

A

Referências Bibliográficas

- [1] 4G Americas, *4G Mobile Broadband Evolution: 3GPP Release 10 and Beyond*, February, 2011.
- [2] Agrawal, Avneesh, *Heterogeneous Networks A new paradigm for increasing cellular capacity*.
- [3] Alcatel-Lucent, *The LTE Network Architecture*, 2009.
- [4] Anderson, Harry R., *Fixed Broadband Wireless System Design*, 2003.
- [5] Ballesteros Alberto and Petit Adrián, *LTE-Advanced*, 2011.
- [6] Basit Abdul, Syed, *Dimensioning of LTE Network Description of Models and Tool, Coverage and Capacity Estimation of 3GPP Long Term Evolution radio interface*, 2009.
- [7] Bernardo, Francisco and Casadevall, Fernando and Sallent, Oriol and Ferrús, Ramon and Pérez, Jordi and Agustí, Ramon, *LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles*.
- [8] Botonjic, Aida, *MIMO channel models MIMO*, 2004. 2.1.1, 2.1.1
- [9] Cavalcante, AM and Lelis, *Software Educacional para Dimensionamento de Sistemas Móveis Celulares*, 2002. (document), 4.2, 4.2.3, 4.1, 4.4, 4.4.1, 4.4.3
- [10] Cavalcante, AM and Lelis, G. H. S. Carvalho e J.C.W.A. Costa, *CELLP - SOFTWARE PARA PLANEJAMENTO DE SISTEMAS CELULARES*. (document), 1.2, 2.9, 2.10, 2.2.3
- [11] Correia, Luis, *Mobile Broadband Multimedia Networks*.
- [12] Czink, Nicolai and Oestges, Claude, *The COST 273 MIMO Channel Model: Three Kinds of Clusters*, August, 2008.
- [13] Davis, Justin, *High-Speed Digital System Design*, January, 2006.

- [14] Ericsson, *Coverage and Capacity Dimensioning*.
- [15] España, Schwarz, *Generación y Análisis de Señales LTE-Advanced*, 2010.
- [16] ETSI, *ETSI TS*, 2012.
- [17] Genc, Vasken and Murphy, Sean and Yu, Yang and Murphy, John, *IEEE 802.16j Relay-Based Wireless Access Networks: An Overview*, October, 2008.
- [18] Gessner C., Roessler A., Kottkamp M., *UMTS Long Term Evolution (LTE) technology introduction*, 2012.
- [19] Hamza, Ahmed, *Long Term Evolution (LTE) - A Tutorial*, 2009.
- [20] Herrera, Oscar E and Ospina, Ana M and Galvis, Alexander and Gutiérrez, Alejandro, *WRAN AND LTE COMPARISON IN RURAL ENVIRONMENTS*, 2012.
- [21] Hien, Chu Quang and Conrat, Jean-Marc and Cousin, Jean-Christophe, *Propagation path loss models for LTE-Advanced urban relaying systems*, July, 2011.
- [22] INTERIM, STANFORD UNIVERSITY, *Modelo IEEE 802.16j*. (document), 5.2
- [23] Irmer, Ralf and Diehm, Fabian *On Coverage and Capacity of Relaying in LTE- Advanced in Example Deployments*, April, 2008.
- [24] Iwamura, Mikio and Takahashi, Hideaki and Nagata, Satoshi, *Special Articles on LTE-Advanced Technology and Ongoing Evolution of LTE toward IMT-Advanced*. (document), 2.4, 2.5
- [25] Kyosti, Pekka and Meinila, Juha and Hentila, Lassi and Zhao, Xiongwen and Jamsa, Tommi and Schneider, Christian and Narandzic, Milan and Milojevic, Marko and Hong, Aihua and Ylitalo, Juha and Holappa, Veli-Matti and Alatossava, Miko and Bultitude, Robert and De Jong, Yvo and Rautiainen, Terhi, *WINNER Model*, 2007. (document), 2.6
- [26] Leite, Cristiano de Andrade, *Ferramenta de predição para otimização da cobertura de rede celular*.

