



**Mariana Mostardeiro**

**Métodos de Planejamento de Sistemas  
Celulares WCDMA**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do título de Mestre pelo Programa  
de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da  
PUC-Rio.

Orientador: Prof. Luiz Alencar da Silva Mello

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2003



**Mariana Mostardeiro**

**Métodos de Planejamento de Sistemas  
Celulares WCDMA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Luiz Alencar da Silva Mello**

Orientador

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

**Prof. Erasmós Couto Brazil de Miranda**

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

**Prof. Marco A. Grivet Mattoso Maia**

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

**Dr. Rodolfo Sabóia Lima de Souza**

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

**Prof. Ney Augusto Dumont**

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 16 de dezembro de 2003

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Mariana Mostardeiro**

Graduou-se em Engenharia Elétrica de Telecomunicações na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em julho de 2001.

#### Ficha Catalográfica

Mariana Mostardeiro

Métodos de Planejamento de Sistemas Celulares WCDMA / Mariana Mostardeiro; orientador: Luiz Alencar da Silva Mello. – Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Elétrica, 2003.

v., 102 f.: il.; 29,7 cm

1. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Incluí referências bibliográficas.

À minha mãe

## Agradecimentos

Ao professor Luiz Alencar da Silva Mello, pela orientação paciente e dedicada em todas as etapas deste trabalho.

Aos amigos: Chinta, Jani, Pranshu, Vishwas, Godinho, Marcela, Luciana, Ana Cristina e Pedro, pelo companheirismo.

Aos funcionários do CETUC, pelo carinho e atenção.

Ao CNPq, pelo suporte financeiro que contribuiu para a viabilização deste trabalho.

## Resumo

Mariana Mostardeiro. **Sistema WCDMA: Planejamento de Sistemas Celulares de Terceira Geração.** Rio de Janeiro, 2003. 102 p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho apresenta um estudo detalhado de técnicas de planejamento de sistemas celulares de terceira geração WCDMA. Primeiramente é realizado um estudo teórico do sistema WCDMA, da estrutura da interface aérea, dos diversos tipos de canais presentes no downlink e no uplink. A seguir são apresentadas técnicas de planejamento de rede, com uma análise detalhada do cálculo de enlace e do planejamento de cobertura do sistema celular.

Com base neste estudo foram realizadas diversas simulações com o software aberto NPSW para diferentes situações em relação a tipos de serviço, condições de uso e carga no sistema. Estas simulações permitiram caracterizar os efeitos dos diversos parâmetros de entrada no desempenho do sistema. Finalmente, é apresentado um estudo de caso de planejamento para a região do centro do Rio de Janeiro.

## Palavras-chave

Sistemas celulares, Sistemas WCDMA, Planejamento de sistemas 3G.

## **Abstract**

Mariana Mostardeiro: **WCDMA System: Third Generation Cellular System Planning**. Rio de Janeiro, 2003. 102 p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This work presents a detailed study of planning techniques for third generation WCDMA cellular systems. At first a theoretical study of the WCDMA system is presented, including the structure of the air interface and the various channel types in the downlink and uplink. Following, network planning techniques are presented, with a detailed analysis of the link budget calculations and the system coverage planning issues.

Based on this study, the system behaviour was simulated using the open software NPSW for different configurations of service, operation condition and system load. The simulations allowed the characterization of the effect of several parameters on the system performance. Finally, a case study of coverage planning for downtown Rio de Janeiro is presented.

## **Keywords**

WCMA systems, Cellular systems, 3G systems planning.

# Sumário

1 Introdução	13
2 Sistema WCDMA	16
2.1. Especificações WCDMA	17
2.2. Arquitetura de Protocolo	18
2.2.1. Canais Lógicos	19
2.2.2. Canais de Transporte	21
2.2.3. Canais Físicos	24
3 O Canal Rádio Móvel	31
3.1. Efeitos de Sombreamento e Multipercurso	32
3.2. Propagação em Regiões Urbanas	35
3.2.1. Modelos de Predição Empíricos	35
4 Planejamento de Rede	43
4.1. Dimensionamento	43
4.2. Link Budget	44
4.2.1. Fator de Tráfego do Uplink	45
4.2.2. Fator de tráfego do Downlink	47
4.2.3. Margem de sombreamento e estimativa do Ganho de Soft Handover	48
4.2.4. Raio da Célula e Estimativa da Área de cobertura da Célula	50
4.2.5. Eficiência Espectral	51
4.2.6. Cálculo de Capacidade	51
4.3. Detalhes do Dimensionamento	52
4.3.1. Dados de entrada	53
4.4. Simulando a Performance do Link	54
4.4.1. Cobertura	55
4.4.2. Capacidade	57



5 Resultados das Simulações	59
5.1. Saturação do Sistema	59
5.1.1. Para taxa de 12.2 Kbps	60
5.1.2. Para taxa de 64 Kbps	61
5.1.3. Para taxa de 144 Kbps	62
5.1.4. Para 384 Kbps	63
5.1.5. Para diferentes Taxas de Bit	64
5.2. Análise da variação da velocidade	65
5.3. Variação dos percentuais de usuários de cada classe	68
5.4. Análise da Performance do Sistema	69
5.4.1. Performance do Sistema para 500 Usuários	69
5.4.2. Performance do Sistema para 1000 Usuários	79
6 Conclusões	89
Referências Bibliográficas	91
A1 Apêndice 1 – Programa NPSW – Matlab Implementation of a Static Radio Network planning tool for wideband CDMA.	92
A.1.1. Processo de Predição de Cobertura	92
A.1.1.1. Para o Uplink	92
A.1.1.2. Para o Downlink	93
A.1.2. Estrutura do Software	93
A.1.3. Procedimento Geral de Inicialização	94
A.1.3.1. Funções de Inicialização	95
A.1.4. Visualizando os resultados	96
A2 Índice de Siglas	99

