

Análise de Cobertura 5G *mmWave* usando o ns-3

Dario Macedo, Ricardo Silva, Lucas Medeiros, Daniel Luna, Tarciana Guerra e Vicente Sousa

Resumo— Com o uso de ondas milimétricas (*mmWave*) na quinta geração (5G) da rede de comunicação do 3GPP, o planejamento de redes celulares passou a apresentar desafios adicionais devido à propagação severa. Este trabalho apresenta uma análise de cobertura para um cenário *indoor* definido pelo 3GPP que utiliza a faixa de 24,3 GHz. Por meio de prototipagem via software (5G-LENA), foram realizadas simulações com diferentes *deployments*, quantidades de antenas e diferentes níveis de potência de transmissão. Os resultados evidenciam que o projeto de implantação deve ser personalizado para cada cenário.

Palavras-Chave— 5G, ns-3, 5G-LENA, Análise de Cobertura.

I. INTRODUÇÃO

A quinta geração de redes móveis (5G), padronizada pelo 3rd Generation Partnership Project (3GPP), tem potencial para levar a banda larga móvel a extremos em termos de capacidade, disponibilidade e vazão [1]. Para isso, o *New Radio* (NR), rede de acesso dessa geração, usa a faixa de frequência das ondas milimétricas (*mmWave*). Tal faixa apresenta perda de propagação mais severa do que as faixas normalmente usadas, reduzindo a área de cobertura celular [2].

Dada a importância da cobertura nos sistemas de comunicação, faz-se essencial estudar tal aspecto em redes 5G. Uma ferramenta que pode ser utilizada para este fim é o *Radio Environment Map* (REM), o qual mostra graficamente métricas de rede, usualmente a *Signal to Interference plus Noise Ratio* (SINR). Tal ferramenta foi utilizada, por exemplo, nos trabalhos [2]–[4] para a visualização da área de cobertura, sendo os dois primeiros focados em cenários *outdoor* e o terceiro em um cenário *indoor* de alta complexidade.

Conforme o que vem sendo usado em trabalhos sobre análise de cobertura, este artigo realiza um estudo sobre o impacto do posicionamento de antenas, bem como de suas potências, em cenários de cobertura *indoor* na faixa de *mmWave*, por meio da geração de REMs no módulo 5G-LENA [5] do *Network Simulator Version 3* (ns-3). Assim, este trabalho complementa a literatura atual ao demonstrar o uso da ferramenta REM como plataforma de análise de cobertura para obtenção de informações sobre o desempenho da rede, bem como para obtenção de representação gráfica de métricas do sistema, a fim de alcançar melhores conclusões sobre os cenários estudados.

O artigo está dividido como a seguir: na Seção II é detalhado o cenário foco deste estudo e a modelagem do sistema NR no ns-3; a Seção III apresenta e discute os resultados obtidos; e, por fim, a Seção IV traz as principais conclusões da análise.

Todos os autores são da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, E-mails: {dario.macedo.129, ricardo.queiroz.105, lucas.medeiros.114, daniel.luna.088, tarciana.guerra.051, vicente.sousa}@ufrn.edu.br. Esse estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. As simulações fornecidas por esse trabalho foram realizadas com o apoio do Núcleo de Processamento de Alto Desempenho da UFRN (NPAD/UFRN).

II. MODELAGEM DO SISTEMA NR NO NS-3

Este trabalho avalia qualitativamente os melhores cenários de cobertura para três configurações de posicionamento de gNBs, cuja faixa de operação é a mesma. O cenário baseou-se nas diretrizes do projeto 5G-Tours¹ específicas para áreas turísticas e é composto por uma edificação de 50 m por 70 m, além de: 1) uma gNB trissetorizada, posicionada no centro da construção; 2) três gNBs omnidirecionais dispostas em linha; ou 3) quatro gNBs omnidirecionais dispostas em *grid*. No que se refere à modelagem de canal, seguiu-se a norma 3GPP TR 38901 [6], cujo estudo é aplicado a faixas de frequências entre 0,5 e 100 GHz com larguras de banda inferiores à 2 GHz e cenários *indoor* e *outdoor*. A análise deste trabalho considerou como parâmetros livres a potência das antenas e o modelo de propagação, cujos valores encontram-se na Tabela I.

TABELA I
PARÂMETROS GERAIS DE SIMULAÇÃO.

