

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

JHONATAN CONSTANTINO

**Redes 5G: predição e avaliação de área de
cobertura outdoor**

São José - SC

maio/2023

RESUMO

No cotidiano seja no trabalho, estudo ou lazer surge a demanda de troca de informações e conectividade. Nos dispositivos móveis que utilizam a tecnologia 4G é enfrentado a necessidade de maiores taxas de transferência de dados e de capacidade na quantidade de usuários, decorrente da diminuição da qualidade de sinal por fatores do caminho até a estação rádio base, que afetam de maneira significativa como a distância e obstáculos no percurso. No planejamento de redes móveis são realizados cálculos para que as condições de cobertura e propagação de sinal como a modulação sejam mantidos favoráveis para uma ótima experiência ao usuário. Na quinta geração de redes móveis ou 5G são atingidos os objetivos que compõem as necessidades do 4G, através de melhorias da tecnologia e de um estudo de predição de cobertura de sinal. Estas predições são calculadas por softwares de simulação que utilizam dados geográficos, dados físicos dos equipamentos utilizados e modelos de propagação de sinal existentes como parâmetros, permitindo a visualização dos níveis de qualidade de sinal por meio de mapas. É elaborado neste trabalho um projeto de planejamento de redes celulares outdoor na cidade Florianópolis utilizando o software Atoll (FORSK, 2023) de simulação de redes móveis 5G.

Palavras-chave: 5G. LTE. Cobertura. Predição. Propagação.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia 4G LTE (*long term evolution*) permite a comunicação entre pessoas e a comunicação entre coisas, porém os valores de taxa de transmissão de dados estão limitados com a taxa de pico de transferência experimentada em 1 Gbps, a capacidade de tráfego por área de 100 kbps/m² e a latência fim a fim de aproximadamente 20 ms (ALBERTI et al., 2021). Esses valores são favoráveis a uma boa experiência ao usuário, porém com o aumento da demanda de tráfego para diferentes cenários, que exigem uma comunicação de alta confiança nos dados em tempo mínimo de requisição e resposta, teve a necessidade de uma nova tecnologia que atende aos requisitos exigidos.

O 5G tem a premissa de atuar nos seguintes cenários: eMBB (*enhanced mobile broadband*), mMTC (*massive machine type communication*) e uRLL(*ultra reliable low latency*) (OSSEIRAN, 2020). Estes cenários oferecem valores altos de taxa de transferência de dados, alta capacidade de tráfego por área e quantidade de dispositivos e baixos valores de latência com uma alta confiabilidade nos dados. Estas características tornam o 5G, a tecnologia ideal para aplicações típicas de uso em dispositivos móveis de uso pessoal e telemetria através de sensores.

As redes móveis celulares são estruturadas através de torres com estações de rádio, para cobrir uma determinada área com o sinal de rádio frequência por onde são transmitidos os dados. Estes sinais enfrentam adversidades por condições do meio de transmissão entre a estação e o dispositivo móvel. São encontrados obstáculos pelo percurso como edifícios, vegetação ou objetos refletores que atenuam a intensidade do sinal piorando ou contribuindo com a recepção dos dados.

A qualidade do sinal na recepção dos dispositivos é o principal objetivo de um planejamento de redes móveis. No estudo de predição de cobertura são calculados os diferentes caminhos do sinal transmitido da estação rádio base, também chamada de eNB(*Evolved Node B*) no 4G ou de gNB(*Next Generation Node B*) no 5G. Os importantes resultados destes cálculos são os índices de modulação, nível de intensidade de sinal recebido, potência recebida do sinal de referência e a relação entre sinal e ruído.

Existem equações para alcançar os resultados em pontos estratégicos, no qual os obstáculos estão em diferentes cenários. Também chamadas de modelos de propagação de sinal, são específicos para regiões rurais, semi urbanas, urbanas ou em ambientes internos. É utilizado *software* de simulação com parâmetros como dados geográficos e dados de antenas de transmissão e recepção, obtendo um mapa de cobertura com os detalhes importantes para a execução do projeto.