- [27] Manuel, Pedro and Carvalho, De Almeida, *Análise de Desempenho dos Sistemas LTE e LTE-Advanced com base em Simuladores*, 2011. (document), 3.2.5, 3.3
- [28] Mehmood, Asad and Aslam, Waqas, *CHANNEL ESTIMATION FOR LTE DOWNLINK*, 2009. 3.2.5
- [29] Menon, João Marcos, *DIMENSIONAMENTO DE TRÁFEGO DE REDE DE DADOS PARA SISTEMA CELULAR 1XEV-DO*, 2006.
- [30] Myung, Hyung G, *Technical Overview of 3GPP LTE*, 2008.
- [31] Nakamura, Takehiro, *Proposal for Candidate Radio Interface Technologies for IMT -Advanced Based on LTE Release 10 and Beyond (LTE - Advanced)*, October, 2009. (document), 3.2.4, 3.2
- [32] Networks, Nokia Siemens, *Beyond 4G Radio Evolution for the Gigabit Experience*.
- [33] Networks, Nokia Siemens, *Nokia Siemens Networks Flexi Multiradio BTS*. C
- [34] Parkvall, Stefan and Dahlman, Erik and Furuskär, Anders and Jading, Ylva and Olsson, Magnus and Wänstedt, Stefan and Zangi, Kambiz, *LTE-Advanced and Evolving LTE towards IMT-Advanced*, 2008. (document), 2.3, 2.14, 2.3.1, 2.16, 2.6, 5.5, 5.4
- [35] Pozo Ide, Cristian Andres, *WiMAX: BANDA ANCHA MOVIL Y COMPARACION CON HSDPA*. (document), 2.2, 2.2.3, 2.7
- [36] Rodrigues, Wander, *Comunicações Móveis Sumário*.
- [37] Rodrigues, Márcio Eduardo da Costa, *Redes WiMAX: Aspectos de Arquitetura e Planejamento*.
- [38] Saleh, Adel A.M. and Valenzuela, Reinaldo A., *A Statistical Model for Indoor Multipath Propagation*, 1987.
- [39] Salo, J. and Chang, K. and Nur-Alam, M., *Practical Introduction to LTE Radio Planning*. 5.11
- [40] Santana do Carmo, Igor, *Cenários de Evolução para Acesso Banda Larga Sem Fio*. (document), 5.13
- [41] Sauter, Martin, *Beyond 3G: Bringing Networks, Terminals and the Web Together*, November, 2008.

- [42] Senarath, Gamini and Tong, Wen and Naden, Mark and Kitchener, Dean and End, Hayes and Cai, Sean and Diego, San and Wong, Wendy C and Srinivasan, Roshni and Lee, Hannah Hyunjeong and Sydir, Jerry and Ahmadi, Sassan, *Multi-hop Relay System Evaluation Methodology*, 2007. 3.2.1
- [43] Sesia, Stefania and Toufik, Issam and Baker, Matthew, *LTE - The UMTS Long Term Evolution - From Theory to Practice*, 2011.
- [44] Sharawi, Mohammad S., *RF Planning and Optimization for LTE Networks*. (document), 2.8, 3.2.5
- [45] Sirkova, Irina D., *Overview of COST 273 Part I : propagation modeling and channel characterization*, July, 2006. (document), 3.3.2, 3.2
- [46] Teleco - Brasil, *4G de Celular no Brasil*.
- [47] Tissato Nakamura, Emilio and Antonio da Silva, Jadir and Tavares, Ricardo and Maia Lemos, Luciano and Ribeiro, Sérgio Luís and Manuel, Martin Rios José, *Redes de Telecomunicações Móveis para a Copa de 2014*, 2014.
- [48] Tseng, Fan-Hsun and Chen, Chi-Yuan and Chou, Li-Der and Wu, Tin-Yu and Chao, Han-Chieh, *A Study on Coverage Problem of Network Planning in LTE-Advanced Relay Networks*, March, 2012. (document), 2.11, 2.12
- [49] Turin, George L. and Clapp, Fred D. and Johnston, Tom L. and Fine, Stephen B. and Lavry, Dan, *A Statistical Model of Urban Multipath Propagation*, 1972.
- [50] Wang, Wei and Sharif, Hamid and Hempel, Michael and Zhou, Ting and Mahasukhon, Puttipong *Throughput vs. Distance Tradeoffs and Deployment Considerations for a Multi-Hop IEEE 802.16e Railroad Test Bed*, May, 2008. 2.1
- [51] Wannstrom, Jeanette, *LTE-Advanced*, May, 2012. 3.2.2, 3.2.2, 3.2.3, 4.3.1, 4.3.2, 4.5
- [52] Zhang, Liang, *Network Capacity, Coverage Estimation and Frequency Planning of 3GPP Long Term Evolution*, 2010.
- [53] Zyren, Jim, *Overview of the 3GPP Long Term Evolution Physical Layer*, 2007. (document), 1.2.1, 1.1, 1.4

