicionalmente, devido a maior frequência de operação, muitos sítios 5G precisam ser implantados, materializando outro fator negativo. Este trabalho apresenta uma análise do serviço 5G ofertado pelas operadoras de telefonia móvel em um bairro da cidade do Natal, no estado do Rio Grande do Norte, com objetivo de obter um panorama do serviço ofertado e avaliar sua qualidade, comparando resultados de medições em locais estratégicos. As medições foram realizadas utilizando o SpeedTest (com celular parado) e o G-NetTrack Pro (com celular em movimento) em 22 pontos de medição e na rota que abrange tais pontos. Os resultados obtidos indicaram que a cobertura do sinal 5G na região analisada varia entre as operadoras, tanto em área de atendimento como em taxas de dados.

**Palavras-Chave**— 5G, Medições com Dispositivos Móveis, Cobertura, Taxa de Dados.

## I. INTRODUÇÃO

A evolução das tecnologias de redes móveis tem como mais recente ponto focal a quinta geração de redes móveis (5G). Esta geração apresentou um avanço significativo em relação às anteriores, propondo uma conexão mais rápida, confiável e com menor latência, abrindo caminho para uma variedade de aplicações inovadoras em diversos setores da economia.

A implementação do 5G no Brasil enfrenta desafios. Embora o leilão do espectro de frequências para esta geração tenha ocorrido em 2021 [1], a expansão da infraestrutura necessária, a legislação correspondente, bem como a acessibilidade aos dispositivos compatíveis, limitam tal implementação. As diversidades técnicas e econômicas fazem com que o processo de implementação e a adoção do 5G sejam graduais, dificultando o alcance do potencial máximo do 5G.

Em Natal, capital do Rio Grande do Norte, a disponibilização do 5G para a população iniciou no segundo semestre de 2022 [1], por operadoras que adquiriram a faixa de 3,5 GHz na licitação do 5G. Este estudo apresenta uma avaliação de desempenho de redes 5G em operação comercial. Redes de duas operadoras que operam na cidade do Natal foram avaliadas e comparadas com as redes de quarta geração

(4G) das respectivas operadoras. A avaliação foi conduzida no bairro de Candelária, localizado na região central da Zona Sul de Natal. Foram realizadas medições em locais estratégicos do bairro, com o auxílio de um *smartphone*, para captação de métricas de cobertura e da taxa de *download* de cada rede. Ao longo do trabalho, as operadoras analisadas são identificadas como *Operadora 1* e *Operadora 2*.

### A. Trabalhos Relacionados

Uma revisão bibliográfica contemplando artigos em língua inglesa publicados a partir de 2018 (avaliação dos últimos cinco anos) indica vários estudos que compõem o estado da arte acerca do tema cobertura e capacidade de redes 5G. Dentre os inúmeros trabalhos encontrados, ressalta-se [2], que desenvolveu um método de avaliação de desempenho para estações base *Millimeter-Wave* (mmWave) em redes comerciais, com base nas características do sinal dessa banda. O trabalho avaliou o desempenho das estações e forneceu orientações abrangentes para seu projeto e implantação.

O trabalho [3] visou entender o mecanismo de propagação de ondas mmWave por meio de propagação em cenários como: Microcélula Urbana, Macrocélula Urbana, Ponto de Acesso Interno e Macrocélula Rural. Foi calculada a perda de percurso por diferentes modelos e determinado quais são mais adequados para cada cenário avaliado.

Os autores de [4] realizaram predição da intensidade de sinal em redes 5G. Os autores buscaram visualizar o impacto da mudança de frequência na qualidade da comunicação e sugerir mudanças no posicionamento das antenas para que o 5G atinja o mesmo nível de intensidade de sinal observada no 4G.

As principais contribuições do trabalho incluem a avaliação do desempenho da rede existente, a caracterização da cobertura e a comparação do desempenho das redes 5G com redes 4G em um caso prático de uma região com alta densidade urbana e elevado fluxo de pessoas.

