



**Roberto Batista Vereza de Oliveira**

**Planejamento de Sistemas UMTS  
e Aspectos de Interoperabilidade  
Com Redes GSM/GPRS/EDGE**

**Dissertação de Mestrado**

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

Orientador: Prof. Luiz Alencar Reis da Silva Mello

Rio de Janeiro

Maio de 2007



**Roberto Batista Vereza de Oliveira**

**Planejamento de Redes UMTS e Aspectos de  
Interoperabilidade com Redes  
GSM/GPRS/EDGE**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de grau 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.

**Dr. Luiz Alencar Reis da Silva Mello**

Orientador

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

**Dr. Eduardo Javier Arancibia Vásquez**

CLARO

**Dr. Marco Antônio Grivet Mattoso Maia**

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

**Dr. Rodolfo Sabóia Lima de Souza**

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico

Rio de Janeiro, 04 de maio de 2007

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

### **Roberto Batista Vereza de Oliveira**

Graduou-se em Engenharia Elétrica com Ênfase em Telecomunicações pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) em 2000. Trabalhou como engenheiro na DSC Tecnologia (atual WiNGS), Lucent Technologies, Brasilsat, SIEMENS A.G. e atualmente ocupa o cargo de Especialista em redes GSM/GPRS/EDGE e UMTS na Matriz da CLARO, na cidade do Rio de Janeiro.

Ficha Catalográfica

Oliveira, Roberto Batista Vereza de

Planejamento de sistemas UMTS e aspectos de interoperabilidade com redes GSM/GPRS/EDGE / Roberto Batista Vereza de Oliveira ; orientador: Luiz Alencar Reis da Silva Mello. – 2007.

138 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Inclui bibliografia

CDD: 621.3

Para minha esposa Ana Luiza,  
pelo suporte e compreensão durante a realização  
deste trabalho.

## Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Luiz Alencar Reis da Silva Mello, pela orientação e apoio para a realização deste trabalho;

Ao Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) pelo incentivo;

Aos meus pais Manoel (in memoriam) e Maria José, à minha irmã Suzana, à tia Lourdes (in memoriam), aos tios Beto, Cláudia e Jacomelli e aos meus avós Gifú e Lili pela educação, apoio e incentivo por toda a minha vida;

Ao Eduardo Abrantes e Adriano Lima pela confiança e apoio;

Ao Renato Gomes, Bruno Maia, Eduardo Javier (CLARO), Márcio Rodrigues (CETUC) e Petteri Hakalin (OPTIMI) pelos constantes suporte e revisão;

E, sobretudo, a Deus.

## Resumo

Oliveira, Roberto Batista Vereza.de; Silva Mello, Luiz Alencar Reis da; **Planejamento de Redes UMTS e Aspectos de Interoperabilidade com Redes GSM/GPRS/EDGE**. Rio de Janeiro, 2007. 138p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O presente trabalho tem como meta analisar os aspectos de planejamento de redes celulares UMTS coexistentes com redes GSM, abordando de forma sintetizada os principais pontos de interesse para as operadoras de telefonia celular móvel que eventualmente estejam considerando a possibilidade de coexistência entre esses sistemas. São abordados de forma especial os processos de interoperabilidade entre as redes UMTS e GSM/GPRS/EDGE.

## Palavras-chave

UMTS;GSM;GPRS;EDGE;Planejamento;Interoperabilidade;Coexistência

## **Abstract**

Oliveira, Roberto Batista Vereza.de; Silva Mello, Luiz Alencar Reis da;  
**Planning of UMTS Networks and Interoperability Aspects with GSM/GPRS/EDGE Networks.** Rio de Janeiro, 2007. 138p. M.Sc. Thesis – Electrical Engineering Department, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This work has as its purpose to analyze and present on a concise manner the planning aspects for new UMTS networks as well as its interoperability issues concerning GSM legacy layer, serving as reference for the wireless network providers which adopt UMTS over GSM/GPRS/EDGE as their short-term option for deploying existing networks. It will be given special attention to most of interoperability issues which are defined by the standardization bodies (mainly INTER-RAT) and others which are being offered by some of the most representative equipments providers.

