

Comunicações Móveis – LTE Cenário Suburbano

Rodrigo M. Duarte
Dpt. de Engenharia Eletrotécnica e de
Computadores
Politécnico de Leiria - ESTG
Leiria, Portugal
(2210984@my.ipleiria.pt)

Pedro S. Silvestre
Dpt. de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Politécnico de Leiria - ESTG
Leiria, Portugal
(2222305@my.ipleiria.pt)

Resumo—Este relatório aborda o planeamento e a otimização de uma rede LTE em um cenário suburbano. Utilizando simulações em Matlab e ferramentas de visualização gráfica, analisamos a cobertura, interferência e outros KPIs relevantes para propor soluções técnicas eficazes.

Palavras-chave—LTE, Cenário Suburbano, Planeamento de Rede, Simulação Matlab.

I. INTRODUÇÃO

A. Introdução ao LTE

O LTE também conhecido como *Long Term Evolution* foi lançado em 2008 e implementado comercialmente entre 2009 e 2010 destaca-se por ter uma maior taxa de transmissão de dados, menor latência, uma maior largura e uma maior eficiência espectral usando técnicas de acesso ao meio como o OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) e o SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*), acabando por ser mais eficiente que as tecnologias anteriores.

B. Introdução ao cenário

Na secção II iremos abordar a implementação do LTE num ambiente suburbano/rural que tem como característica de um terreno desnivelado embora não se tenha posto em conta o desnível para a definição da altura de cada antena. Foi utilizado apenas um modelo de propagação denominado de *Longley-Rice* alterando a uma das características predefinidas que foi o *maritime over land*

Por fim na secção III foi feito um estudo de cobertura de rede no campus 2 da ESTG de Leiria. Para o estudo de cobertura, o trabalho foi dividido em 2 partes:

- Uma simulação na qual foi usado o modelo de propagação de *raytracing* que analisa as várias reflexões dos edifícios.
- Um teste de cobertura real para aferir se os resultados simulados são próximos da realidade ou não.

II. SIMULAÇÃO DE COBERTURA MACRO

A. Definição do Cenário em Estudo

O cenário em estudo definido será as áreas suburbanas de Azenhas do Mar, Praia das Maças, Fontanelas, Gouveia e Janas do distrito de Sintra, na figura 1 podemos observar as áreas referidas.

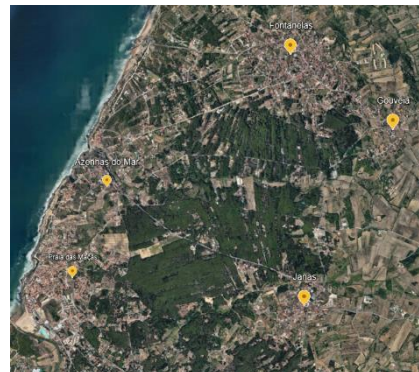


Figura 1 - Cenário em Estudo

Foi obtida a quantidade de habitantes em cada localidade para ser efetuado o estudo de capacidade, contabilizando um total de 4226 habitantes. Para o nosso cenário foi estabelecida uma capacidade de serviço de 90%, e um máximo de utilizadores por estação base de 700 habitantes, logo a partir dos seguintes cálculos foi obtido o número mínimo de estações base:

- **Capacidade de Serviço:** 90%
- **Total de habitantes:** $4226 * 0.9 = 3\,803$ habitantes.
- **Número mínimo de estações base:** $3803 / 700 = 6$ estações.

B. Principais Características da Tecnologia

A partir da Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) [1] foi observado o espectro disponível, como se pode ver na tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade de Espectro Disponível

Faixa de frequências	Quantidade de espectro disponível (MHz)
900 MHz (FDD) (880-915 MHz / 925-960 MHz)	16
1800 MHz (FDD) (1710-1785 MHz / 1805-1880 MHz)	30
2100 MHz (FDD) (1920-1980 MHz / 2110-2170 MHz)	10
2600 MHz (FDD) (2500-2570 MHz / 2620 MHz-2690 MHz)	20
2600 MHz (TDD) (2570 MHz-2620 MHz)	25

Tendo em conta essa informação será implementada uma frequência de 900 MHz e uma largura de banda de 16 MHz.