## Lista de figuras

Figura 2.1 – Estrutura do link de acesso	18
Figura 2.2 – Arquitetura de protocolo	20
Figura 2.4 - Estrutura de quadro para o downlink DPCH	28
Figura 2.5 - Estrutura de quadro para o CCPCH primário	29
Figura 2.6 - Estrutura de quadro do PDSCH	30
Figura 3.1 - Cenário de Multipercurso	33
Figura 3.2 - Distribuições de Rayleigh, Gaussiana e Normal	35
Figura 3.4 - Parâmetros do Modelo – parte 2	40
Figura 4.1 - Exemplo de RLB	51
Figura 5.1 – Ambiente de Simulação	60
Figura 5.2 – Saturação do Sistema para taxa de 12.2 Kbps	61
Figura 5.3 – Saturação do Sistema para taxa de 64 Kbps	62
Figura 5.4 – Saturação do Sistema para taxa de 144 Kbps	63
Figura 5.5 – Saturação do Sistema para taxa de 384 Kbps	64
Figura 5.6 – Saturação do Sistema	66
Figura 5.6 – Saturação do Sistema variando a Velocidade em 2 situações	67
Figura 5.8 – Saturação do Sistema variando a Velocidade em 3 situações	68
Figura 5.9 –Número de usuários servidos em cada perfil por taxa	69
Figura 5.10 –Número de usuários servidos por taxa	71
Figura 5.11 –Número de usuários não servidos por taxa	71
Figura 5.12 –Melhor Servidor no Uplink	72
Figura 5.12 –Melhor Servidor no Downlink	72
Figura 5.13 –Número de Portadoras	73
Figura 5.14 – Áreas com maior nível de CPICH recebido e áreas de SHO	73
Figura 5.15 – Áreas de SHO	74
Figura 5.16 – Tráfego na célula pela própria portadora	75
Figura 5.17 – Tráfego Total	75
Figura 5.18 – Razão de Interferência	76

Figura 5.18 – SHO – fator de overhead	76
Figura 5.19 – Probabilidade de SHO	77
Figura 5.20 – As probabilidade para diferentes tipos de conexões SHO	77
Figura 5.21 – Sites ativos para cada pixel	78
Figura 5.22 – O número de bits transmitidos por pixel	78
Figura 5.23 – O número médio de bits por célula na direção de uplink	79
Figura 5.24 – A taxa de saída total; por célula no uplink	79
Figura 5.25 – A taxa de saída total; por célula no downlink	79
Figura 5.26 –Número de usuários servidos por taxa	81
Figura 5.27 –Número de usuários não servidos por taxa	81
Figura 5.28 – Melhor Servidor no Uplink	82
Figura 5.29 – Melhor Servidor no Downlink	82
Figura 5.30 –Número de Portadoras	83
Figura 5.31 – Áreas com maior nível de CPICH recebido e áreas de SHO	83
Figura 5.32 – Áreas de SHO	84
Figura 5.33 – Tráfego na célula pela própria portadora	84
Figura 5.34 – Tráfego Total	85
Figura 5.35 – Razão de Interferência	85
Figura 5.36 – SHO – fator de overhead	86
Figura 5.37 – Probabilidade de SHO	87
Figura 5.39 – Sites ativos para cada pixel	87
Figura 5.40 – O número de bits transmitidos por pixel	88
Figura 5.41 – O número médio de bits por célula na direção de uplink	88
Figura 5.42 – A taxa de saída total; por célula no uplink	89
Figura 5.43 – A taxa de saída total; por célula no downlink	89
Figura 5.44 – Região Selecionada para estudos e disposição das erbs	90
Figura 5.45 – Intensidade de sinal	91
Figura 5.46 – Razão sinal – ruído	92
Figura A.1 – Esquema do funcionamento do software NPSW.	99

## Lista de tabelas

Tabela 2.1- Parâmetros do WCDMA	19
Tabela 4.1 - Valores de K para determinação da área do site	52
Tabela 4.2 – Potência de Transmissão requerida para 1 Mbps com cobertura Completa	58
Tabela 5.1 – Número de usuários servidos e não servidos para taxa de Voz	61
Tabela 5.2 – Número de usuários servidos e não servidos para taxa de 64 Kbps	62
Tabela 5.3 – Número de usuários servidos e não servidos para taxa de 144 Kbps	63
Tabela 5.4 – Número de usuários servidos e não servidos para taxa de 384 Kbps	64
Tabela 5.5 – Número de usuários por taxa	65
Tabela 5.5 – Percentual de usuários não servidos por taxa	65
Tabela 5.6 – Número de usuários por taxa	67
Tabela 5.7 – Percentual de usuários não servidos variando a velocidade	67
Tabela 5.8 – Número de usuários por taxa 2	68
Tabela 5.9 – Percentual de usuários não servidos variando a velocidade	68
Tabela 5.10 – Número de usuários e percentual por taxa em cada perfil	69
Tabela 5.11 – Número de usuários por taxa	70
Tabela 5.12 – Percentual de usuários não servidos por taxa	70
Tabela 5.13 – Número de usuários por taxa	80
Tabela 5.14 – Percentual de usuários não servidos por taxa	80