## **Keywords**

UMTS;GSM;GPRS;EDGE; Planning; Interoperability; Coexistence

# Sumário

1	Introdução	15
2	Fundamentos de sistemas WCDMA/UMTS	18
2.1.	Conceitos Básicos	18
2.2.	Códigos de canalização e “embaralhamento”	25
2.2.1.	Códigos de canalização	26
2.2.2.	Códigos de embaralhamento	28
2.3.	Aplicação do WCDMA a sistemas celulares	29
2.3.1.	Controle de potência no enlace reverso	29
2.3.2.	Planejamento de frequências	32
2.3.3.	Recepção de multipercursos	32
2.3.4.	Implementação de taxas de dados variáveis	33
2.3.5.	Soft <i>handoff</i>	34
3	Planejamento de rádiofrequência e capacidade em sistemas UMTS/WCDMA	35
3.1.	Enlace Reverso – UpLink(UL)	36
3.1.1.	Carga em Uplink	37
3.1.2.	Planilha Exemplo para enlace reverso	41
3.2.	Enlace Direto – DownLink (DL)	53
3.2.1.	Carga em DownLink	53
3.2.2.	Planilha exemplo para o enlace direto	57
4	Estudo de Caso	59
4.1.	Introdução	59
4.2.	Análise das Variáveis de Entrada e Cálculos de Enlace	60
4.2.1.	Modelo de Propagação (Okumura-Hata, COST-231)	61
4.2.2.	Margem de Desvanecimento Lento (Log-Normal)	61
4.2.3.	Dados do terminal	62
4.2.4.	Dados sobre os cabos/alimentadores	62

4.2.5. Dados sobre BPL (Building Penetration Loss)	62
4.2.6. Antenas	62
4.3. Planejamento Automatizado	65
4.3.1. Resultados – RSCP	68
4.3.2. Resultados - Ec/Io	69
4.3.3. Resultados – Poluição de Piloto	70
4.3.4. Resultados - <i>Handoffs</i>	70
4.3.5. Resultados – Eb/No em UL	71
4.3.6. Cenários de Evolução da Rede	73
4.3.7. Requisitos de Qualidade para a rede implementada	74
5 Processos de Interoperabilidade entre Sistemas GSM/GPRS/EDGE e UMTS/WCDMA	76
5.1. Introdução	76
5.2. Planejamento de bordas entre sistemas UMTS/WCDMA e GSM	77
5.2.1. Bordas entre sistemas GSM/GPRS e UMTS/WCDMA	78
5.2.2. Cenários típicos	81
5.2.3. Determinação da borda	83
5.3. Transições 3G-2G em modo conectado	84
5.3.1. ISHO para CS	85
5.3.2. Transições IS para PS	87
5.3.3. <i>Handoff</i> cego ( <i>Blind Handoff</i> )	88
5.3.4. Fluxos de Mensagem	90
5.3.5. Modo Comprimido	100
5.3.6. Métrica de Transição IS	101
5.4. Transições em Modo Idle	103
5.4.1. WCDMA a GSM/GPRS	103
5.4.2. GSM/GPRS a WCDMA	104
5.4.3. Métrica	105
5.5. Testes	106
5.5.1. Seleção e Reseleção (IDLE)	107
5.5.2. Cell Change (CONNECTADO)	120
5.5.3. <i>Handoffs</i>	123

5.5.4. Funcionalidades Diversas	134
6 Conclusão e Sugestões	135
7 Referências Bibliográficas	137

## Lista de tabelas

TABELA 3.1 – Balanço de Potência para enlace reverso (usuário veicular)	41
TABELA 3.2 – Balanço de Potência (serviços)	42
TABELA 3.3 – Eb/No requerido por serviço	47
TABELA 3.4 – Parâmetros para modelagem da carga em DL	53
TABELA 3.5 – Estratégia de Alocação de Potência	56
TABELA 3.6 – Parâmetros para avaliação de carga em DL	57
TABELA 3.7 – Taxa vs. Carga vs. Perda de propagação	57
TABELA 4.1 – Constantes de Propagação	61
TABELA 4.2 – Margem LNF a ser utilizada nos cálculos de enlace	61
TABELA 4.3 – Dados do UE	62
TABELA 4.4 - Cabos a serem considerados:	62
TABELA 4.5 – Perda de Penetração em Construções	62
TABELA 4.6 - Antenas	62
TABELA 4.7 – Cálculo de Enlace Reverso	63
TABELA 4.8 – Áreas de Cobertura	64
TABELA 4.9 – Composição do canal de rádio	66
TABELA 4.10 – Evolução do volume de usuários	73
TABELA 4.11 – Evolução do perfil de usuário	73
TABELA 4.12 – Indicadores para referência	74
TABELA 5.1 – Atrasos típicos dos procedimentos	100
TABELA 5.2 – Cenários Propostos	111
TABELA 5.3 – Funcionalidades dos SIBs	116
TABELA 5.4 – Proposta de Parâmetros	128