B

Glossário

3G Third Generation

3GPP 3rd Generation Partnership Project

4G Fourth Generation

AMC Area Management Center

APT Asia Pacific Telecommunity

BCCH Broadcast Control Channel

BLER Block Error Rate

BS Base Station

BTS Base Transceiver Station

CC Component Carrier

CDL Clustered Delay Line

CDMA Code Division Multiple Access

CINR Carrier Interference plus Noise Ratio

CL-SM Closed Loop- Spatial Multiplexing

CN Core Network

CoMP Coordinated Multi-Point Operation

CP Cyclic Prefix

DAS Distributed Antennas Systems

DCH Dedicated Channel

DFT Discrete Fourier Transform

DL Downlink

DSL Digital Subscriber Line

DwPTS Downlink Pilot Timeslot

EDGE Enhanced Data Rates for Global Evolution

eNodeB E-UTRAN Node B

EPC	Evolved Packet Core
ePDG	Evolved Packet Data Gateway
EPS	Evolved Packet System
ERB	Estação Radio Base
E-UTRAN	Evolved- Universal Terrestrial Radio Access Network
EV-DO	Evolution- Data Optimized
EVM	Error Vector Magnitude
FDD	Frequency Division Duplex
FFT	Fast Fourier Transform
GERAN	GSM/EDGE Radio Access Network
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GOS	Grau de Serviço
GP	Guard Period
GSM	Global System for Mobile
HLR	Home Location Register
HSPA	High Speed Packet Access
HSS	Home Subscriber Server
IDFT	Inverse Discrete Fourier Transform
IM	Margem de Implementação
IMT	International Mobile Telecommunication
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	International Telecommunication Union- Radiocommunication
LOS	Line of Sight
LTE	Long Term Evolution
LTE-A	Long Term Evolution- Advanced
MB	Mobile Station
MCS	Modulation Coding Scheme
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
MISO	Multiple-Input Single-Output
MME	Mobility Management Entity
NF	Noise Figure

NLOS	Non Line of Sight
OBF	Overbooking Factor
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Access
OL-SM	Open Loop- Spatial Multiplexing
PAPR	Peak-to-Average Power Ratio
PCA	Porcentagem de Área de Cobertura
PCRF	Policy and Charging Rules Function
PDN-GW	Packet Data Network- Gateway
PMI	Precoding Matrix Indication
PN	Pseudo-Noise
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
R99	Release 99
RAT	Radio Access Technology
RB	Resource Block
RE	Resource Element
RF	Radio Frequency
RLB	Radio Link Budget
RMS	Resource Management System
RNC	Radio Network Controller
RS	Relay Station
RSCP	Received Signal Code Power
RSSI	Received Signal Strength Indicator
Rx	Reception
SAE	System Architecture Evolution
SC-FDMA	Single Carrier- Frequency Division Multiple Access
SFBC	Space-Frequency Block Codes
SGSN	Serving GPRS Support Node
S-GW	Serving- Gateway

SIMO	Single-Input Multiple-Output
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio
SIR	Signal to Interference Ratio
SISO	Single-Input Single-Output
SNR	Signal to Noise Ratio
SU	Single User
SUI	Stanford University Interin
TCH	Transport Channel
TDD	Time Division Duplex
TRI	Transmit Rank Indication
TTI	Transmission Time Interval
Tx	Transmission
UEE	User Equipment
UL	Uplink
UMTS	Universal Mobile Telecommunications Systems
UpPTS	Uplink Pilot Timeslot
UTRAN	Universal Terrestrial Radio Access Network
WCDMA	Wideband-Code Division Multiple Access
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Worldwide Interoperability for Microwave Access

C

Análise das Ferramentas Existentes.