O trabalho está dividido da seguinte forma: a Seção II descreve a metodologia adotada nas medições realizadas; a Seção III descreve a caracterização da região de estudo e definição dos pontos de medição; a Seção IV apresenta e discute os resultados obtidos; e, por fim, a Seção V traz as principais conclusões dos autores sobre o estudo realizado.

## II. METODOLOGIA

Para realizar as medições deste trabalho utilizou-se um *smartphone* Samsung Galaxy A14 5G, que suporta as tecnologias *New Radio* (NR) *Non-Standalone* (NSA) e *Standalone* (SA), na faixa de frequências Sub-6GHz da rede 5G. Além disso, ele é dotado de conectividade 4G por meio da tecnologia *Long Term Evolution* (LTE) com *Multiple-Input and Multiple-Output* (MIMO) 4×4, proporcionando taxa de

download de até 390 Mbps e de upload de até 75 Mbps nas redes 4G, conforme especificações do fabricante.

Com o veículo estacionado em cada um dos 22 pontos de medição, foram obtidas as taxas de download das operadoras com o aplicativo SpeedTest [5], enquanto o G-NetTrack Pro [6] foi utilizado para medições dessas taxas com o veículo em movimento, ao longo da rota que abrange os pontos de medição. Esse último aplicativo salva os dados medidos a cada 10 m deslocado, permitindo posterior visualização das medidas no software *Google Earth Pro*.

Para obter as taxas de download, o Speedtest determina a localização do usuário e seleciona o servidor mais próximo, enviando um comando ping para medir o tempo de resposta. Após o ping, inicia-se o teste de download, em que o cliente abre várias conexões para baixar dados, medindo o tempo. Caso haja capacidade disponível, mais conexões são abertas para sobrecarregar a conexão e avaliar sua capacidade máxima. O G-NetTrack monitora redes sem fio, permitindo o registro de parâmetros da rede móvel sem equipamentos especializados. Utilizando o modo Drive, é possível obter informações sobre a célula de serviço atual, como a potência do sinal, a tecnologia de rede, a largura de banda, taxa de download e a identificação da célula.

Quatro rotinas de medição foram executadas entre 18/08/2023 e 25/10/2023, em diferentes dias úteis da semana (segunda a sexta-feira), entre às 18h e 20h, visando medições em situações de pico de fluxo de pessoas na rota.

### III. MAPEAMENTO DO BAIRRO

Utilizou-se os dados fornecidos pela Prefeitura do Natal [7] para estabelecer os limites do bairro de Candelária. Em seguida, usou-se o site TELECO [8] para consultar a localização das Estação Radio Base (ERBs) de duas operadoras na cidade do Natal. Candelária é um bairro que possui zonas residenciais e comerciais, sendo atravessado e margeado por avenidas e rodovias com elevado fluxo de veículos e pessoas.

As ERBs situadas nos limites de Candelária e as situadas fora do bairro, mas que possuíam parte da sua área de cobertura atingindo o bairro, foram selecionadas e mapeadas no software *Google Earth Pro*.

Após a determinação da localização das ERBs, a rota de medição foi definida. Foi priorizada a inclusão das avenidas com maior tráfego de veículos no bairro. Os pontos de medição estática ao longo da rota consideraram o fluxo de pessoas, a distância para as ERBs e a condição de estacionamento para o veículo usado nas medições.

O fluxo de pessoas foi considerado por se relacionar com a densidade de tráfego nas redes móveis em horário de pico. Devido a este mesmo critério, foram considerados locais próximos a *shopping centers*, pontos de ônibus, sinais de trânsito e postos de combustível. A distância para as ERBs foi considerada a fim de distribuir os locais de medição em pontos próximos e distantes das estações. A condição de estacionamento foi determinante para garantir que a rota seria cumprida sem a necessidade de desvios devido à impossibilidade de estacionar o veículo. Considerando tais fatores, elaborou-se a rota mostrada na Fig. 1, contendo os 22 pontos de medição, caracterizados na Tabela I.

