



JOSÉ UMBERTO SVERZUT

**DEMOCRATIZAÇÃO DO ACESSO À BANDA LARGA NO BRASIL PELA
CONSTRUÇÃO DA INFOVIA MUNICIPAL**

**CAMPINAS
2013**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO**

JOSÉ UMBERTO SVERZUT

**DEMOCRATIZAÇÃO DO ACESSO À BANDA LARGA NO BRASIL PELA
CONSTRUÇÃO DA INFOVIA MUNICIPAL**

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Souza Mendes

Coorientador: Prof. Dr. Gean Davis Breda

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica. Área de concentração: Telecomunicações e Telemática.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DEFENDIDA PELO ALUNO JOSÉ UMBERTO SVERZUT E ORIENTADO PELO PROF. DR. LEONARDO DE SOUZA MENDES

**CAMPINAS
2013**

**FICHA CATÁLOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA ÁREA DE
ENGENHARIA E ARQUITETURA – BAE – UNICAMP**

Sv26d Sverzut, José Umberto, 1963-
Democratização do acesso à banda larga no Brasil pela construção da infovia municipal / José Umberto Sverzut. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Leonardo de Souza Mendes.

Coorientador: Gean Davis Breda.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Democratização. 2. Inclusão digital. 3. Sistemas de comunicação em banda larga. 4. Superestrada da informação. 5. Políticas públicas. I. Souza Mendes, Leonardo de, 1961-. II. Breda, Gean Davis. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. IV. Título.

Título em inglês: Democratization of broadband access in Brazil by building Municipal Information Highway.

Palavras-chave em inglês: Democratization, Digital inclusion, Communication systems for broadband, Information highway, Public policy.

Área de concentração: Telecomunicação e Telemática.

Titulação: Mestre em Engenharia Elétrica.

Banca examinadora: Leonardo de Souza Mendes, Rodolfo Miranda de Barros e André Marcelo Panhan.

Data da defesa: 15 de abril de 2013.

Programa de Pós Graduação: Engenharia Elétrica.

COMISSÃO JULGADORA - TESE DE MESTRADO

Candidato: José Umberto Sverzut

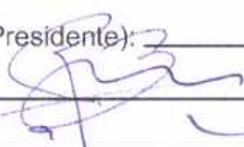
Data da Defesa: 15 de abril de 2013

Título da Tese: "Democratização do Acesso à Banda Larga no Brasil pela Construção da Infovia Municipal"

Prof. Dr. Leonardo de Souza Mendes (Presidente):



Prof. Dr. Rodolfo Miranda de Barros:



Dr. André Marcelo Panhan:



Dedico este trabalho aos meus pais, Lacyr (*in memoriam*) e Júlia Maria, pois devo a eles tudo o que sou hoje. Meu muito obrigado pela educação e formação intelectual.

À minha esposa Glaucia, meus filhos Andrezza e Lucca, pela compreensão e incentivo nas horas que mais precisei.

Aos meus sogros Idair e Josepha Carvalho pela ajuda nos momentos que minha família precisou de companhia, apoio e segurança.

Aos meus irmãos e amigos pelos momentos de descontração.

A todas as pessoas que me incentivaram a tornar este trabalho realidade.

A Deus pela saúde e pelo equilíbrio emocional.

AGRADECIMENTOS

A Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel pelo acesso às informações utilizadas nessa dissertação.

A Universidade Estadual de Campinas – Unicamp pela qualidade dos conhecimentos apresentados e excelente nível dos professores selecionados para lecionar as disciplinas do mestrado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Leonardo de Souza Mendes pela valiosa contribuição e, principalmente, por acreditar em minha capacidade, incentivando-me nos momentos mais importantes.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Gean Davis Breda pelo suporte técnico, motivacional, conhecimentos transmitidos e apoio no desenvolvimento desta dissertação.

A empresa CelPlan pelo fornecimento da ferramenta CelPlanner utilizada nas simulações referentes às análises de cobertura celular.