As ferramentas disponíveis no mercado têm foco no planejamento de rede, ou seja, planejar as novas estações de transmissão que são chamadas *site*. As principais diferenças entre os fabricantes dizem respeito às customizações dos diagramas de propagação, bases de dados geográficos e interfaces gráficas de operação. Todas as ferramentas apresentadas manipulam modelos criados a partir de mapas. Não são utilizados mapas convencionais como, por exemplo, o *Google Earth* [26]. Isso permitirá uma visualização macro da região em estudo que poderá ainda ser enriquecida com dados de localização de empresas sediadas em torno do *site* e qual o tipo de serviço elas utilizam.

CELLP.

Introdução.

O ambiente computacional CELLP foi desenvolvido na linguagem de programação orientada aos objetos, *DELPHI* 5.0, e pode ser considerado apenas como uma plataforma de fundo, ou seja, ele por si só não realiza nenhuma tarefa e, sim, os vários sub-programas que o formam.

Cada sub-programa foi desenvolvido para realizar uma determinada tarefa referente a cada passo no processo de planejamento de sistemas móveis celulares. A Figura C.1 mostra a janela principal do CELLP. Através dessa janela principal é possível acessar os diversos sub-programas bastando acionar os botões laterais. A tabela C.1 mostra as tarefas realizadas por cada sub-programa.



Figura C.1: Ambiente do Software CELLP.

Sub-Programa	Tarefa realizada
<i>Predict</i>	Realiza estudos estatísticos para avaliar o desempenho dos modelos de predição frente a uma campanha de medições de uma determinada região.
<i>Radio Link</i>	Realiza o balanço de potência do sistema, determinando o raio máximo de cobertura para os dois enlaces (direto y reverso).
<i>Traffic Tool</i>	Realiza cálculos de tráfego, número de canais e de QoS.
<i>Traffic Design</i>	Realiza o projeto de tráfego a partir de uma mapa de tráfego.
<i>Cell Site</i>	Simula diversos efeitos na propagação do sinal em uma ERB.

Tabela C.1: Sub-Programas do CELLP.

Predict.

O *software Predict* foi desenvolvido, principalmente, para realizar estudos estatísticos comparativos dos modelos de predição. Tal comparação visa avaliar o desempenho dos mesmos frente aos dados de uma campanha de medições realizada em uma determinada região. O ambiente deste programa é dividido em diversas paletas (abas), que são:

- Parâmetros.
- Base de Dados.
- Análise Gráfica.
- Análise Estatística.



Figura C.2: Abas do *Predict*.

Radio Link.

O *software Radio Link* foi desenvolvido para realizar o Balanço-de-Potência (Link Power Budget) do sistema, determinando o raio máximo de cobertura de um determinado modelo para os dois enlaces (descida e o de subida). Este programa também tem a opção de gerar relatório contendo os resultados obtidos.

Assim como no *Predict*, este programa apresenta paletas, uma denominada “Dados de Entrada” que se refere ao fornecimento, por parte do usuário, dos parâmetros do sistema e a escolha do modelo no qual se quer realizar o estudo, e outra denominada “Resultados”, referente aos resultados dos cálculos realizados. Estas paletas são mostradas nas figuras C.3 e C.4 respectivamente.