Observando a tabela 2 obtida a partir da União Internacional de Telecomunicações (ITU) [2], foi definida a altura das antenas de 40 m e uma potência de 10 watts.

Tabela 2 - Características da Estação Base

	Macro rural	Macro suburban	Macro urban	Small cell outdoor/ Micro urban	Small cell indoor/Indoor urban
Base station characteristics/Cell structure					
Cell radius/ Deployment density (for bands between 1 and 2 GHz)	> 3 km (typical figure to be used in sharing studies 5 km)	0.5-3 km (typical figure to be used in sharing studies 1 km)	0.25-1 km (typical figure to be used in sharing studies 0.5 km)	1-3 per urban macro cell <1 per suburban macro site	Depending on indoor coverage/ capacity demand
Cell radius/ Deployment density (for bands between 2 and 3 GHz)	> 2 km (typical figure to be used in sharing studies 4 km)	0.4-2.5 km (typical figure to be used in sharing studies 0.8 km)	0.2-0.8 km (typical figure to be used in sharing studies 0.4 km)	1-3 per urban macro cell <1 per suburban macro site	Depending on indoor coverage/ capacity demand
Antenna height	30 m	30 m (1-2 GHz) 25 m (2-3 GHz)	25 m (1-2 GHz) 20 m (2-3 GHz)	6 m	3 m
Sectorization	3 sectors	3 sectors	3 sectors	Single sector	Single sector
Downtilt	3 degrees	6 degrees	10 degrees	n.a.	n.a.
Frequency reuse	1	1	1	1	1

C. Tipo de antenas e diagramas de radiação

Tendo em conta a tabela 2, cada estação base será dividida em 3 setores com 120 graus e 625 metros de raio.

Será utilizado um array de 8 por 8 da antena do tipo Patch Retangular para cada transmissor. Podemos observar o diagrama de radiação na figura 2.

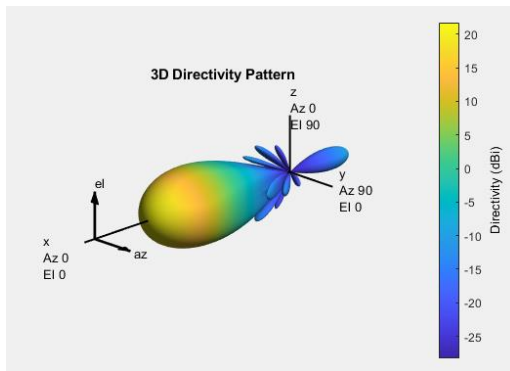


Figura 2 - Diagrama de Radiação

D. Definição da Localização das Estações Base

Para a localização das Estações Base utilizou-se o exemplo do MATLAB “SINR Map for a 5G Urban Macro-Cell Test Environment” [3]. Definiu-se a localização da estação central e a partir daí o script gera as próximas estações seguindo o diagrama da figura 3. Utilizou-se uma distância entre setores de 1250 metros.

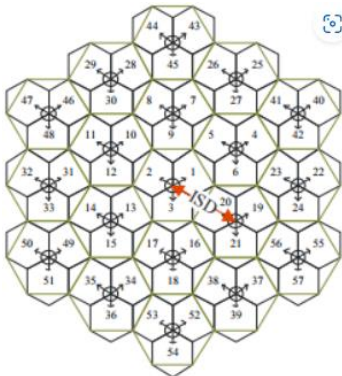


Figura 3 – Setorização e distância entre estações base

Apesar de o número mínimo de estações base ser 6, foram utilizadas 7 porque para a setorização celular o número de estações base tem de ser 1, 3, 4, 7, 9, etc. Na figura 4 podemos observar a localização das estações.