Ao amigo Bruno Bogaz Zarpelão pela ajuda na busca dos tópicos de pesquisa utilizados no desenvolvimento dessa dissertação.

RESUMO

Numa sociedade globalizada o acesso à educação e as tecnologias de informação e de comunicação (TIC) é fator primordial para ampliar a cidadania e combater a pobreza.

Diante deste cenário, a democratização da banda larga no Brasil é condição *sine qua non* para promover o acesso das pessoas às TICs e à educação e, conseqüentemente, reduzir as desigualdades sociais no país. Este trabalho analisa os aspectos técnico, legal e econômico da universalização da *Internet* e suas aplicações no setor de telecomunicações brasileiro.

O principal objetivo desta dissertação é propor alterações na política pública e no marco regulatório brasileiro com o objetivo de criar condições para permitir que os municípios construam suas próprias redes públicas de telecomunicações (Infovia Municipal) visando democratizar o acesso à banda larga para os cidadãos brasileiros.

As propostas discutidas nesta dissertação apresentam estratégias para alocar frequências no espectro radioelétrico brasileiro para serem usadas na Infovia Municipal, permitindo aos cidadãos acessar as tecnologias de informação e comunicação (TICs) com alta qualidade e baixo custo.

Palavras-chave: Democratização. Inclusão digital. Sistemas de comunicação em banda larga. Superestrada da informação. Políticas públicas.

ABSTRACT

In a global society, access to education and to information and communication technologies (ICT) is a fundamental factor for expanding citizenship and fighting poverty.

According to this scenario, democratization of broadband in Brazil is a *sine qua non* condition for promoting people's access to ICT and education in order to reduce social inequalities in the country. This work analyzes on the current technical, legal, and economical aspects of Internet universalization and its application on the Brazilian telecommunications sector.

The main objective of this thesis is to propose changes in the public policy and Brazilian regulatory framework in order to create the conditions to allow municipalities create their own public telecommunications network (Municipal Information Highway) for democratizing broadband access to Brazilian citizens.

The proposals discussed in this thesis show strategies to allocate frequencies in the Brazilian radio spectrum to be used in the Municipal Information Highway, allowing citizens access Information and Communication Technologies (ICTs) with high quality and lower costs.