The screenshot shows the 'Radio Link' software window with the 'Dados de Entrada' tab selected. The interface is organized into several panels:

- Parâmetros da ERB:**
 - Potência Transmida (dBm): 36
 - Ganho da Antena (dBi): 15
 - Altura Efetiva da Antena (m): 50
 - Sensibilidade do Receptor (dBm): -113
- Parâmetros do TM:**
 - Potência Transmida (dBm): 28
 - Ganho da Antena (dBi): 0
 - Altura Efetiva da Antena (m): 3
 - Sensibilidade do Receptor (dBm): -103
- Modelo de Predição:**
 - ☒ Modelo do Projetista
 - ☐ Espaço Livre
 - ☐ Okumura-Hata
 - ☐ Okumura-Hata Modificado
 - ☐ Wallisch-Ikegami
 - ☐ Wallisch-Bertoni
 - ☐ Maciel-Bertoni-Gia
 - ☐ Ibrahim-Parsons
- Parâmetros do Sistema:**
 - Frequência de Operação (MHz): 900
 - Distância entre o TM e os prédios na rua (m): 10
 - Ângulo da rua em relação ao enlace (graus): 45
 - Margem para Desvanecimentos (dB): 3,5
- Parâmetros Urbanos:**
 - Largura Média das Ruas (m): 20
 - Altura Média dos Prédios (m): 30
 - % de Prédios sobre o Terreno (%): 30
 - Distância média entre Prédios (m): 30
- Tamanho da Cidade:**
 - ☒ Grande
 - ☐ Média
 - ☐ Pequena
- Área:**
 - ☒ Urbano Denso
 - ☐ Urbano
 - ☐ Sub-Urbano
 - ☐ Rural

Additional features include a 'Calcular Rmax (up/down)' button and a diagram of a radio tower with signal coverage area.

Figura C.3: *Radio Link* - Dados de Entrada.

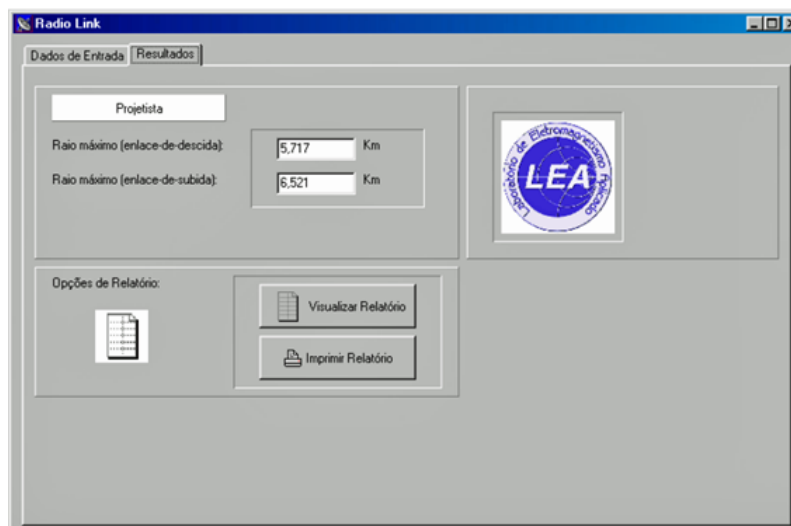


Figura C.4: *Radio Link* - Resultados.

Traffic Tool.

O *software Traffic Tool* é uma ferramenta de consulta do projetista. Ele efetua cálculos referentes ao número de canais, Grau de Serviço (GOS) e tráfego, além de poder gerar tabelas completas de tráfego, geralmente utilizadas no projeto de tráfego telefônico. A figura C.5 mostra o ambiente do programa.

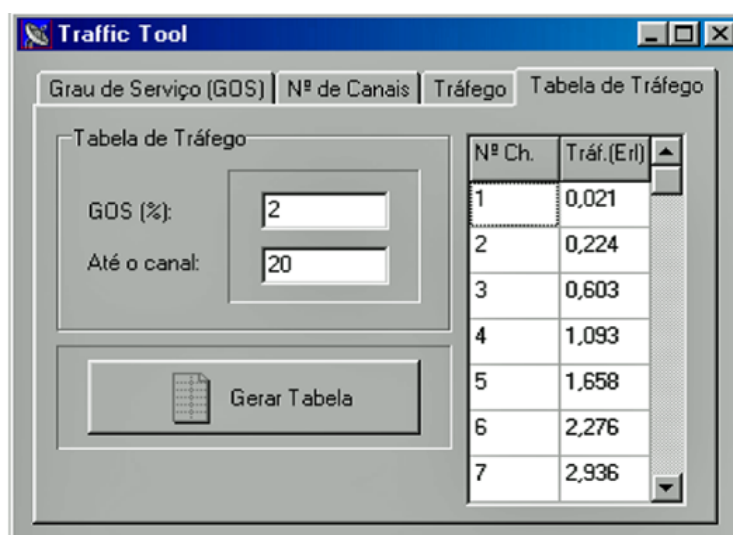


Figura C.5: *Traffic Tool* - Geração de tabela de tráfego.

