



ESTUDO DO PLANEJAMENTO DE TRANSMISSÃO DO SISTEMA DE TELEFONIA MÓVEL 4G

Felipe Luiz Pereira do Nascimento – felipe_luiz100@hotmail.com
George Henrique Rodrigues Macêdo – dody_henrique@hotmail.com
Kesia Cristiane dos Santos Farias – kesia.santos@gmail.com
Erik Farias da Silva – erik.silva@ifpb.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB
Campus João Pessoa, Av. 1º de Maio – nº 720, Jaguaribe, João Pessoa - PB

Resumo: Este trabalho realizou um planejamento do sistema de transmissão LTE (Long Term Evolution) em cenários urbanos, verificando o desempenho da rede LTE de quarta geração (4G). Para a obtenção dos resultados da intensidade de campo e distribuição de potência, foi utilizado o modelo de traçado de raios. Com base nestes resultados foi calculada a função densidade cumulativa (FDC), métrica utilizada para identificar a probabilidade de bloqueio com relação à cobertura do sinal na região analisada. Os parâmetros de rede avaliados foram qualidade de serviço (QoS) e taxa de transmissão de dados (downlink e uplink). Utilizou-se o software WinProp-Proman® para análise de rede e cobertura. Desta forma, este trabalho propõe uma abordagem didática para ensinar o assunto no curso de graduação utilizando um software profissional (WinProp®) como ferramenta principal.

Palavras-chave: Planejamento celular, LTE, Qualidade de serviço, Taxa de transmissão de dados, Propagação.

1. INTRODUÇÃO

Durante a última década os sistemas de telefonia móvel passaram por uma mudança muito significativa com relação aos serviços oferecidos aos clientes. Durante o surgimento na década de 1990 os sistemas de telefonia móvel ofereciam apenas serviços de conversação, com cobertura de sinal bastante limitada e dispositivos de recepção que consumiam muito recurso de energia (bateria necessitava de recargas diárias) é a chamada primeira geração de celulares (1G). Ainda no final da década de 1990 surgiu a tecnologia 2G, mais robusta que a 1G, porém ainda com recursos limitados (oferecia serviços de voz e transmissão de mensagens de texto curtas), é o tal conhecido padrão GSM (*Global System Mobile*). Os sistemas evoluíram e hoje temos as tecnologias 3G que oferecem serviços de transmissão de voz, dados e vídeo com altas taxas de transmissão. Os sistemas de telefonia móvel 3.5G, 3.9G e 4G podem ter o desempenho de transmissão melhorado com a possibilidade de utilização de



técnicas de múltiplas antenas (J. F. E. A. C. Gonçalves, 2011) e (P. R. Zanetti, 2011). No padrão LTE (*Long Term Evolution*), chamado 4G, é possível a utilização de várias configurações de múltiplas antenas para transmissão dos dados (E-UTRA, 2011). Além da escolha da modulação utilizada de acordo com as características do canal de transmissão. Para que o sistema funcione com taxas elevadas de transmissão de dados é necessário escolher adequadamente a taxa do codificador de canal. Para o funcionamento adequado do sistema, dentro dos padrões de taxas de transmissão aceitáveis, é necessário um planejamento correto do sistema. Este planejamento deve ser realizado utilizando bases de dados topográficas e modelos de elevação digital das construções na área de cobertura da operadora de telefonia, desta forma, o planejamento apresenta-se muito confiável e aproxima-se muito do comportamento real do sistema. Este artigo faz um estudo do planejamento de cobertura de sinal e desempenho de rede do sistema 4G LTE em cenários urbanos, utilizando o *software* WinProp-Proman®.

Este artigo realizará um planejamento do sistema de transmissão LTE, verificando o desempenho do sistema LTE utilizando como parâmetro a taxa de erros do sinal transmitido, e a qualidade de serviço da rede.