Figura 4 - Localização das Estações Base

E. Mapa de Cobertura e Interferência co-canal

Para a cobertura e para o SINR apenas foi usado o modelo de propagação Longley-Rice. Na cobertura foi usado também o maritime-over-land, pois o cenário encontra-se próximo do mar.

Analizando a figura 5 onde observamos a cobertura, podemos verificar um sinal médio de -10 dBm. Segundo a ANACOM, devem ser irradiados até 12 milhas marítimas [4], daí haver elevada cobertura marítima.

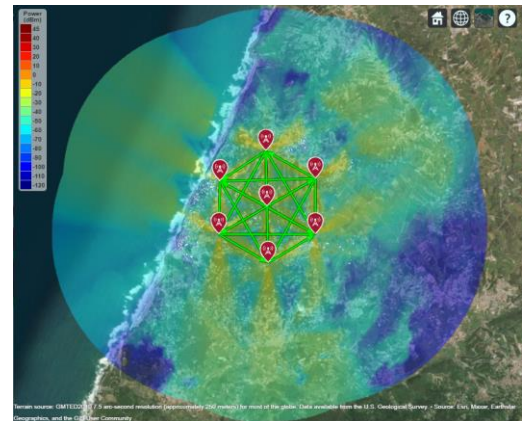


Figura 5 – Cobertura

Na figura 6 podemos visualizar o mapa de interferência co-canal (SINR), podendo verificar que há pouca interferência entre canais.

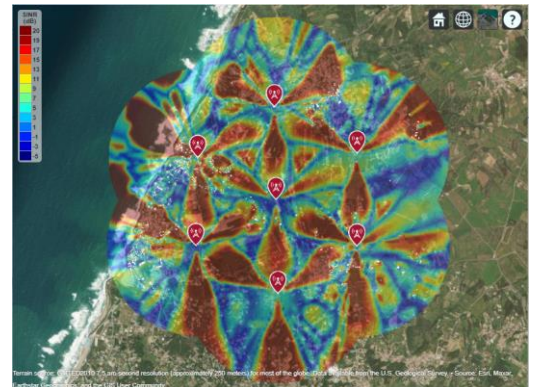


Figura 6 - Interferência co-canal

F. Ligação Rádio entre Estações Base

Foi realizada utilizando feixes hertzianos as ligações rádio entre as várias estações base, podendo observar na figura 7 que existe linha de vista entre todas as estações.



Figura 7 - Ligação Rádio entre BS

G. Best-Server

O simulador permite ao utilizador introduzir as coordenadas de um local que pretenda testar a potência, ficando assim a saber qual a estação base que tem melhor sinal e a sua potência. Como se pode observar na figura 8.

Apesar de que para o cálculo do best-server, o array de potências obtém 3 valores iguais para os 3 setores em cada estação base

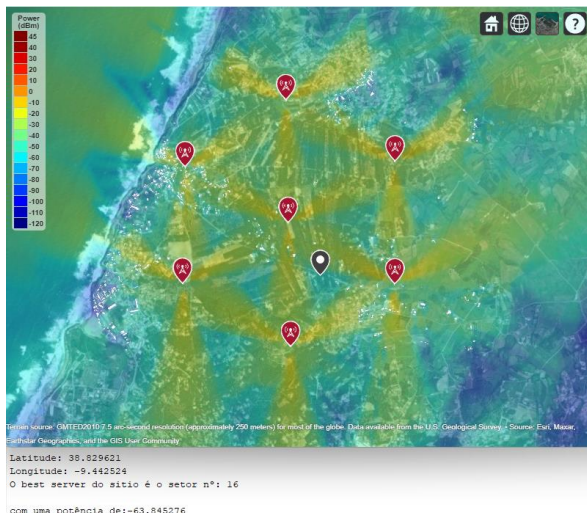


Figura 8 - Best-Server

H. Handover

Para a simulação do handover foram criados vários recetores para analisar a potência de sinal ao longo de uma estrada, como se pode observar na figura 9.

