



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025**

Desenvolvimento de um sistema de comunicação OFDM para áreas abertas utilizando o modelo de dois raios e reuso espacial de frequência

Camila Queiroz Boa Morte Pereira¹; Edgar Silva Junior²

1. Camila Queiroz Boa Morte Pereira, PVIC/UEFS, ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO, e-mail: cqbmpereira@ecompu.uefs.br

2. Edgar Silva Junior, DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA, e-mail: esjunior@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: OFDM; Two-way model; Frequency reuse

INTRODUÇÃO

Sistemas de comunicação móvel são caracterizados pela transferência de informações, em curtas ou longas distâncias, sem a utilização de cabamentos físicos, ou seja, por meio de ondas eletromagnéticas (Zeqiri; Idrizi; Halimi, 2019). Esse conceito surgiu na década de 1980 com a primeira geração de redes sem fio (1G) que aplicava técnicas analógicas para serviços de voz. A segunda geração (2G), em 1990, introduziu a comunicação digital sem fio e as infraestruturas de rede, possibilitando os serviços de mensagem de texto. Durante a década de 2000, os sistemas de terceira geração (3G) foram lançados no mercado global. Diferentemente das gerações anteriores, o 3G foi dedicado à transmissão de dados, permitindo a expansão dos serviços para incluir acesso à internet e serviços multimídia. A quarta geração (4G) foca na qualidade dos serviços ofertados, prezando pela melhor qualidade do sinal e pela minimização da perda de dados durante a comunicação. A próxima geração de sistemas móveis (5G) busca solucionar a limitação de movimentação causada pela integração de redes (redes celulares, redes locais e redes internet fixas) proposta pelo 4G (Li et al., 2009; Zeqiri; Idrizi; Halimi, 2019).

A popularização da comunicação móvel tem cada vez mais sobrecarregado o espectro eletromagnético, principalmente em áreas densas. Para mitigar o problema, diferentes soluções são empregadas com o objetivo de aumentar a capacidade de usuários, as taxas de transferência de dados e a eficiência espectral e energética. Para este propósito, faz-se necessária a disponibilização de modelos de propagação apurados, que predizem apropriadamente o comportamento do sinal, e de técnicas de modulação eficientes capazes de combater a interferência intersimbólica (ISI) causada por canais sem fio seletivos em frequência (Silva Jr; Carrijo, 2006).

Neste contexto, o presente trabalho buscou analisar a camada física de sistemas de comunicação sem fio baseados na Modulação por Divisão Ortogonal de Frequência (OFDM) por meio da estimativa da Taxa de Erro de Bit (BER) média do sistema sob o contexto de reuso de frequências. O modelo de propagação de dois raios vetorial, desenvolvido por Silva Jr. (2007), foi utilizado para a estimativa da BER visando determinar o melhor fator de reuso para células hexagonais em áreas planas.

METODOLOGIA

Este trabalho adotou a simulação computacional como método principal. O modelo utilizado é uma adaptação da implementação pré-existente da arquitetura OFDM, desenvolvida por Almeida (2016). A princípio, foi conduzida uma etapa de fundamentação que incluiu uma revisão bibliográfica e uma análise do modelo de simulação citado anteriormente. Após as fases de fundamentação, o módulo OFDM foi adaptado.

O modelo de simulação pré-existente é eficaz para simular o sistema OFDM e obter informações sobre a BER para diferentes panoramas. No entanto, a fim de conduzir uma análise aprofundada da BER, o modelo foi modificado para transmitir um volume de bits maior, utilizando imagens em escala de cinza de tamanho arbitrário como entrada de dados. Além disso, o modelo de simulação foi simplificado pela remoção dos conversores digital-analógico e analógico-digital, assumindo um sistema de comunicação ideal sem interferência intersimbólica (ISI). Por fim, o código de simulação foi otimizado para aprimorar sua eficiência computacional, o que resultou em uma significativa redução no tempo de execução.

Baseado nos conceitos de reuso de frequência, apresentados por Bertoni (2000), modelou-se um cenário com três micro células hexagonais regulares, Figura 1. Cada uma das microcélulas (1, 2 e 3) operam em uma faixa de frequência distinta. Em um arranjo, a distância d entre as antenas que utilizam a mesma frequência, localizadas nos centros das células, é igual a três vezes o raio r das células. A posição das antenas foi determinada em função do raio, facilitando a comparação da BER para diferentes tamanhos de célula.

Para a execução das simulações, foram utilizados os computadores disponíveis no Laboratório de Sistemas de Comunicações na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e a plataforma computacional GNU Octave.