O canal de comunicações é inerentemente destrutivo para o sinal, ou seja, o meio de propagação do sinal é composto por obstáculos (edificações, veículos, pedestres), acidentes geográficos (vales, morros), que causarão espalhamentos, difrações e reflexões no sinal. Desta forma, o sinal alcançará o receptor por múltiplos percursos de propagação, ocasionando desvanecimentos na amplitude do sinal.

O projeto e implantação de um sistema celular requer um estudo de predição de propagação do sinal na área de concessão da operadora. Os modelos de predição de cobertura consideram em sua formulação, informações sobre a topografia, grau de urbanização do terreno, ganhos e perdas dos elementos utilizados, alturas das antenas, e diferem em sua aplicabilidade, sendo alguns de aplicação geral e outros úteis em situações mais específicas (J. F. E. A. C. Gonçalves, 2011).

A segunda etapa de implantação de um sistema sem fio é o planejamento de rede, no qual serão levados em consideração a taxa de transmissão de dados (*downlink* e *uplink*), a taxa de erros de bits e a quantidade de usuários da operadora.

Diante do que foi exposto, o projetista de planejamento de sistemas de telefonia celular deve dominar tais conhecimentos. Para tanto, é necessário que os alunos tenham contato direto com ferramentas que possibilitem colocar em prática tais conhecimentos. Este trabalho foi desenvolvido por dois alunos de pesquisa do IFPB. No entanto, planejamento real de sistemas de telefonia móvel é realizado da mesma forma na disciplina de Comunicações Móveis dos cursos de Tecnologia em Sistemas de Comunicações e Engenharia Elétrica do IFPB.

2. MODELO DE PROPAGAÇÃO

O modelo de propagação utilizado foi o de traçado de raios inteligente (IRT) em 3D. Ele é baseado em dados de construção de vetores que descrevem o cenário subjacente. Cada edifício é modelado como um cilindro vertical com plano de terra poligonal e uma altura uniforme acima do nível da rua. Estas bases de dados podem ser convertidas para vários formatos diferentes, como por exemplo, MapInfo, ArcView, DXF, MSI Planet, Aircom Enterprise, Nokia NetAct, Ericsson TEMS e Siemens Tornado. Além disso, as propriedades do material (espessura da parede, permissividade, condutividade) das superfícies do edifício são levadas em conta, o que é importante para o cálculo dos coeficientes de reflexão e difração e também para a penetração em edifícios. A Figura 1 apresenta a base de dados, incluindo alguns caminhos de raios entre o transmissor e o receptor. A consideração adicional da topografia é possível se a área urbana não é plana (altura do edifício em relação ao nível do solo ou absoluta ao nível do mar).

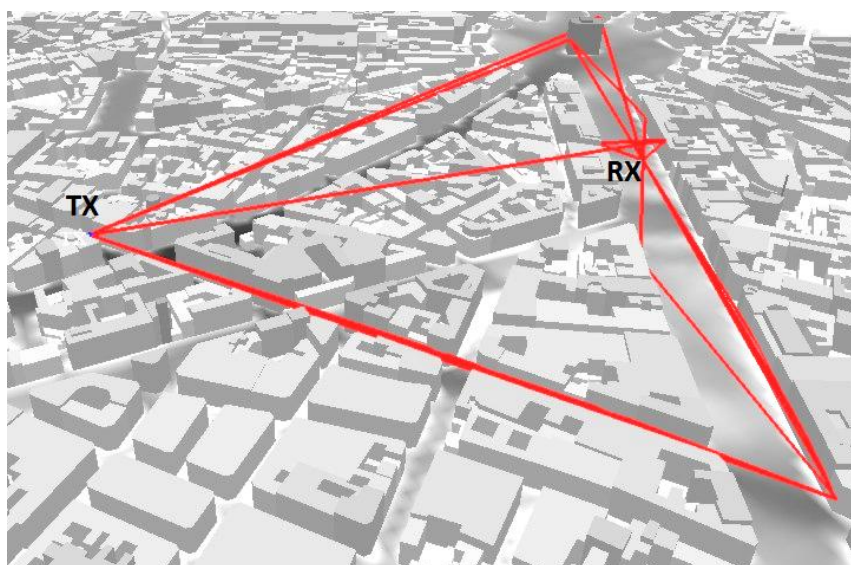


Figura 1- Cenário de propagação típica em ambiente urbano (Paris).