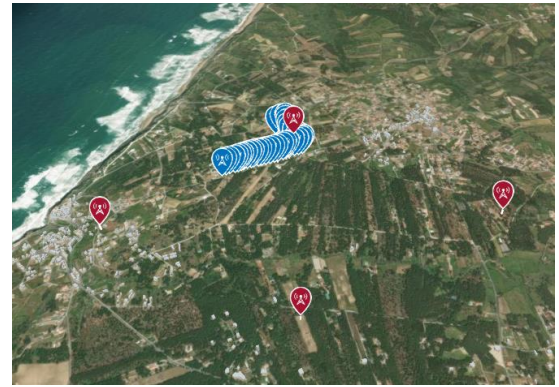


Figura 9 - Estrada em estudo

Foi assim obtido o gráfico presente na figura 11. Analisando o mesmo, podemos observar ao longo de cada posição por vezes uma troca de estação base e até mesmo uma troca de setores consoante a potência do sinal obtido.

Na figura 11 está apresentado alguns pontos onde ocorre o *handover*, visto que foi posto uma antena mais diretiva faz com que as células tenham um alcance maior que o previsto, o que faz com que os resultados não sejam bem o espetável. Na figura 10 é possível observar que o recetor 23 deveria estar a ser coberto pela célula 9.

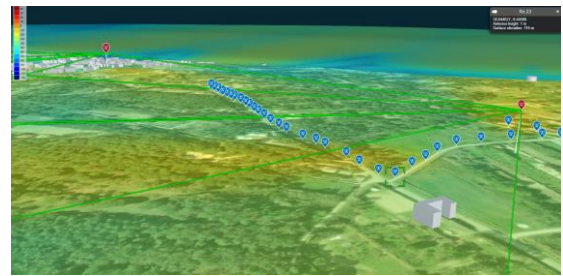


Figura 10-Recetor na posição 23

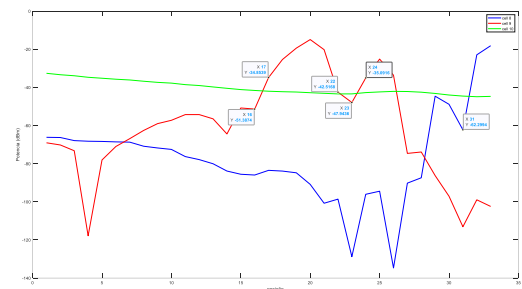


Figura 11 - Resultados Handover

III. SIMULAÇÃO DE COBERTURA NA ESTG

Nesta etapa foi efetuado um estudo de cobertura no Campus 2 da ESTG de modo a confirmar as diferenças entre os valores simulados e os valores obtidos experimentalmente.

A. Etapa 2

De forma a obter uma simulação mais próxima da realidade foi criado em Matlab uma antena com as características da que irá ser utilizada nos *drive tests*, para

tal foi necessário consultar os parâmetros indicados no *datasheet* da Aaronia Hyperlog 60100 [5]. Como podemos verificar nas figuras 12 e 13.



Figura 12 - Diagrama de radiação da antena Hyperlog 60100

HyperLOG® 60100:

- Design: Logarithmic-periodic
- Frequency range: 680MHz-10GHz
- Max. transmission power: 100 W CW (400MHz)
- Nominal impedance: 50 Ohms
- VSWR (typ.): <1.25
- Gain (typ.): 5dBi
- Antenna factor: 22-46dBm
- Calibration points: 933 (10MHz steps)
- RF connection: SMA socket (18GHz) or N socket using an adapter
- Dimensions (LxWxD): (340x200x25) mm
- Weight: 250gr
- Warranty: 10 years

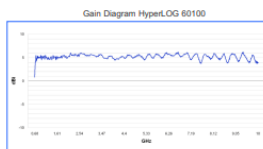


Figura 13 - Características da antena Hyperlog 60100

Com a antena desenvolvida foi feito um mapa de cobertura do estacionamento do edifício A, com a antena apontada para a pequena rotunda presente nesse estacionamento, podemos observar a cobertura na figura 14.