Foi desenvolvido um planejamento de redes móveis 5G, em uma área de cobertura

outdoor, apresentando os resultados e a análise de um projeto de redes celulares simulado no *software* Atoll, comparando com o sistema 4G LTE.

1.1 Objetivo geral

Desenvolver e analisar um planejamento de predição de cobertura de sinal 5G em uma área outdoor da cidade de Florianópolis utilizando o *software* de simulação Atoll.

1.2 Objetivos específicos

- Apresentar modelos teóricos de propagação de sinal.
- Comparar modelos teóricos de redes 4G com os modelos teóricos de redes 5G.
- Desenvolver um estudo de predição de cobertura de sinal 5G.
- Simular a cobertura de sinal com o software Atoll.
- Analisar os resultados e parâmetros utilizados.

2 METODOLOGIA

Será realizado um planejamento de redes celulares outdoor utilizando o 5G como tecnologia de transmissão de redes móveis e o software Atoll como responsável para simular e calcular os valores que determinam a qualidade de um projeto de redes móveis como RSRP, RSRQ, RSSI e modulação. A fase inicial do projeto é composta por compor o embasamento teórico da tecnologia 5G em um planejamento outdoor e por fim simular um cenário no software, afim de obter os resultados de qualidade da cobertura e analisá-los.

2.1 Sobre o 5G

Com o crescimento da quantidade de dispositivos comunicando simultaneamente, surgiu a necessidade de uma tecnologia que consiga manter uma conexão com qualidade para o usuário final. Ou seja, com uma alta taxa de transferência de dados, com baixa latência suportando muitos dispositivos por m².

As limitações de desempenho do 4G foram as motivações da indústria para aplicar esforço e investimento no desenvolvimento de uma nova geração da tecnologia de redes móveis. O 5G tem como principais requisitos e cenários de uso a banda larga móvel aprimorada (*enhanced mobile broadband*) ou eMBB, comunicações ultra confiáveis de baixa latência (*ultra-reliable low-latency communications*) ou uRLL e comunicações de tipo de máquina massiva (*massive machine type communications*) ou mMTC.

2.1.1 Cenários de uso do 5G

eMBB tem os seres humanos como principal alvo, com o intuito de entregar altos volumes de dados com uma taxa de transferência extremamente alta. Como por exemplo, realidade aumentada, presença remota, streaming de vídeo de altíssima resolução, imagens 3D e robôs colaborativos (AHMADI, 2019). Estarão presentes em ambientes urbanos densamente povoados, ambientes internos como prédios ou shoppings e eventos com grandes multidões, como shows ou eventos esportivos. Tem como requisitos de desempenho pelo International Telecommunication Union (ITU) para este cenário taxas de dados pelo usuário de 100 Mbps em áreas urbanas e suburbanas e de 1 Gbps em hotspots com uma taxa de pico de 20 Gbps (ALBERTI et al., 2021).

mMTC foca em prover conexão para uma quantidade massiva de dispositivos que estão constantemente enviando e recebendo dados. Está presente principalmente nos cenários que envolvem a Internet das Coisas (*Internet of Thing*) ou IoT, viabilizando o aumento da densidade de dispositivos por área e aumento na eficiência energética. É

previsto que o número de terminais IoT conectados à rede 5G chegue a 1 trilhão de terminais alcançando até 10^6 dispositivos/km² (ALBERTI et al., 2021).

uRLL enfatiza na necessidade de uma comunicação ultra confiável nos dados com alta confiabilidade, permitindo a atuação em cenários críticos, entregando os pacotes de dados dentro de um limite de tempo com a maior probabilidade de sucesso. Exemplos são veículo com veículo, aplicações de infraestrutura e de controle de indústria. Os requisitos de desempenho para este caso de uso são de que a latência fim a fim máxima seja de 1 ms e a probabilidade de indisponibilidade menor ou igual a 10^{-7} ou também chamado de sistema de confiabilidade de sete 9s (ALBERTI et al., 2021).