Além das vantagens acima mencionadas o modelo de raios ópticos também pode ser usado para prever os parâmetros de banda larga do canal de rádio, como por exemplo, perfil do canal e propagação angular. Essa informação pode ser utilizada para investigações mais detalhadas e o design de novas arquiteturas de sistema (por exemplo, MIMO).

Na maioria das vezes as vantagens da utilização de um modelo de previsão de traçado de raios determinista são bem conhecidas, no entanto, devido às demandas computacionais desafiadoras, tais modelos são raramente utilizados na prática. Como consequência desta



restrição, o modelo IRT 3D tem sido desenvolvido. Para superar os longos tempos de predição da base de dados, eles são pré-processados uma vez, reduzindo os tempos de predição em minutos, ficando comparáveis aos tempos necessários para a utilização de modelos empíricos. As características do modelo IRT 3D, resumidamente, são:

- Não necessita de calibração devido à abordagem determinista (GTD / UTD);
- Tempos de computação Curto;
- Grande precisão na aproximação do raio óptico.

Para a instalação de sistemas de rádio móvel, os modelos de propagação de ondas são necessários para determinar a situação de cobertura e interferência. As previsões são necessárias para uma boa cobertura de planejamento, determinação dos efeitos de multipercurso, bem como para interferência e cálculo de células, a fim de otimizar a configuração da rede. O uso do modelo de previsão IRT 3D de alta precisão irá reduzir os custos para a implantação da rede e extensão.

O IRT 3D calcula a perda de percurso para cada percurso válido entre o transmissor e o receptor. A Equação (1) é utilizada para o cálculo da perda de percurso em dB:

$$L_{total} = LFS + GTx + L_{interaction} = 32.44 + 20\log f + 10n\log d + GTx + L_{interaction} \quad (1)$$

em que d é a distância entre o transmissor e o receptor (km); GTx é o Ganho direcional da antena transmissora; $L_{interaction}$ é a perda no caminho de propagação devido à reflexão, difração ou absorção; f é a frequência de transmissão (MHz); n é o expoente de perda de percurso.

A perda de percurso é calculada para cada raio entre o emissor e o receptor, de acordo com a Equação (1). Para o cálculo da contribuição de cada raio, não apenas a perda de espaço livre é considerada, mas também a perda devido à interação das ondas eletromagnéticas com os obstáculos existentes, ou seja, devido à reflexão, difração e penetração. Finalmente, todas as contribuições são sobrepostas, ou seja, as contribuições individuais de energia são adicionadas (Reiner Hoppe, 2005).

3. METODOLOGIA E SIMULAÇÃO

Definiu-se uma área urbana com dimensão de 2,4 km × 3,4 km, altura de predição, em que os dados serão medidos, foi de 1,5m. A simulação foi realizada utilizando o *software* WinProp-ProMan®. A edição dos parâmetros: técnicas de acesso múltiplo, modulação, esquemas de codificação, utilização de MIMO, etc. são pré-definidos, mas também é possível realizar modificações de acordo com a necessidade do projeto. Os detalhes sobre as

configurações são apresentados na Tabela 1. A quantidade de equipamentos necessários para prover a cobertura e capacidade adequada à área de interesse foi definida pelo dimensionamento da rede.

Tabela 1 – Definições gerais do projeto.

Técnica de transmissão	OFDM
Acesso múltiplo	TD-LTE
Frequência	2,6GHz
Largura de banda	20MHz
MIMO	2x2
Modulações	QPSK, 16-QAM e 64-QAM
Potência do transmissor	43dBm
Potência do transmissor (Estação móvel)	23dBm

cum
ulati
va,
resp
ectiv
ame
nte.

