

# Transmissão Sem Fio em Altas Frequências para rede 5G e 6G

Marcos Hiarley <sup>1</sup>, José Jailton Júnior <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Computação – Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Caixa Postal 68746-680 – Castanhal – PA – BRASIL

<sup>2</sup> Faculdade de Computação – Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Caixa Postal 68746-680 – Castanhal – PA – BRASIL

{Hiarley, Marcos}marcohiarley.silva@gmail.com

{Jailton, José}jjj@ufpa.br@gmail.com

**Abstract.** *With the advent of technology in the network transmission environment in recent years, there has been a large investment in projects that aim to boost the development of various traffic models for mobile networks, specifically for the fifth generation of mobile networks, and in the future 6G. It is a fact that the population of users has increased exponentially in recent years, with this in mind, data transmission models are studied with the aim of improving the quality of the signal that is sent along with the capacity of simultaneous users without compromising the experience as one all. At the moment, 5G in Brazil operates with frequencies of 700MHz, 2.5GHz, 3.5GHz for outdoor systems and 26Ghz for indoor systems. The objective of this work is to analyze the feasibility of implementing a network structure which is possible to operate at frequencies higher than 28 Ghz, up to 150 Ghz, for this, several scenarios were analyzed to analyze the rate of transmitted packets and the signal power; to The 5G mmwave NYUtin network simulator was used, which focuses on simulating scenarios for mobile networks that uses the Matlab base to generate conclusive data that assists in the analysis of scenarios.*

**Resumo.** *Com o advento da tecnologia no ambiente de transmissão de rede nos últimos anos, houve um grande investimento em projetos que visam impulsionar o desenvolvimento de diversos modelos de tráfego para redes móveis, em específico para a quinta geração de redes móveis, e futuramente 6G. É um fato que a população de usuários aumentou de forma exponencial nos últimos anos, visando isso, é estudado modelos de transmissão de dados com o objetivo de melhorar a qualidade do sinal que é enviado juntamente com a capacidade de usuários simultâneos sem comprometer a experiência como um todo. No momento, o 5G no Brasil opera com as frequências de 700MHz, 2,5GHz, 3,5GHz para sistemas outdoor e 26Ghz para sistemas indoors. O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade de implementação de uma estrutura de rede a qual seja possível operar em frequências superiores a 28Ghz, até 150Ghz, para isso, foi analisado diversos cenários para analisar a taxa de pacotes transmitidos e a potência do sinal, para isso foi utilizado o simulador de redes 5G MMWAVE NYUSIM, que tem ênfase na simulação de cenários para redes móveis que utiliza a base do Matlab para gerar dados conclusivos que auxiliam na análise dos cenários.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com a implementação e popularização atual das redes 5G, foram desenvolvidas várias aplicações e canais de frequência para a sua operação. Atualmente a rede 5G visa uma capacidade de tráfego 1.000 vezes maior que a capacidade de banda larga atual, e tem a capacidade de resposta com latência de 1ms, com taxas de dados que podem variar de 1 Gbps até 10Gbps, garantindo um enorme avanço em relação a tecnologia anterior de 4G-LTE.

No Brasil e no mundo, todas as grandes operadoras já possuem sistemas 5G, em operação para as capitais de diversos países, atualmente as frequências de operação, segundo o leilão da anatel, são: 700MHz, 2,5GHz, 3,5GHz para sistemas outdoor e 26Ghz para sistemas indoor.

Pensando nessa popularização, o projeto tem ênfase em analisar o comportamento das redes 5G e 6G em diferentes cenários, tendo como base o ambiente amazônico, juntamente a isso, ver a viabilidade de implementar frequências maiores, entre 100 e 150 GHz. O NYUSIM é baseado no modelo de canal espacial para comunicação sem fio de ondas milimétricas de banda larga (mmWave) desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Nova York (NYU). O simulador possui uma grande gama de frequências (500 MHz a 100 GHz), também possui largura de banda de radiofrequência (0 a 800 MHz), e cenários operacionais distintos (microcélula urbana, macrocélula urbana, macrocélula rural e Indoor), e também incorpora conjuntos de antenas de múltiplas entradas e saídas (MIMO) no transmissor e no receptor, o que tornam o NYUSIM um modelo de canal alternativo e mais realista para simulação e comparação de redes que utilizam banda mmWave. Shun(Sun,2017)