2.1.2 Espectro de frequências

Fazem parte do espectro do 5G algumas bandas que serão compartilhadas pelo 4G, como por exemplo as frequências de 700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1700/1800 MHz, 1900/2100 MHz e 2500 MHz. Outras serão incrementadas abaixo do 6 GHz como o 3,5 GHz, 3,7 GHz e 4,5 GHz e também as ondas milimétricas de 26 GHz, 28 GHz e 39 GHz. Cada uma dessas frequências terão objetivos diferentes dentro de cada cenário de uso apresentado anteriormente. (3GPP, 2023)

2.1.3 Múltiplas antenas e beam forming

Como as frequências do espectro do 5G em sua maioria são altas, fisicamente isso implica em um tamanho de onda menor e como resultado uma cobertura menor. Para ter uma comunicação com foco em cobertura são utilizadas técnicas importantes como múltiplas antenas de transmissão e formação de feixe ou beam forming. A integração de antenas com componentes de rádio frequência como amplificadores e transceptores permite um alto número de antenas controláveis. Em conjunto, temos o termo massive MIMO que é uma das chaves do 5G, que permite utilizar um número massivo de antenas, que são necessárias com a tecnologia 5G e alcançar uma cobertura e disponibilidade em ambiente externo apesar das questões físicas utilizando técnicas convencionais. Com essas técnicas é possível ter antenas transmitindo individualmente para cada usuário ou utilizar as múltiplas antenas para focar o feixe de transmissão ao usuário que esteja mais afastado da estação rádio base (AHMADI, 2019) (DAHLMAN; PARKVALL; SKOLD, 2016).

2.2 Modelos de propagação

Durante o planejamento de redes celulares é preciso obter valores de recepção de sinal que coincidam com a realidade. Esses valores são difíceis de calcular, portanto é preciso realizar trabalhos de medição em campo para que possa ter uma quantidade de amostras e ao final uma equação para o cálculo da previsão do valor de intensidade do sinal

de recepção, a partir de parâmetros ou variáveis como a distância do ponto de transmissão ao ponto de recepção, movimentação do receptor e obstruções no cenário. Essas equações recebem o nome de modelos de propagação. As obstruções alteram a forma como o sinal é fisicamente propagado, ocorrendo reflexão, difração e dispersão. Por conta dos múltiplos caminhos percorridos e as múltiplas fases do sinal chegando ao ponto de recepção, pode intensificar ou diminuir a qualidade do sinal. (RAPPAPORT, 2001)

3 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

O planejamento celular através do software irá permitir a visualização de um mapa de cobertura, com identificação de pontos e cores que indicam os níveis de recepção de sinal, nível de qualidade e modulação. Desta forma será possível saber onde os dispositivos receptores terão melhor qualidade de sinal, com um projeto outdoor 5G que poderá entregar os seus melhores resultados e ver em simulação o funcionamento das redes 5G.

REFERÊNCIAS

3GPP. *NR; Base Station (BS) radio transmission and reception*. 2023. TS 38.104 Version 17.9.0. 5

AHMADI, S. *5g Nr: Architecture, Technology, Implementation, and Operation of 3GPP New Radio Standards*. [S.l.]: Elsevier Science and Technology, 2019. ISBN 9780081022672. 4, 5

ALBERTI, A. M. et al. *OpenRAN: A conexão do futuro*. [S.l.]: Instituto Nacional de Telecomunicações, 2021. 2, 4, 5

DAHLMAN, E.; PARKVALL, S.; SKOLD, J. *4G, LTE-advanced pro and the road to 5G*. 3. ed. [S.l.]: Academic Press, 2016. 5

FORSK. *5G Network Planning*. 2023. Disponível em: <<https://www.forsk.com/5g-network-planning>>. 1

OSSEIRAN, A. 5g wireless access: an overview. *Ericsson White Paper*, 4 2020. 2

RAPPAPORT, T. S. *Wireless communications*. 2. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 2001. 6