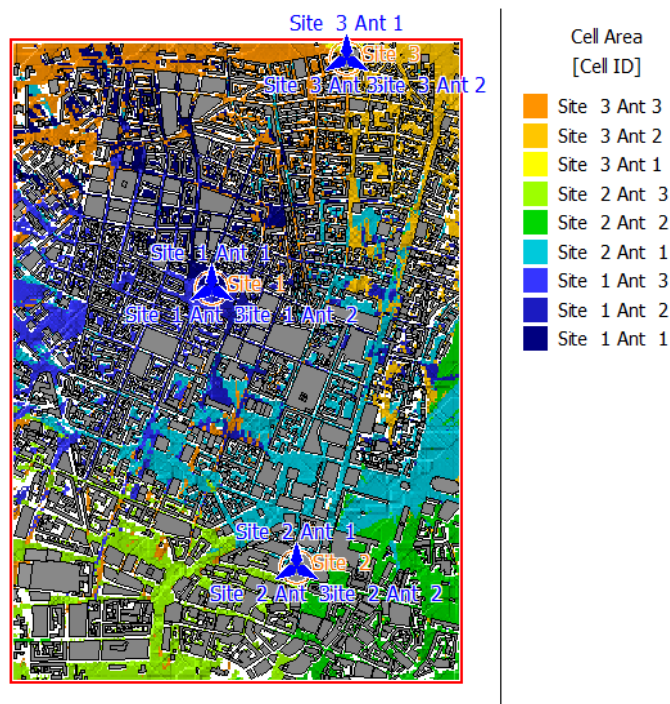


Figura 2 – Cenário analisado.

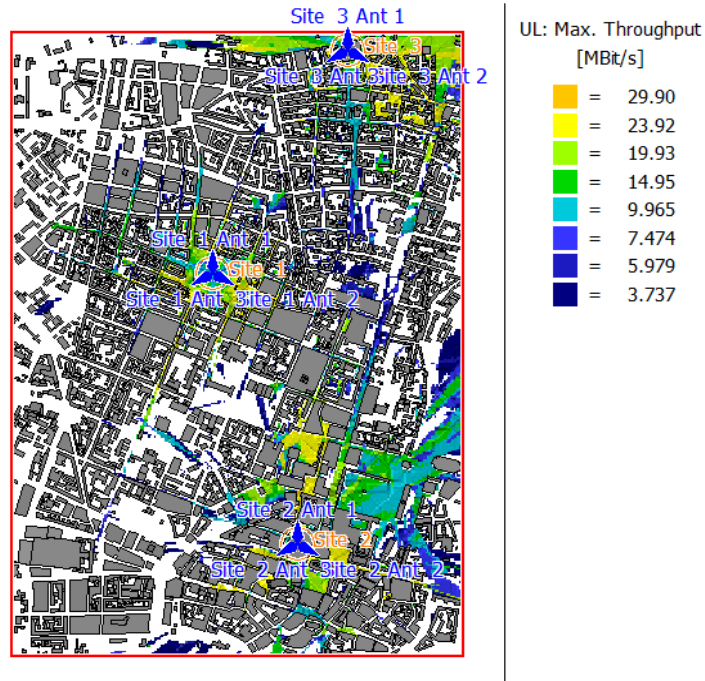


Figura 3 - Máxima taxa de *throughput* para *uplink*.