### IV. RESULTADOS

Em cada ponto e dia de medição obteve-se as taxas de download e a geração da rede móvel (4G ou 5G) a qual

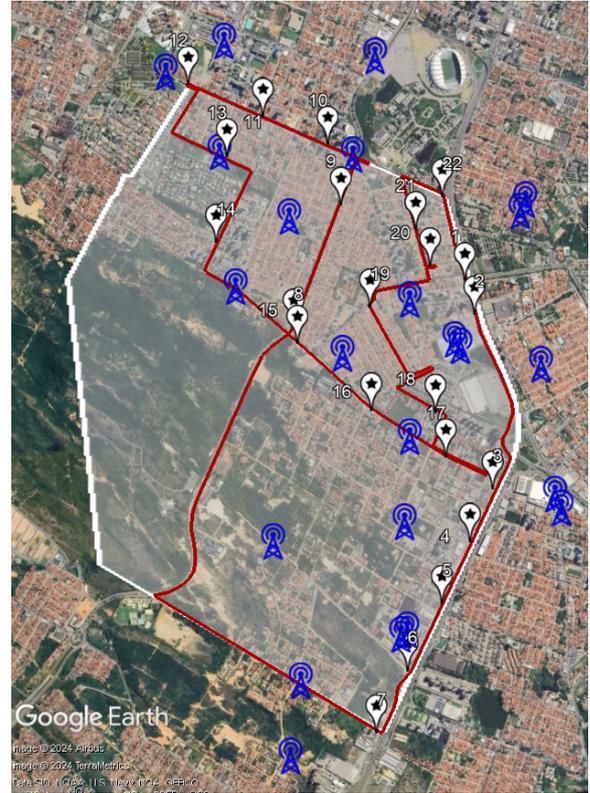


Fig. 1: Rota de medição.

TABELA I: Caracterização dos pontos de medição.

Nome	Denominação do Ponto	Latitude	Longitude
P1	Posto Planalto	-5.838626°	-35.211410°
P2	Agaé	-5.840487°	-35.210870°
P3	Localiza	-5.850273°	-35.209857°
P4	Subway	-5.853197°	-35.211118°
P5	Parque das Pedras	-5.856579°	-35.212658°
P6	Sam's Club	-5.860423°	-35.214589°
P7	Posto Pinheiro Borges	-5.863899°	-35.216330°
P8	Cruzamento Integração	-5.841222°	-35.220940°
P9	CIE	-5.834405°	-35.218311°
P10	Neopet Clínica	-5.830995°	-35.219042°
P11	CCEAR	-5.829425°	-35.222656°
P12	Condomínio West Park Boulevard	-5.827632°	-35.226824°
P13	Arena Carlos Mota	-5.831678°	-35.224661°
P14	Posto São Luiz 3	-5.836477°	-35.225258°
P15	Espetinhos Apodi	-5.842238°	-35.220657°
P16	Posto Madre Tereza	-5.845883°	-35.216572°
P17	Conveniência PR	-5.848466°	-35.212465°
P18	Colégio Hipócrates	-5.845978°	-35.213039°
P19	Igreja de Candelária	-5.840094°	-35.216683°
P20	Sede da Alares	-5.837798°	-35.213340°
P21	Residencial Cristal de Aquarius	-5.835758°	-35.214150°
P22	Banco Bradesco	-5.833932°	-35.212662°

elas se referem, para ambas as operadoras, com o aplicativo SpeedTest. Cada medição de cada operadora gera um dado para uma tecnologia, 4G ou 5G. A seleção da tecnologia é feita de forma automática pelo celular, para refletir sua operação real.