Keywords: Democratization. Digital inclusion. Communication systems for broadband. Information highway. Public policy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Principais motivos para a falta de <i>Internet</i> no domicílio	21
Figura 2.2 – Crescimento do PIB impulsionado pela banda larga	21
Figura 3.1 – Crescimento do número de prestadoras SCM.....	25
Figura 3.2 – Prestadoras de serviço SCM por tecnologia de acesso	25
Figura 3.3 – Estrutura física da RMAA do município de Pedreira	30
Figura 3.4 – Arquitetura física da Rede Metropolitana de Acesso Aberto.....	31
Figura 3.5 – Arquitetura IP	32
Figura 3.6 – Infraestrutura da RMAA	33
Figura 3.7 – Alocação da faixa de frequências 3.400-3.410 MHz	35
Figura 3.8 – Uso da faixa de frequências de 700 MHz conforme a CITELE.....	37
Figura 3.9 – Núcleo de rede de alta velocidade.....	38
Figura 4.1 – Área de cobertura simulada.....	40
Figura 4.2 – Modelo COST 231-Hata	40
Figura 4.3 – Número de ERBs simulado.....	43
Figura 4.4 – Área de cobertura para $R_{x\min}$ de -85 dBm	44
Figura 4.5 – Simulação da relação SNR no enlace direto	45
Figura 4.6 – Simulação do nível de interferência no enlace direto	47
Figura 4.7 – Simulação do nível de interferência no enlace reverso	47
Figura 4.8 – Simulação com a Prestadora B.....	48
Figura 4.9 – Simulação da relação SNR no enlace direto	49
Figura 4.10 – Simulação do nível de interferência no enlace direto	51
Figura 4.11 – Simulação do nível de interferência no enlace reverso	52
Figura 4.12 – Redução da área de cobertura	54
Figura 4.13 – Área de cobertura para $R_{x\min}$ de -85 dBm	55
Figura 4.14 – Simulação da relação SNR no enlace direto	56
Figura 4.15 – Simulação do nível de interferência no enlace direto	56
Figura 4.16 – Simulação do nível de interferência no enlace reverso	57
Figura 4.17 – Área de cobertura simulada.....	58
Figura 4.18 – Simulação da relação SNR no enlace direto	59
Figura 4.19 – Simulação do nível de interferência no enlace direto	59
Figura 4.20 – Simulação do nível de interferência no enlace reverso.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Diferenças entre os regimes jurídicos público e privado.....	12
Tabela 2.2 – Domicílios com computadores pessoais.....	17
Tabela 2.3 – Domicílios com acesso à Internet.....	17
Tabela 2.4 – Preços do acesso banda larga praticados no mercado mundial	18
Tabela 2.5 – Percentual de pessoas em relação à renda mensal.....	19
Tabela 2.6 – Renda disponível para consumo média mensal.....	19
Tabela 2.7 – Evolução do nível de alfabetização no Brasil.....	20
Tabela 3.1 – Taxa de penetração da banda larga no mundo.....	23
Tabela 3.2 – Destinação das faixas de frequências aos serviços de TV.....	36
Tabela 3.3 – Destinação dos canais 6 e 7 para a Infovia Municipal.....	37
Tabela 4.1 – Especificação dos parâmetros de configuração.....	41
Tabela 4.2 – Especificação dos parâmetros de configuração.....	42
Tabela 4.3 – Planejamento de canais 802.11g.....	42
Tabela 4.4 – Localização dos usuários.....	44
Tabela 4.5 – Relação SNR nos pontos de medida.....	46
Tabela 4.6 – Capacidade máxima do canal de comunicação.....	46
Tabela 4.7 – Comparação da relação SNR para 1 e 2 provedores de rede IEEE 802.11g no enlace direto.....	49
Tabela 4.8 – Relação SNR nos pontos de medida.....	50
Tabela 4.9 – Capacidade máxima do canal de comunicação.....	50
Tabela 4.10 – Comparação da relação CIR para 1 e 2 provedores de rede IEEE 802.11g no enlace direto.....	51
Tabela 4.11 – Comparação da relação CIR para 1 e 2 provedores de rede IEEE 802.11g no enlace reverso.....	52
Tabela 4.12 – Especificação dos parâmetros de configuração.....	53
Tabela 4.13 – Especificação dos parâmetros de configuração.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A

Anatel Agência Nacional de Telecomunicações

B

BM Banco Mundial

C

CADE Conselho Administrativo de Defesa Econômica
 CAPEX Capital Expenditure
 CBT Código Brasileiro de Telecomunicações
 CIR Carrier-to-Interference Ratio
 CF Constituição Federal
 CGI.br Comitê Gestor da *Internet* no Brasil
 CITEL Inter-American Telecommunication Commission
 Cofins Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
 CPqD Centro de Pesquisa e Desenvolvimento

D

dB deciBel
 dBi deciBel isotropic
 dBm deciBel miliwatt

E

EC Emenda Constitucional
 EM Estação Móvel
 ERB Estação Rádio Base

F

FDD Frequency Division Duplexing
 Funttel Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações
 Fust Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações

I

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 ICMS Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transportes Interestadual e Intermunicipal e de Comunicações
 IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers
 IMT International Mobile Telecommunications
 IP Internet Protocol
 ISDB-T Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial
 ITU International Telecommunication Union

L

LaRCom	Laboratório de Redes de Comunicação
LGT	Lei Geral de Telecomunicações
LTE	Long Term Evolution

M

MAN	Metropolitan Access Network
MC	Ministério as Comunicações
Mercosul	Mercado Comum do Sul

O

OCDE	Organisation for Economic Co-operation and Development
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access
OPEX	OPERational Expenditure