## 2. METODOLOGIA

O projeto atualmente consiste em uma simulação de rede móvel, a qual foi utilizada o simulador NYUSIM, que usa scripts do MatLab como base para onde é possível realizar a simulação de redes 5G definindo diferentes cenários, definindo parâmetros como pressão, umidade do ambiente, frequência do sinal entre outros. Inicialmente foi feito as simulações nas frequências de 150 GHZ, nos cenários de e Microcélula Urbana (UMi) e Célula Indoor Factory (InF), os principais valores que foram definidos para as simulações podem ser encontrados na tabela abaixo:

Cenários	Distancia	RxLocations	Umidade	TxElements	RxElements	Temperatura
UmI	10 a 10,000M	5	75%	10	10	33°C
InF	10 a 500M	5	75%	10	10	33°C

Outros parâmetros como posição das antenas foram definidos como padrão do simulador e não afetam diretamente na simulação como um todo.

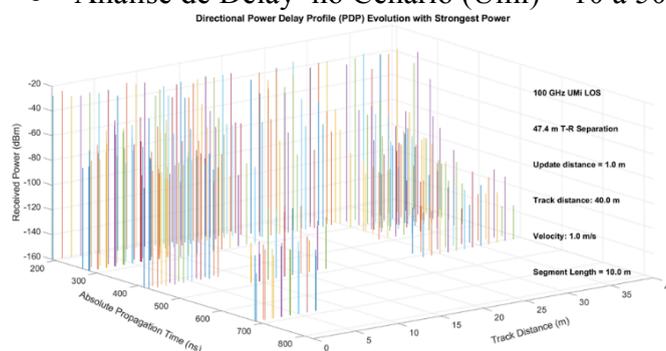
## 3. DESENVOLVIMENTO

As ondas milimétricas são a evolução da tecnologia atual das redes móveis 4g-LTE, e consistem em ondas eletromagnéticas que possuem comprimento de onda entre 10 mm e 1 mm, conseqüentemente com a frequência variando entre 30Ghz até 300Ghz. Quando é aplicada essa tecnologia, é preciso ter em mente as ações da natureza que interferem

na propagação do sinal, como pressão, temperatura, chuva, umidade entre outros que atuam na degradação do sinal, ao analisar um sinal de transmissão, e utilizada a escala dBm, onde valores que estão entre -20dBm e -80dBm mostram um sinal de qualidade, e os valores inferiores a -80dBm indicam uma perda do sinal (LOS). Outro ponto que merece grande atenção é o espaço do local em que as estações de transmissão estão implementadas, pois a distância entre a estação e os usuários assim como os obstáculos que estão entre as duas partes implicam diretamente a qualidade da transmissão, causando refração e reflexão do sinal, a qual chegará em instantes de tempo distintos, caracterizando o fenômeno de multipercurso.

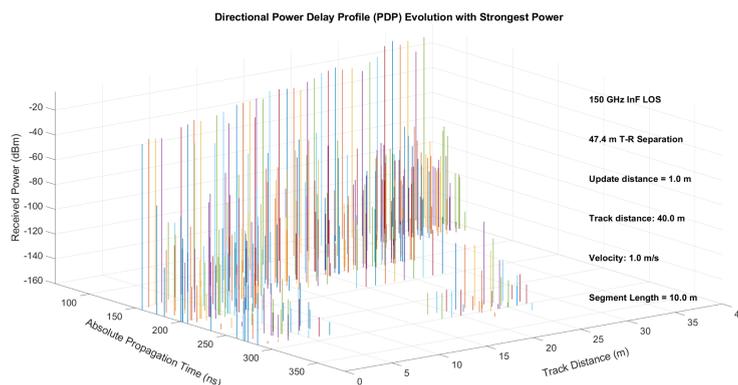
Após realizar a simulação, foram gerados alguns arquivos de output para análise, abaixo temos a análise de todos os cenários da distribuição direcional:

- **Análise de Delay no Cenário (Umi) – 10 a 500m**



O primeiro cenário para análise se chama Umi(Urban-Micro Cellular), a qual é projetado para simular uma situação real de propagação de rede em um meio urbano com alta densidade de usuários, na qual as estações base são localizadas geralmente em prédios mais baixos. O cenário Umi é caracterizado por ter uma mistura de LOS e NLOS, por conta da grande quantidade de prédios e construções que ficam entre o usuário e a estação base, que acabam por bloquear ou refletir o sinal. Como observado no gráfico, é possível ver que o sinal possui uma maior taxa de delay na parcela de distância entre 30 e 40 metros, por conta do distanciamento do usuário da estação base, o que acarreta em um atraso na recepção do sinal. Ao analisar o gráfico podemos concluir que a simulação consegue manter uma conexão estável e na maioria do tempo mantendo a taxa de sinal por volta de -40db a -20db

- **Análise de Delay no cenário (InF) – 5 a 100m**



O segundo cenário se chama InF(Indoor Factory), que representa ambientes internos de fábricas onde as estações base estão geralmente dentro das instalações mais próximas dos usuários. Por conta da estação base estar dentro da instalação, isso implica diretamente na intensidade do sinal, por conta da distância entre o usuário e a estação base ser menor que em outros cenários, como a Microcélula urbana por exemplo, juntamente a isso, por conta de a estação se encontrar dentro da instalação dos prédios, isso implica diretamente na refração e na reflexão do sinal, por conta de haver menos obstáculos no percurso da onda eletromagnética. Ao analisar o gráfico, podemos ver que nesse cenário a taxa de sinal se mantém mais constante comparada ao cenário anterior, chegando a valores de -20dBm variando minimamente.

#### 4.CONCLUSÃO

Este trabalho começa apresentando uma visão geral sobre o uso da rede 5G e o uso extensivo em diferentes cenários de rede que podem ser implementados para o uso comercial pelas operadoras. Abaixo está um resumo dos valores mais importantes na análise dos cenários de rede estudados:

Cenario	Delay maximo(ns)	delay minimo(ns)	delay medio(ns)	Sinal médio Recebido(dBm)	Sinal mínimo recebido(dBm)	Sinal máximo Recebido(dBm)
Umi	672 ns	193 ns	349.11 ns	-100.257 dBm	-143.0 dBm	-74.3 dBm
InF	317 ns	63 ns	178.478 ns	-108.68 dBm	-160.0 dBm	-59.3 dBm

Pode-se perceber que no cenário micro urbano, as taxas de transferência de dados são menores em maiores distâncias por conta da densidade de usuários e a perda de pacote por conta dos obstáculos entre o usuário e a estação base. Já no cenário indoor, é possível ver que a rede consegue cobrir toda a área de pesquisa sem muitas perdas, comparado com os cenários anteriores, sendo ideal para instalações de empresas que utilizam dessa tecnologia como ferramenta de trabalho.

#### Referências

- [1] Compromissos de Abrangência do Leilão do 5G. Infographic: Where 5G Technology Has Been Deployed. (2018). Disponível em: <<https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/universalizacao/compromissos-do-leilao-do-5g>>. Acesso em: 07 out, 2023.
- [4] Brazil pencils in 5G auction for 2020. Disponível em:<<https://www.bnamericas.com/en/news/brazil-pencils-in-5g-auction-for-2020>> Acesso em: 09 out, 2023.
- [7] MACEDO, D., SILVA, R. Q. D. F. H., MEDEIROS, L. I. C., LUNA, D. R. D., GUERRA, T. C. D. B. & SOUSA JR., V. A. D. Análise de Cobertura 5G mmWave usando o ns-3. Anais do XL Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais. Sociedade Brasileira de Telecomunicações, 2022.
- [8] S. Sun, G. R. MacCartney and T. S. Rappaport. A novel millimeter-wave channel simulator and applications for 5G wireless communications. IEEE International Conference on Communications (ICC): Paris, France, pp. 1-7, 2017. Disponível em:<doi: 10.1109/ICC.2017.7996792>. Acesso em: 09 out. 2023.