A análise dos gráficos da Fig. 2 mostra que um mesmo ponto de medição pode apresentar brusca variação de taxa de download de um dia para o outro, bem como variação na geração da rede identificada no momento da medição. Circunstâncias adversas impossibilitaram as medições no ponto P6 durante o terceiro e o quarto dia de medição. Deste modo, as análises referentes a esses dias não consideram a presença de tal ponto.

Por diversas vezes, um mesmo ponto apresentou taxas de download distintas para redes da mesma geração, mas de operadoras diferentes. Essa questão é evidenciada nas Figs. 2a,

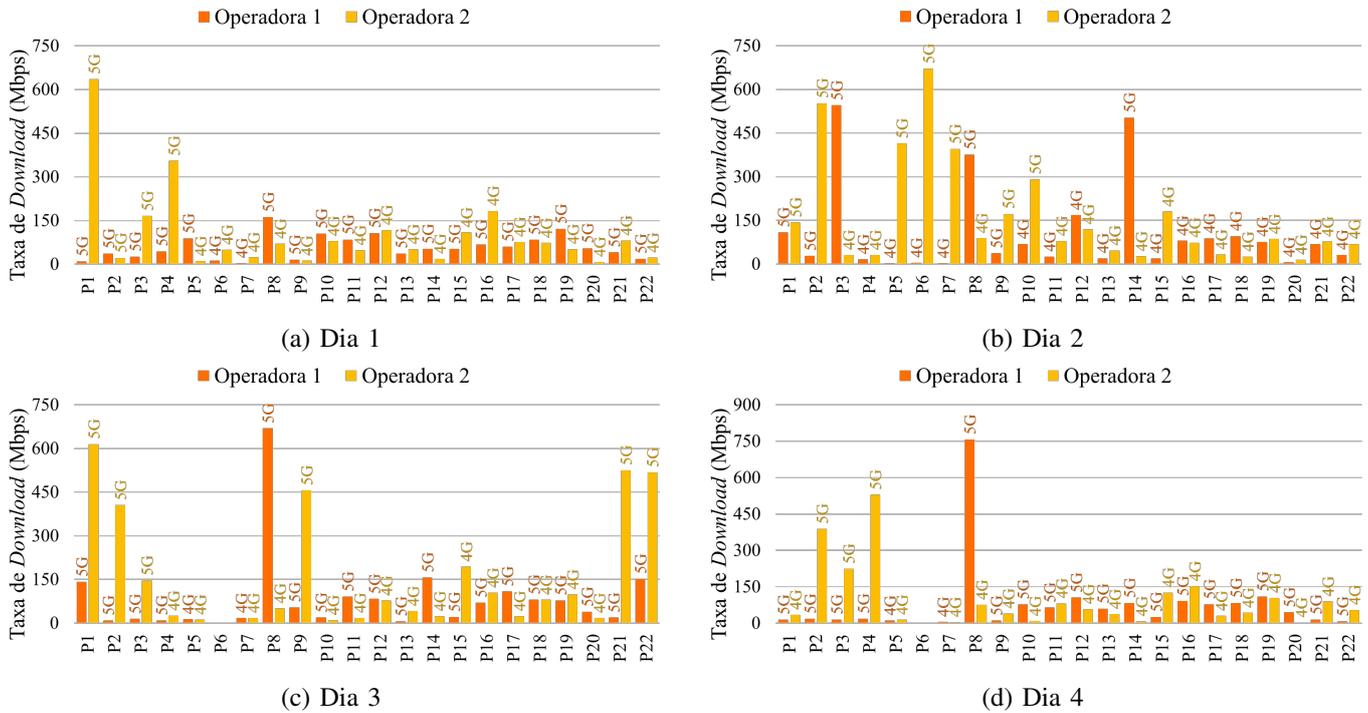


Fig. 2: Taxas de *download* em cada ponto ao longo dos dias de medição.