Traffic Design.

O *software Traffic Design* realiza o projeto de tráfego a partir de um mapa de tráfego produzido em qualquer formato gráfico usual (jpg, jpeg, bmp, emf ou wmf). Este projeto consiste na divisão do mapa da região de interesse em quadrículas, onde cada quadrícula deve representar o tráfego oferecido na área delimitada pela mesma.

Para que qualquer mapa de tráfego possa ser utilizado neste programa, é necessário que cada quadrícula represente uma de quatro possibilidades de tráfego oferecido, ou seja, só podem existir 4 valores de tráfego oferecido que cada quadrícula pode representar. Além disso, tais valores devem ser representados nas quadrículas pela associação dos mesmos a alguma cor de preenchimento da quadrícula, onde esta associação deve ser fornecida ao programa para que o projeto seja válido. Outro aspecto importante da utilização deste programa provém do fato de que a unidade básica de resolução de vídeo é o pixel sendo necessário, portanto, necessário que o usuário forneça a área dessas quadrículas em km, assim como o fator de digitalização (fator que especifica a relação km / pixel).

Realizada a parte de configuração do programa, o usuário deve especificar o raio das células que formarão a grade hexagonal. Para o projeto de sistemas móveis celulares, é comum especificar este raio como sendo o raio máximo determinado balanço de potência do sistema, podendo assim, ser utilizado o programa *Radio-Link* para a realização desta tarefa. Após isto, o usuário deve localizar a 1ª ERB (referência para o cálculo de tráfego) digitando as coordenada (x,y) ou simplesmente clicando com o *mouse* na posição desejada. Após a definição da localização da ERB, o usuário deverá clicar no botão correspondente à contagem de tráfego, onde será realizada a contagem de tráfego na área da célula correspondente à ERB de referência e será determinado o número de canais necessários para atender tal tráfego com um GOS previamente estabelecido pelo usuário. O resultado desta contagem é mostrado no próprio programa e pode ser gerado em um relatório. A figura C.6 mostra um exemplo da utilização do programa.

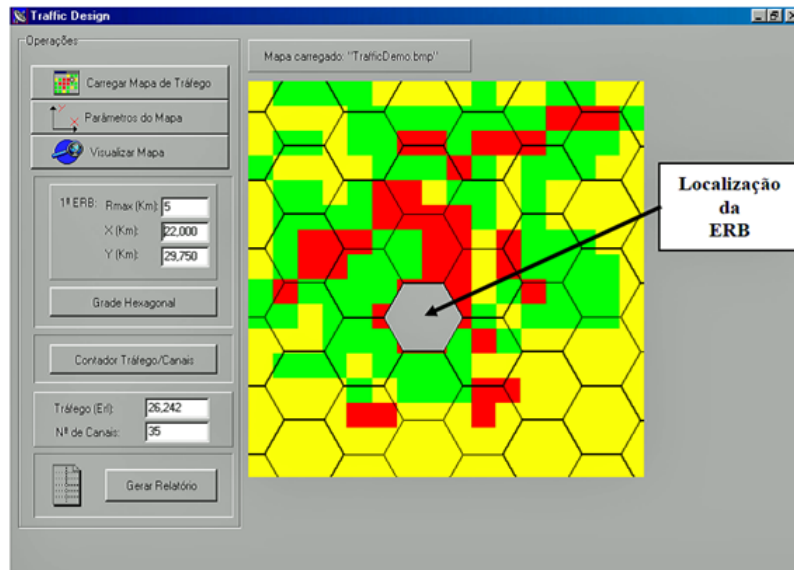


Figura C.6: Ambiente do *Software Traffic Design*.