Parâmetros	Valor	Referência
gNBs	3 ou 4	-
Portadora	24,3 GHz	[7]
Altura da antena	3 m (gNB) x 1 m (UE)	[6]
Modelo de antena	Direcional e Omnidirecional	[6]
Ganho máximo da antena	8 dBi	[6]
Potência de transmissão	5 e 23 dBm	[6]
Modelo de propagação	InH Openoffice LoS e InH Openoffice NLoS	[6]

III. RESULTADOS

A Fig. 1 ilustra os REMs da SINR para as configurações avaliadas. Além disso, a taxa de *outage* também é mostrada, sendo obtida calculando a quantidade de pontos abaixo do limiar de SINR para MCS 0. Por exemplo, as Figs. 1 a), b) e c) exibem um cenário com potência de transmissão de 5 dBm e modelo de propagação com *Line-of-Sight* (LoS). Assim, considerando os três REMs, nota-se que, quando o canal de propagação não é severo, a gNB trissetorizada apresenta a melhor cobertura, o que é confirmado pela taxa de *outage* desta configuração, sendo a menor dentre as três (5,99%).

Para o cenário das Figs. 1 d), e) e f), em que se tem a mesma potência do caso anterior (5 dBm), porém com canal de propagação mais severo, possuindo Non-Line-of-Sight (NLoS), a configuração que fornece melhor cobertura é o cenário com 4 gNBs omnidirecionais (Fig. 1 f)), apresentando 69,89% de taxa de *outage*.

A fim de investigar o impacto da potência de transmissão na cobertura, para a terceira análise, que diz respeito as Figs. 1 g), h) e i), repetiu-se o canal de propagação NLoS, mas