2b e 2c, nas quais a Operadora 2 apresenta desempenho superior à Operadora 1 no ponto P1, quando se trata da rede 5G, por exemplo. A Operadora 2 também apresentou desempenho superior no quarto dia (Fig. 2d), ainda que a rede indicada no momento do teste fosse a 4G, enquanto o resultado da Operadora 1 é referente à sua rede 5G. Isso pode ter acontecido em um momento de pico de demanda na rede 5G da Operadora 1, enquanto o 4G estava descongestionada na Operadora 2.

O pico da taxa de *download* em cada dia de medição da rede 5G foi obtido em pontos de medição distintos entre as operadoras. Nos dias 1, 3 e 4, a Operadora 1 teve seus picos no ponto P8, enquanto o dia 2 apresentou pico no ponto P3. O ponto P8 está situado na avenida à margem da rodovia BR-101, que margeia o bairro, enquanto o ponto P3 está localizado próximo a uma avenida que apresenta alto fluxo de veículos em horários de pico. A Operadora 2 teve seus picos nos pontos P1, P6, P1 e P4, nos quatro dias de medição, respectivamente. Tais pontos também estão localizados nas marginais da BR-101, indicando que ambas as operadoras entregam taxas maiores em áreas de maior movimento.

Em alguns pontos, a Operadora 1 apresenta taxa de *download* superiores com a rede 4G. Isto pode ser visualizado no ponto P12, visto que a taxa medida no dia 2, referente à rede 4G, é superior aos demais dias que expressam métricas para a rede 5G. O mesmo comportamento é observado nos pontos P18 e P21, mostrados separadamente na Fig. 3. Isso pode ter acontecido em um momento de pico de demanda na rede 5G, enquanto o 4G estava descongestionada.

A Fig. 4 exibe as Funções de Densidade de Probabilidade (PDFs, do inglês *Probability Density Functions*) das taxas de *download* dos quatro dias de medição. Além disso, também apresenta as PDFs dos dados sob um viés apenas da rede 4G e da rede 5G de cada operadora.

As médias da Operadora 2 são maiores que as da Operadora 1 em todos os casos da Fig. 4. Ademais, também apresenta densidades maiores em taxas de *download* mais elevadas.

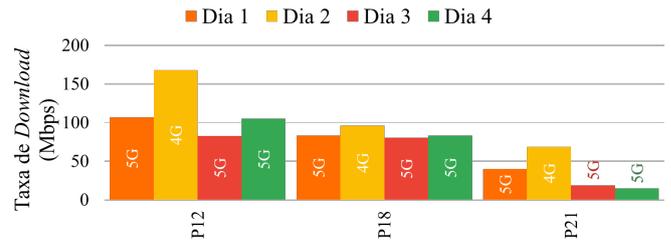


Fig. 3: Comportamento da taxa de *download* da Operadora 1 nos pontos P12, P18 e P21.

Na Fig. 5 são exibidos os resultados obtidos com o aplicativo G-NetTrack Pro em cada dia de medição para ambas as operadoras. Os pontos destacados em verde são referentes a rede 4G e os na cor rosa a rede 5G. Nota-se que na maior parte do trajeto houve predomínio da rede 4G em ambas as operadoras, indicando uma baixa cobertura da rede 5G no bairro.

Ainda que os resultados se contestem sobre a quantidade de pontos de cobertura 5G ao longo do bairro, o comportamento visualizado anteriormente sobre a localização desses pontos se repete na Fig. 5, visto que boa parte dos pontos marcados referentes à rede 5G se situam na mesma região na qual os picos de taxa de *download* foram evidenciados na Fig. 2, próximos da BR-101 ou em avenidas com alto fluxo de veículos em horários de pico.

É importante ressaltar que as medições do G-NetTrack Pro aconteceram no carro em movimento, com uma velocidade média de 27 km/h, atingindo até 60 km/h, enquanto as medições do SpeedTest aconteceram sem movimento e em uma condição completamente *outdoor*. Além disto, alguma diferença na metodologia de medição dos dois *softwares*, possivelmente contribuiu para a discrepância nos dados.