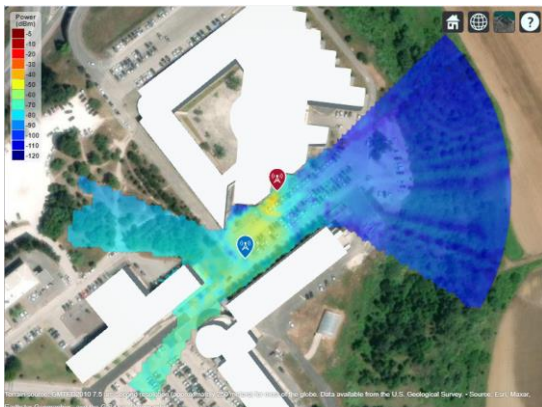


Figura 14 - Cobertura do Estacionamento Simulada

B. Etapa 3

Nesta etapa usou-se a antena, um gerador de sinais, um GPS logger e um analisador de espectro para obter as coordenadas e a potência nesses pontos para observar a cobertura no estacionamento. Nas seguintes figuras podemos observar o material utilizado.

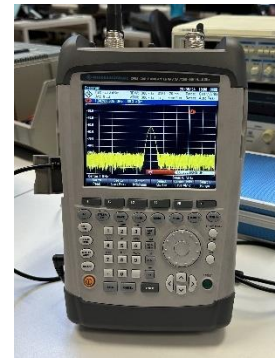


Figura 15 - ZVH8



Figura 16 - HyperLog60100



Figura 17 - Gerador de sinais

A cobertura final pode ser observada na figura 18, onde podemos concluir que apesar de algumas interferências devido aos carros, ou ao terreno o sinal é semelhante ao simulado.

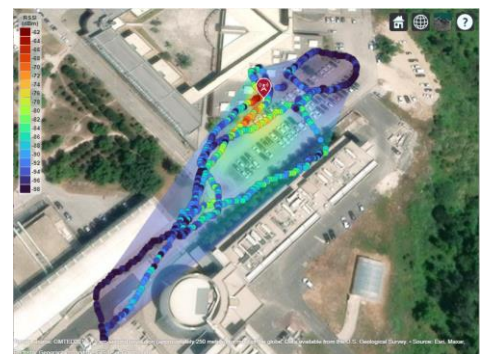


Figura 18 - Cobertura Real

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho proporcionou-nos uma compreensão aprofundada do planeamento e otimização de redes móveis, utilizando simulações em Matlab e análises georreferenciadas para identificar e resolver problemas técnicos.

Os desafios enfrentados, como modelos de propagação e interferências, evidenciaram a necessidade de uma abordagem integrada, validada por medições experimentais no terreno.

Para além das competências técnicas, o projeto destacou a importância da comunicação eficaz dos resultados, preparando os estudantes para desafios futuros na engenharia de telecomunicações.

REFERENCIAS

- [1] ANACOM, «ANACOM». Acedido: 18 de abril de 2024. [Em linha]. Disponível em: <https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=387620>
- [2] «Characteristics of terrestrial IMT-Advanced systems for frequency sharing/interference analyses». Acedido: 6 de junho de 2024. [Em linha]. Disponível em: <https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2292-2014>
- [3] «SINR Map for a 5G Urban Macro-Cell Test Environment - MATLAB & Simulink». Acedido: 6 de junho de 2024. [Em linha]. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/antenna/ug/sinr-map-for-a-5G-urban-macro-cell-test-environment-1.html>
- [4] «Spectru211suplemento.pdf». Acedido: 6 de junho de 2024. [Em linha]. Disponível em: https://www.anacom.pt/streaming/Spectru211suplemento.pdf?contentId=1419891&field=ATTACHED_FILE
- [5] «HyperLOG60XX-series.pdf». Acedido: 6 de junho de 2024. [Em linha]. Disponível em: <https://www.tssj.co.jp/pdf04/HyperLOG60XX-series.pdf>