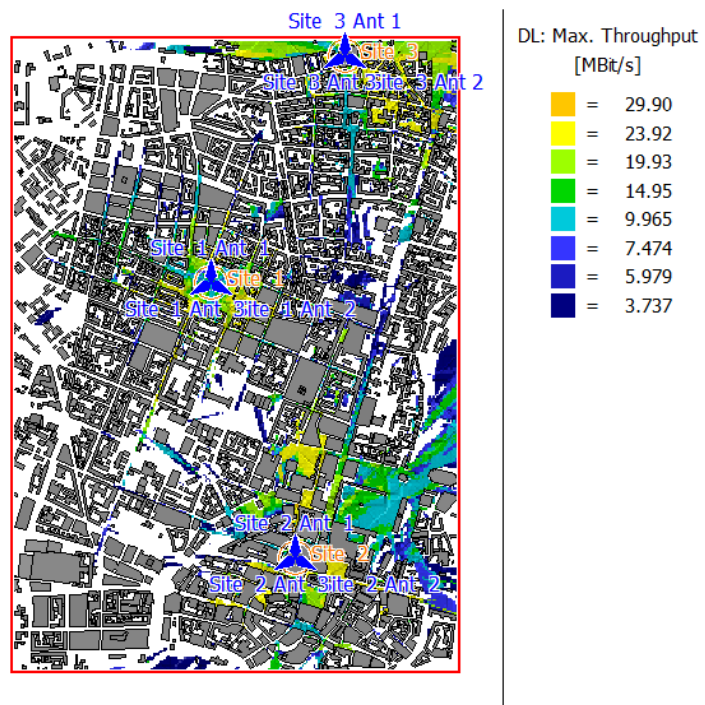


Figura 4 - Máxima taxa de *throughput* para *downlink*.

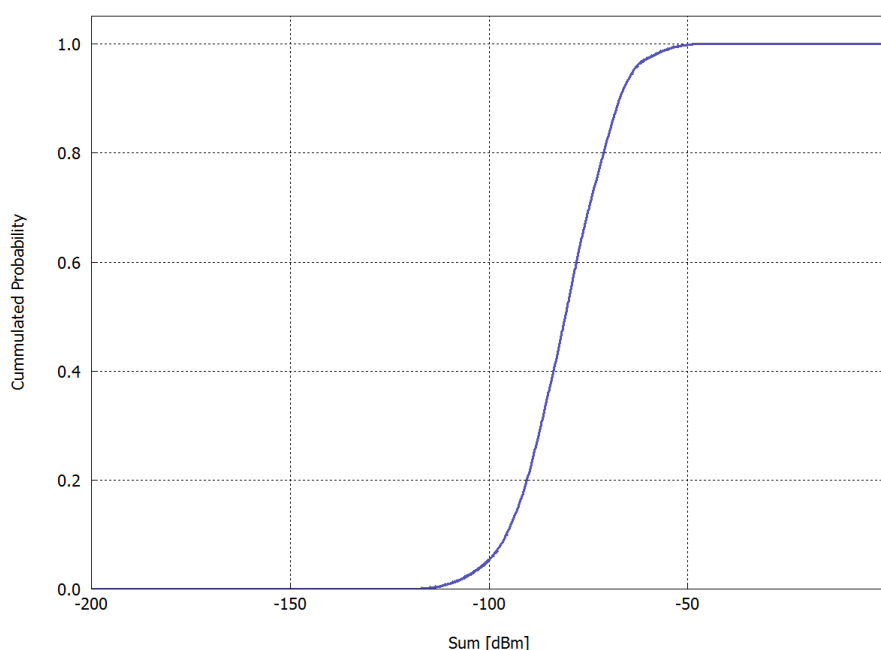


Figura 5 - Função de distribuição cumulativa

O principal fator considerado para análise do desempenho da rede foi o *throughput* para *downlink* e *uplink*, para análise da área de cobertura do sinal foi avaliada a taxa de bloqueio. Neste cenário com a utilização de nove transmissores obteve-se um *throughput* para *downlink* da ordem de 24Mbit/s, 39Mbit/s e 170Mbit/s e, para *uplink* da ordem de 13Mbit/s, 19Mbit/s, 71Mbit/s para as modulações Q-PSK, 16-QAM e 64-QAM, respectivamente, considerando uma largura de banda de 20 MHz. Portanto, Considera-se que os resultados obtidos com as simulações aproximaram-se de valores adequados para uma rede real no padrão LTE, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de *throughput*, em Mbit/s, para *downlink* e *uplink* para as modulações Q-PSK, 16-QAM e 64-QAM