Os resultados apresentados denotam que a Operadora 2 entrega taxas de *download* e cobertura superiores as mesmas métricas da Operadora 1, na maioria dos casos. Questões como taxas de *download* da rede 5G de um ponto serem inferiores

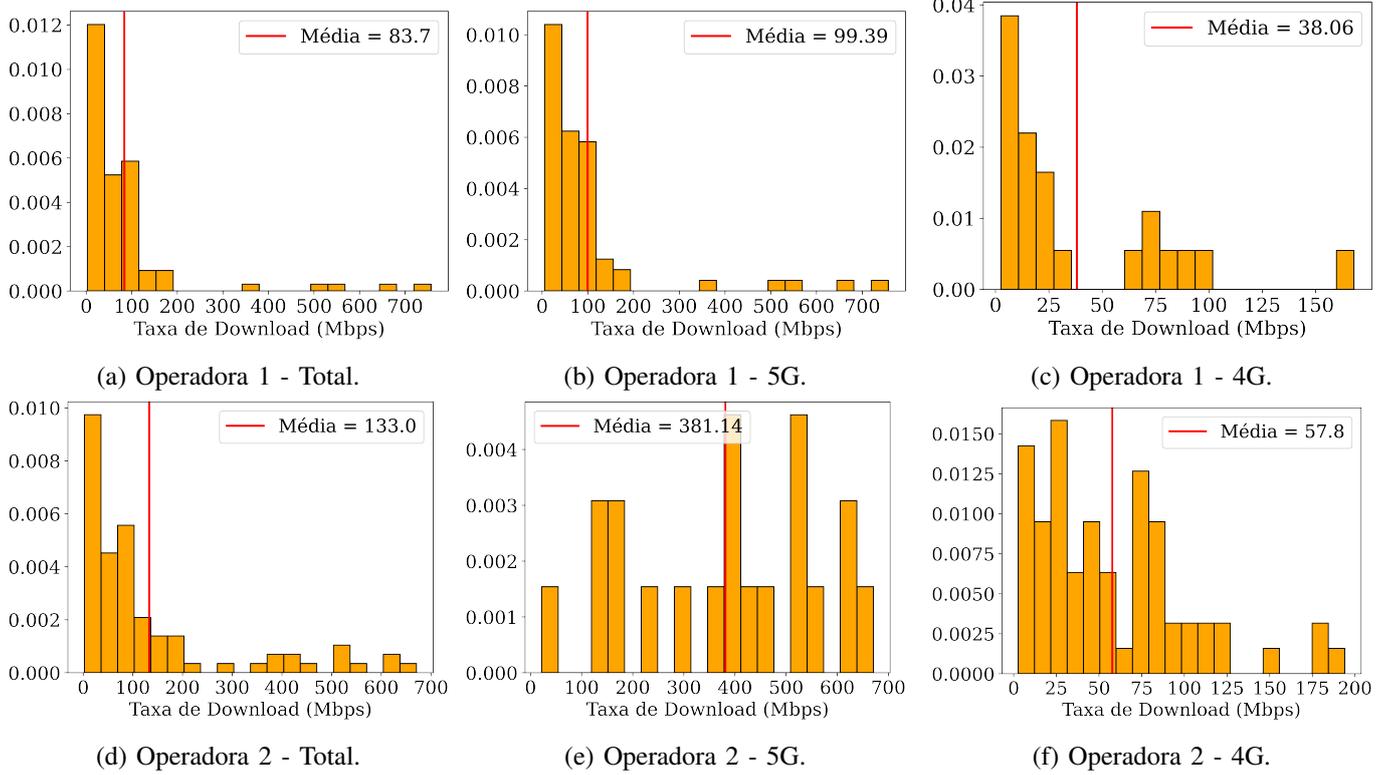


Fig. 4: PDFs das Taxas de *Download* total, apenas da rede 5G e apenas da rede 4G de cada operadora.