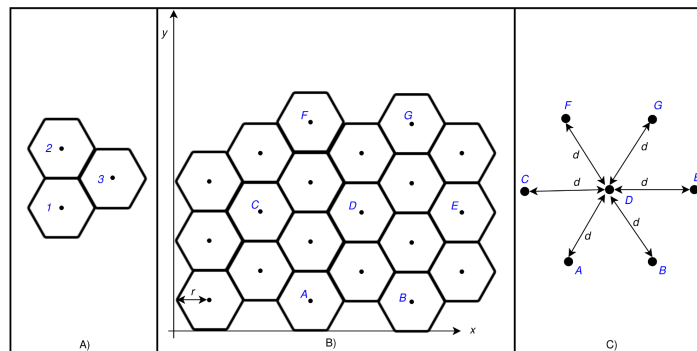


Figura 1: Modelagem do cenário de reuso de frequência com três micro células. **A** - Bloco de três células hexagonais; **B** - Arranjo com múltiplos blocos de células; **C** - Distanciamento entre os centros das células com mesma frequência.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As simulações foram executadas utilizando os valores fixos de 900 MHz, 0.001 S/m e 15 F/m para a frequência de portadora, condutividade elétrica e permissividade elétrica, respectivamente, das antenas transmissoras. Em cada simulação, o sistema de comunicação utilizou a modulação QAM. A posição das antenas foi mantida fixa, enquanto o receptor foi deslocado ao longo da distância entre elas em intervalos de um metro.

O comportamento da BER média para os arranjos linear e triangular de três antenas é ilustrado pelas Figuras 2 e 3, respectivamente. Nestes cenários, a distância de 1500 metros entre as antenas resultou em uma BER inferior a 10% em um raio de 300 metros da antena transmissora para a configuração linear e 270 metros para a triangular. Simulações com distâncias entre antenas inferiores a 1500 metros não resultaram em boa cobertura. A queda do valor da BER observada nas posições adjacentes às antenas interferentes, e o seu aumento próximo à antena transmissora, são justificadas pelo modelo de propagação. Nas proximidades das antenas, a elevada inclinação dos vetores de propagação resulta em uma redução da potência percebida.

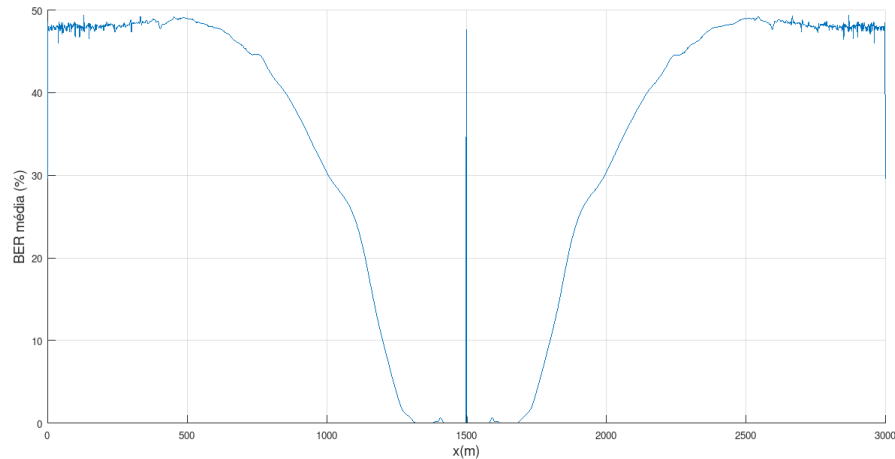


Figura 2: Comportamento da BER média para o arranjo linear com distância entre antenas de 1500 metros com uma antena transmissora central no ponto (1500, 100) e duas interferentes nos pontos (0, 100) e (3000, 100).

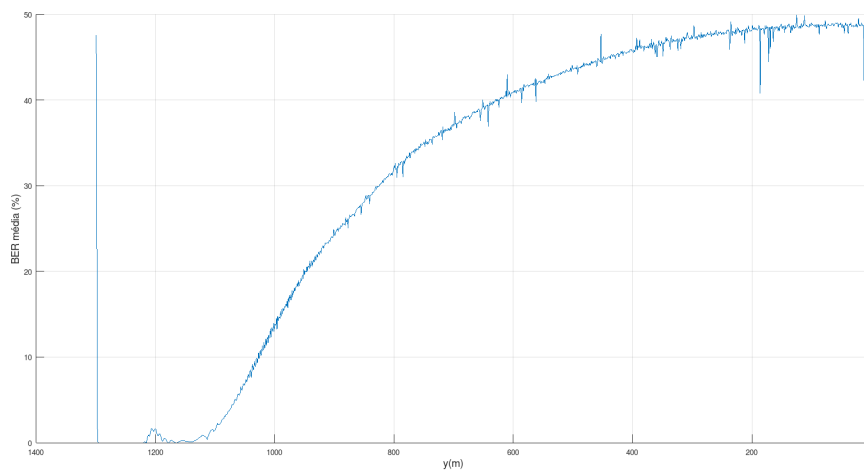


Figura 3: Comportamento da BER média para o arranjo triangular com distância entre antenas de 1500 metros com antena transmissora na posição (750, 1299.0) e as antenas interferentes em (0,0) e (1500, 0).