## Lista de figuras

Figura 2.1 - Modulador CDMA básico	19
Figura 2.2 - Demodulador CDMA básico	19
Figura 2.3 – Composição do código de espalhamento	20
Figura 2.4 - Ilustração de ocorrência de multipercursos para 1 usuário	22
Figura 2.5 – Ilustração de ocorrência de multipercursos	22
Figura 2.6 – Árvore de Códigos para o código OVSF	27
Figura 2.7 – Esquemas de Codificação	28
Figura 2.8 – Mecanismos de controle de potência	30
Figura 2.9 - Mecanismos de controle de potência em UL	31
Figura 2.10 - Exemplo de receptor RAKE	33
Figura 3.1 – Parâmetros para Figura de Ruído	43
Figura 3.2 – Amplificadores em Cascata	43
Figura 3.3 – RSCP versus Carga (1)	45
Figura 3.4 – RSCP versus Carga (2)	46
Figura 3.5 – Relação <i>Chip</i> /Informação	46
Figura 3.6 – Desvanecimentos lentos	48
Figura 3.7 - Variabilidade da envoltória de um sinal recebido[7]	50
Figura 3.8 – Ilustração de probabilidade de cobertura	51
Figura 3.9 – Processo de <i>handoff</i>	52
Figura 3.10 – Raio normalizado de cobertura	52
Figura 3.11 – Margem de perda de propagação	55
Figura 3.12 – UL vs DL Perda de propagação	57
Figura 3.13 – Perda de propagação Máxima vs. Número de Usuários	58
Figura 4.1 – Processo de Planejamento	60
Figura 4.2 – Áreas de atendimento por etapas	65
Figura 4.3 – Planta de Células (candidatas a UMTS)	66
Figura 4.4 – VIDEO CS 64kbps	68
Figura 4.5 – AMR 12.2kbps	68
Figura 4.6 – PS 384 kbps	69

Figura 4.7 – $E_c/I_o$	69
Figura 4.8 – Poluição de Piloto	70
Figura 4.9 – Áreas de <i>Handoff</i>	70
Figura 4.10 – Pontos críticos para Soft-HO	71
Figura 4.11 – Área de serviço para CS 12.2kbps (50%)	71
Figura 4.12 – Área de serviço para CS 12.2kbps (80%)	72
Figura 5.1 – Ilhas de cobertura UMTS em superposição com a rede GSM	76
Figura 5.2 – Limite de cobertura GSM/UMTS e GSM	78
Figura 5.3 – Distribuição de $E_c/I_o$ para a rota [12]	79
Figura 5.4 – Efeito da carga do sistema na localização da borda [12]	81
Figura 5.5 – Processos de Interoperabilidade	85
Figura 5.6 – [3GPP 25.311 – 1c] $P_{CPICH4}$ vs. $P_{CPICH2}$	90
Figura 5.7 – [3GPP 25.311 – 1d] $P_{CPICH2}$ vs. $P_{CPICH1}$	91
Figura 5.8 – [3GPP 25.311 – 1e] $P_{CPICH3}$ vs. Limiar	91
Figura 5.9 – [3GPP 25.311 – 1f] $P_{CPICH3}$ vs. Limiar	92
Figura 5.10 – ISHO WCDMA-a-GSM	94
Figura 5.11 – ISHO WCDMA-a-GSM(CS)	95
Figura 5.12 - Cell Change WCDMA-a-GPRS	97
Figura 5.13 - <i>Handoff</i> GSM-a-WCDMA	98
Figura 5.14 - Cell Change GPRS-a-WCDMA	99
Figura 5.15 – Modo Comprimido	101
Figura 5.16 – Reseleção WCDMA-a-GSM	104
Figura 5.17 - Reseleção de GSM/GPRS para WCDMA	105
Figura 5.18 – SIB11	108
Figura 5.19 – SIB3	109
Figura 5.20 - $E_c/No$ $QHyst2=2$	112
Figura 5.21 – $E_c/No$ $QHyst2=10$	112
Figura 5.22 – $E_c/No$ com $QHyst2=20$	113
Figura 5.23 – RSCP com $QHyst1=4$	113
Figura 5.24 – RSCP com $QHyst1=10$	114
Figura 5.25 – RSCP com $QHyst1=40$	114
Figura 5.26 – Estados de Conexão	115
Figura 5.27 – SIB3	117

Figura 5.28 – SIB7	117
Figura 5.29 – SIB11	118
Figura 5.30 – measQuantity = EC_NO	123
Figura 5.31 – measQuantity1=RSCP	123
Figura 5.32 – Evento 1a	124
Figura 5.33 – Active_Set_Update	125
Figura 5.34 – Eventos 1a e 1b	126
Figura 5.35 – Histereses	128
Figura 5.36 – ReportingRange1a(3 para 5 dB)	129
Figura 5.37 – TimeToTrigger1a	130
Figura 5.38 – ReportingRange1b	130
Figura 5.39 – Hysteresis 1b	131
Figura 5.40 – Missing Neighbors	132