	Uplink	Downlink
Q-PSK	14.4	29.9
16-QAM	21.6	43.2
64-QAM	86.4	172.8

Nota-se que a utilização de nove transmissores faz com que o sistema apresente menor probabilidade de bloqueio em relação a outras situações que apresentem um número menor de



transmissores, entretanto apresenta um maior custo com relação aos equipamentos necessários (cabos, antenas e transmissores), torres e aluguel ou compra de terrenos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mostrou-se que o dimensionamento da rede é muito importante, pois permite calcular a quantidade de equipamentos necessários e os locais onde cada torre de transmissão deve ser posicionada para fornecer a qualidade de serviço desejável. Além disso, existem limites regulatórios para a qualidade e funcionamento dos sistemas de telefonia móvel, e estes limites de intensidade de campo ou potência, taxas de transmissão para *download* e *upload* de dados, taxa de erros de bits aceitáveis na rede (BER) devem ser respeitados para manter a qualidade do sistema.

Neste trabalho, para este cenário as antenas foram distribuídas ao longo da área em análise sem considerar o reuso da infraestrutura já existente, como geralmente acontece na prática. A definição de locais para instalação dos equipamentos é um grande desafio, uma vez que devem ser levados em consideração os equipamentos necessários, o custo do terreno para instalação da torre em função da qualidade da rede, ou seja, em função das taxas de transmissão de dados e das taxas de erros de bits aceitáveis.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo PIBICT, os autores gostariam de agradecer ao IFPB pela aquisição do *software* WinProp-ProMan® de predição de propagação utilizado no trabalho.

5. REFERÊNCIAS

A.A. de Souza, Análise de Desempenho de Técnicas MIMO no Sistema LTE, Instituto Federal de Santa Catarina, 2009.

M. Jankiraman, Space-time codes and MIMO systems, Artech House, Boston, 2004.

R. Hoppe, An Introduction to the Urban Intelligent Ray Tracing (IRT) Prediction Model, AWE Communications GmbH, 2005.

T. S. Rappaport, Comunicações sem fio: Princípios e práticas, 2ª Ed., Prentice Hall, 2009.

J. G. da Silva, K. C. dos Santos Farias e E. F. da Silva, Simulação e Análise de Desempenho de Redes LTE em Cenários Urbanos, VIII CONNEPI, Salvador, 2013.



J. F. E. A. C. Gonçalves, UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA, Análise do Desempenho dos Sistemas LTE e LTE-Advanced com Base em Simuladores, 2011, Dissertação.

P. R. Zanetti, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Modelagem de Canal Sem Fio para Planejamento de Rede Celular de Quarta Geração em Brasília, 2011, Dissertação.

AGILENT, 3GPP Long Term Evolution: System Overview, Product Development, and Test Challenges, Agilent Technologies, 2008.

LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding (3GPP TS 36.212 version 9.2.0 Release 9), 2010.

LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation (3GPP TS 36.211 version 10.0.0 Release 10), 2011.

STUDY OF PLANNING OF TRANSMISSION SYSTEM WIRELESS 4G

Abstract: *This paper makes a planning of the transmission system LTE (Long Term Evolution) in urban scenarios, evaluated the performance of the network fourth generation (4G) LTE. To obtain the results of field strength and power distribution, the ray tracing model was used. Based on these results the cumulative density function (CDF) metric used to identify the outage probability with respect to the cover signal in the analyzed region was calculated. The network parameters were evaluated quality of service (QOS) and bit data rate (downlink and uplink). We used the WinProp-Proman[®] software for network analysis and coverage. This work proposes a didactic approach to teach the subject in undergraduate courses using a professional software (WinProp[®]) as primary tool.*

Key-words: *Cell planning, LTE, Quality of service, Data rate transmission, Propagation.*