Com base nos resultados obtidos com os arranjos linear e triangular, as simulações iniciais para o projeto de células hexagonais foram conduzidas com uma distância mínima de 1500 metros entre antenas. Devido ao maior número de antenas interferentes, um raio de 1000 metros foi adotado, resultando em uma distância de 3000 metros entre as antenas. O comportamento da BER médio obtido, Figura 4, apresentou uma raio de cobertura de aproximadamente 538 metros, o que representa mais da metade do raio da célula.

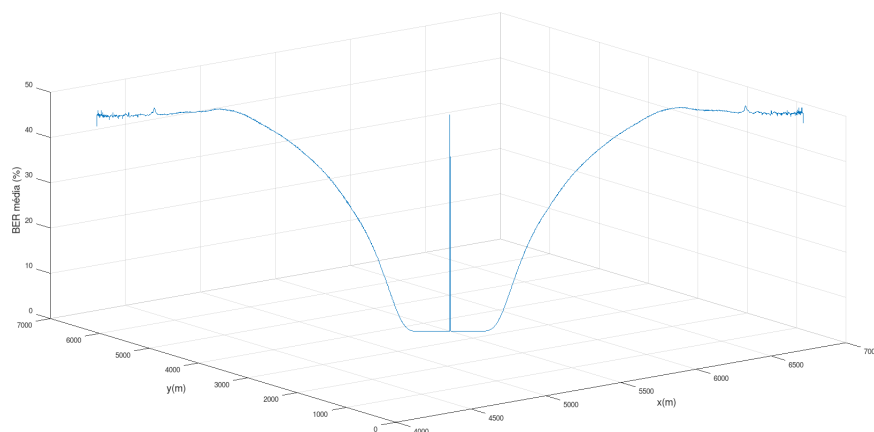


Figura 4: Comportamento da BER média para o projeto de células hexagonais com raio de 1000 metros, traçado linearmente entre as antenas B, D e F.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho objetivou analisar a camada física de sistemas de comunicação sem fio baseados na modulação OFDM por meio da estimativa da BER média do sistema sob o contexto de reuso de frequências em áreas planas. A análise inicial para os arranjos linear e triangular de três antenas demonstraram que a distância de 1500 metros é capaz de prover um raio de cobertura de aproximadamente 300 e 270 metros, respectivamente. No contexto de reuso de frequências, as células hexagonais com raio de 1000 metros proporcionaram um raio de cobertura superior à metade do raio da própria célula. Simulações com valores de distância abaixo dos citados não apresentaram coberturas satisfatórias.

É importante notar que o modelo de propagação de dois raios vetorial, apesar de ser extremamente eficaz para áreas abertas, não contempla a complexidade de áreas mais densas ou com obstáculos. Por isso, para trabalhos futuros, sugere-se a adição de um modelo de propagação representativo de determinada área ou região específica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, K. S. 2016. Análise da performance de sistemas de comunicação sem fio baseados em OFDM utilizando um modelo de propagação na área urbana de Sao Paulo - SP. Universidade Estadual de Feira de Santana, Mestrado diss.
- BERTONI, H. L. 2000. Radio propagation for modern wireless systems. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall PTR, 258 p.
- LI, X.; GANI, A.; SALLEH, R.; ZAKARIA, O. 2009. The Future of Mobile Wireless Communication Networks. In: 2009 International Conference on Communication Software and Networks, Chengdu, China, pp. 554-557.
- SILVA JR., E.; CARRIJO, G. A. 2006. A microcellular propagation model at uhf and microwave frequencies for line-of-sight. In: 10th IEEE Singapore International Conference on Communication Systems, pp. 1-5.
- SILVA JR., E. 2007. Uma Análise Vetorial de Propagação UHF e de Microondas em Áreas Urbanas e Rurais Usando Teoria do Traçado do Raio. Universidade Federal de Uberlândia (FEELT/UFU), PhD thesis.
- ZEQIRI, R.; IDRIZI, F.; HALIMI, H. 2019. Comparison of Algorithms and Technologies 2G, 3G, 4G and 5G. In: 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), Ankara, Turkey, pp. 1-4.