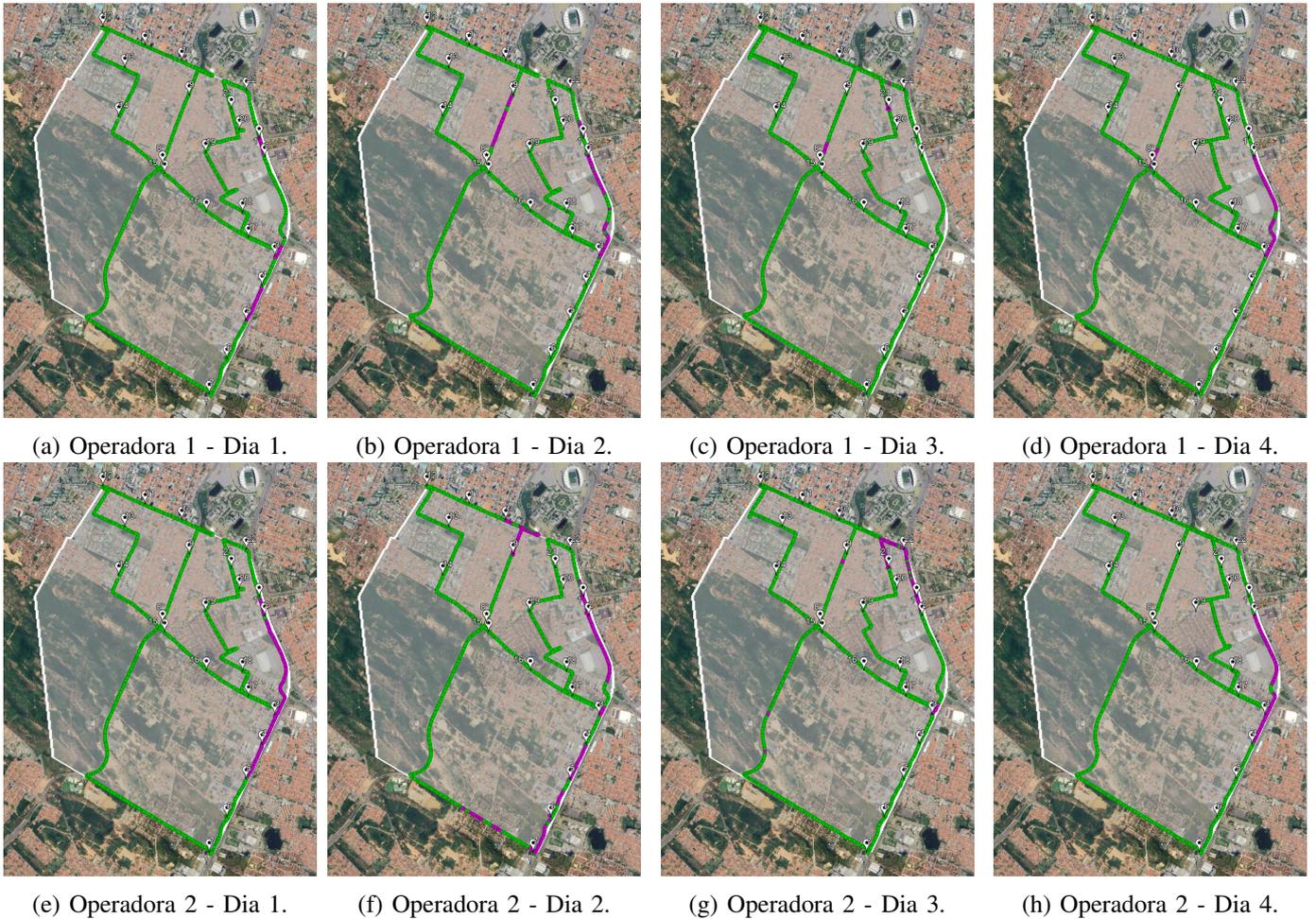


Fig. 5: Medições realizadas no trajeto estabelecido.