¹Sítio do projeto: <http://5gtours.eu/>

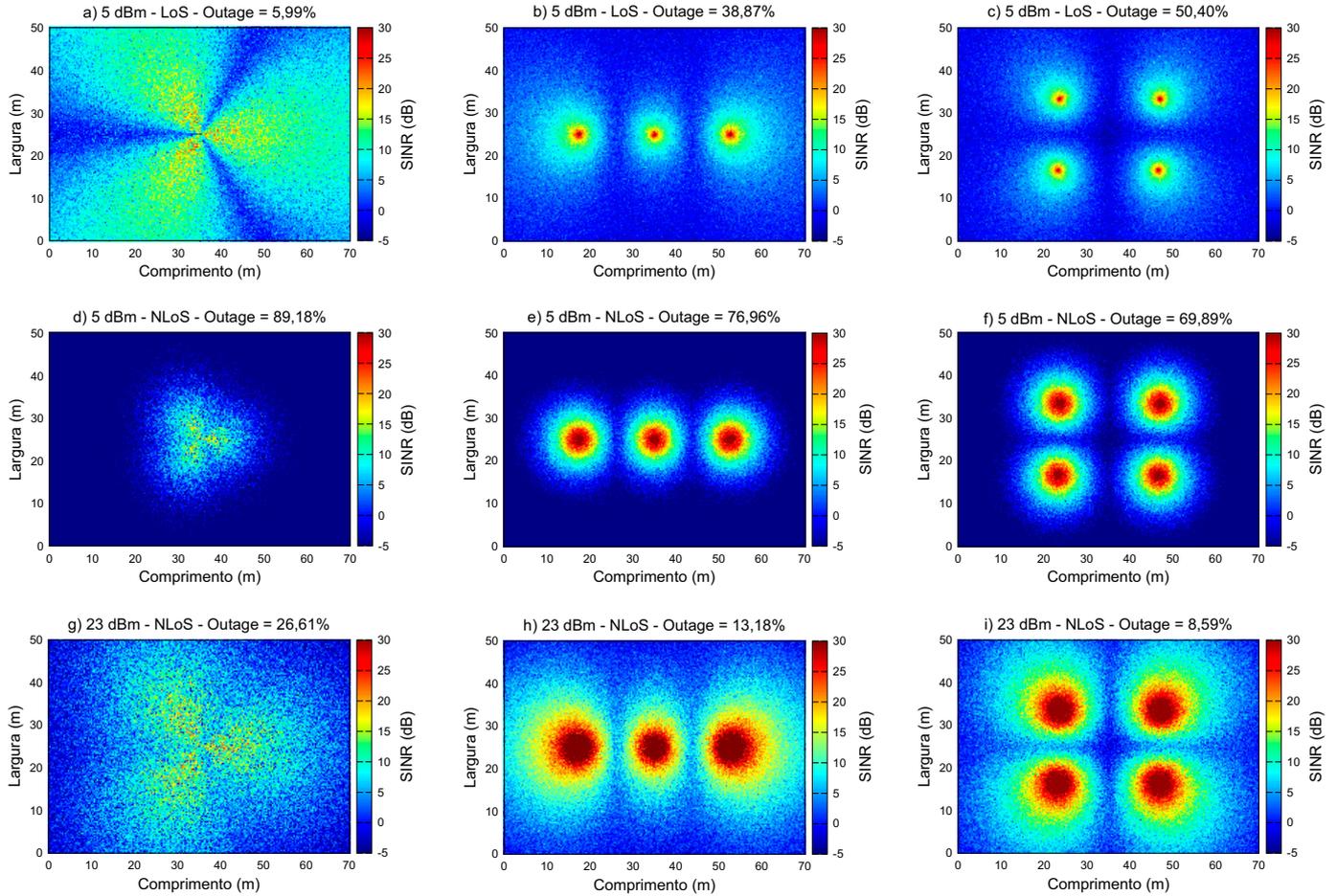


Fig. 1. REMs dos cenários estabelecidos.

aumentou-se a potência de transmissão para 23 dBm. Neste caso, a configuração com quatro antenas omnidirecionais permaneceu sendo a que apresenta a melhor cobertura, assim como no caso anterior, dispondo uma taxa de *outage* de 8,59%, apenas 2,6% maior do que a menor taxa obtida em todos os cenários avaliados, mostrada na Fig. 1 a).

IV. CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados, viu-se que, em casos de LoS, antenas trisetorizadas se sobressaem, pois distribuem melhor a potência de transmissão, reduzindo a interferência entre células e tendo um maior alcance. Já para casos de NLoS, tem-se uma diminuição da área de cobertura e, nas células omnidirecionais, há uma redução na interferência entre elas, ajudando a reduzir a taxa de *outage*. Por fim, o terceiro caso permite visualizar que a SINR se beneficia do aumento da potência das gNBs, apresentado menores taxas de *outage*.

Assim, conclui-se que, quando se trata de propagação na faixa de *mmWave*, cada variável apresenta um papel importante na construção do cenário, podendo contribuir para um resultado diferente, que influencia diretamente na cobertura do cenário. Com tais novos desafios, é essencial o planejamento de rede nos projetos de sistemas 5G, de forma a analisar parâmetros importantes como potência, tipo de antena, interferência e frequência de transmissão antes da

implementação do sistema. Neste sentido, faz-se importante o uso de REMs como parte essencial da visualização da cobertura do cenário, pois tal ferramenta auxilia na escolha da melhor configuração.

Para trabalhos futuros, espera-se aumentar o número de métricas e realizar uma análise sistêmica para os cenários analisados, a fim de complementar o estudo aqui apresentado com a análise de outros KPIs.

REFERÊNCIAS

- [1] H. Holma, *5G Technology 3GPP New Radio*, 2020.
- [2] H. Wang, P. Zhang, J. Li, and X. You, "Radio propagation and wireless coverage of LSAA-based 5g millimeter-wave mobile communication systems," *China Communications*, vol. 16, no. 5, pp. 1–18, 2019.
- [3] J. d. L. A. Silva, F. S. R. Pinheiro, G. S. d. Silva, and V. A. d. Sousa Junior, "Contribuições ao estudo de planejamento para implantação de uma rede de acesso 5g em uma área urbana adensada em natal," *Brazilian Journal of Development*, vol. 8, no. 6, pp. 43 681–43 703, 2022.
- [4] K. Khaled and L. Talbi, "Case study of radio coverage in complex indoor environments for 5g communications," in *IEEE International Conference on Wireless for Space and Extreme Environments (WiSEE)*, 2019.
- [5] K. Koutlia, B. Bojović, S. Lagén, and L. Giupponi, "Novel radio environment map for the ns-3 nr simulator," *WNS3*, 2021.
- [6] *3GPP TR 38.901*, Mar. 2022, Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz, v17.0.0.
- [7] A. N. de Telecomunicações (Brasil), "Licitação nº 1/2021-sor/spr/cd-anatel: Radiofrequências nas faixas de 700 mhz, 2,3 ghz, 3,5 ghz e 26 ghz," Agência Nacional de Telecomunicações (BRASIL), Tech. Rep., 2018.