às da rede 4G no mesmo ponto são questões críticas a serem melhoradas na Operadora 1.

## V. CONCLUSÕES

O estudo aqui apresentado analisou a taxa de *download* e a cobertura da rede móvel de duas operadoras de telefonia celular no bairro de Candelária, na cidade do Natal, visando investigar a disponibilidade e a qualidade de serviço da rede 5G.

Os resultados indicam que a cobertura do sinal da rede 5G na região varia entre as operadoras, com a Operadora 2 apresentando superioridade consistente também em termos de taxa de *download*. A Operadora 1, embora apresente áreas com taxas elevadas, possui médias inferiores e densidades de probabilidade maiores em taxas de *download* menores.

A atual situação da rede 5G do bairro apresenta taxas de *download* superiores às da rede 4G, todavia, a cobertura dessa rede se dá apenas de forma parcial na região estudada. Na rota analisada, a predominância da rede 5G é encontrada nas regiões com maior fluxo de pessoas, de forma que as maiores taxas estão situadas nas grandes avenidas que atravessam o bairro.

As discrepâncias entre as medições pontuais do SpeedTest e as medições da rota inteira do G-NetTrack Pro indicam a importância de utilizar múltiplas fontes para a avaliação da cobertura e sugere-se que sejam objeto de estudo mais aprofundado.

Para os usuários comuns de redes móveis, a mudança dos *smartphones* para um modelo compatível com as redes 5G pode trazer benefícios em termos de taxa de dados, favorecendo serviços como os de *streaming*, jogos *online* e diversos outros casos que demandem uma alta taxa de transmissão. Considerando que a implantação do 5G em Natal iniciou-se apenas no segundo semestre de 2022, os resultados deste trabalho mostram um cenário otimista, mas indicam a necessidade de aprimoramento por parte das operadoras, para alcançar, de fato, todo o potencial desta geração de redes móveis.

## REFERÊNCIAS

- [1] G. F. do Brasil, "Leilão do 5G confirma expectativas e arrecada R\$ 47,2 bilhões," <https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2021/11/leilao-do-5g-confirma-expectativas-e-arrecada-r-47-2-bilhoes>, 2021, acessado em: 27-05-2023.
- [2] K. Zheng, D. Wang, Y. Han, X. Zhao, and D. Wang, "Performance and measurement analysis of a commercial 5g millimeter-wave network," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 163 996–164 011, 2020.
- [3] M. Talib, N. B. M. Aripin, N. S. Othman, and A. H. Sallomi, "Comprehensive overview on millimeter wave communications for 5g networks concentrating on propagation models for different urban environments," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2322, no. 1, p. 012095, aug 2022. [Online]. Available: <https://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2322/1/012095>
- [4] U. D. Daniel Pereira Gonçalves, "Estudo de predição de cobertura com aplicação em redes 5g," in *XXXVII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBt2019)*, 2019, pp. 1–2.
- [5] Ookla, "Speedtest para android," <https://www.speedtest.net/pt/apps/android>, 2024, acessado em: 24-07-2024.
- [6] G. Solutions, *Manual G-NetTrack*, <https://gyokovsolutions.com/manual-g-nettrack/>, 2024, acessado em: 24-07-2024.
- [7] Prefeitura Municipal do Natal, "Conheça Melhor Seu Bairro: Candelária," <https://natal.rn.gov.br/storage/app/media/sempla/Candelaria.pdf>, 2012, acessado em: 2023-11-08.
- [8] TELECO, "Mapa de Estações Rádio Base (ERBs) - Teleco," 2023, acessado em: 2023-02-06. [Online]. Available: <https://www.telecocare.com.br/mapaerbs/>