P

PBTVD	Plano Básico de Distribuição de Canais de Televisão Digital
PC	Personal Computer
PDFF	Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Programa de Integração Social
PGMU	Plano Geral de Metas de Universalização
PGO	Plano Geral de Outorgas
PGR	Plano Geral de Atualização da Regulamentação das Telecomunicações no Brasil
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNBL	Programa Nacional de Banda Larga

Q

QAM	Quadrature Amplitude Modulation
-----	---------------------------------

R

RBR	Relação de Bens Reversíveis
ROI	Return On Investment
RMAA	Rede Metropolitana de Acesso Aberto
RpTV	Repetição de TV em UHF

S

SCM	Serviço de Comunicação Multimídia
SBTVD-T	Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre
SLP	Serviço Limitado Privado
SMC	Serviço Móvel Pessoal

SMP Serviço Móvel Pessoal
SNR Signal-to-Noise Ratio
STFC Serviço Telefônico Fixo Comutado

T

Telebrás Telecomunicações Brasileiras S.A.
TCP/IP Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TDD Time Division Duplexing
TIC Tecnologia de Informação e de Comunicação

U

UIT União Internacional das Telecomunicações
UHF Ultra High Frequency

W

WB World Bank
Wi-Fi Wireless Fidelity
WiMAX Worldwide Interoperability for Microwave Access

TRABALHO AFIM PUBLICADO PELO AUTOR EM CONGRESSO INTERNACIONAL

1. SVERZUT, José Umberto; BRENDA, Gean Davis; ZARPELÃO, Bruno Bogaz; MENDES, Leonardo de Souza. **Municipal Open Access MAN and Democratization of Broadband Access in Brazil**. 4th IEEE Latin-American Conference on Communications 2012, Cuenca, Equador, 2012.

TRABALHO AFIM PUBLICADO PELO AUTOR EM CONGRESSOS NACIONAL

1. SVERZUT, José Umberto; BRENDA, Gean Davis; MENDES, Leonardo de Souza. Propostas de alteração no marco regulatório brasileiro para democratizar o acesso à banda larga. XXIX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações – SBrT’11, Curitiba, Brasil, 2011.

TRABALHO AFIM QUE ESTÁ EM FASE DE ANÁLISE PARA PUBLICAÇÃO EM PERIÓDICO INTERNACIONAL

1. SVERZUT, José Umberto; BRENDA, Gean Davis; ZARPELÃO, Bruno Bogaz; MENDES, Leonardo de Souza. Development of Open Access MAN to Improve Brazilian Broadband Penetration Rates. In: Telecommunications Policy. ELSEVIER, ISSN: 0308-5961, Impact Factor: 1.680.
<http://www.journals.elsevier.com/telecommunications-policy/>

Observação: O artigo foi submetido para a revista “Telecommunications Policy” em Setembro/2012. O artigo encontra-se sob revisão da banca examinadora.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
1.1 Organização do trabalho	2
CAPÍTULO 2	3
2.1 Aspectos relevantes da Lei nº 9.472/97	5
2.1.1 Competências da Anatel	6
2.2 Classificação dos serviços e regimes jurídicos	7
2.3 Diferenças entre a prestação de serviço nos regimes jurídicos público e privado	9
2.3.1 Condições de acesso ao mercado	9
2.3.2 Obrigações de universalização e continuidade	10
2.3.3 Controle de preços e tarifas.....	10
2.3.4 Prazos.....	11
2.3.5 Reversibilidade dos bens	11
2.4 Conceitos de regulação, regulamentação e defesa da concorrência	12
2.5 Universalização e desenvolvimento dos serviços de telecomunicações	14
2.5.1 Fundo Fust	14
2.6 Aspectos Regulatórios, econômicos e sociais	16
2.7 Fatores restritivos para a democratização da banda larga	16
2.7.1 Domicílios com computador de uso pessoal (PC) e acesso a <i>Internet</i>	16
2.7.2 Preço do serviço de banda larga praticado no mercado	18
2.7.3 Renda média da população	18
2.7.4 Nível de escolaridade.....	20
2.7.5 Motivos alegados para não utilizar a <i>Internet</i> no Brasil	20
2.8 Democratização do acesso à banda larga no Brasil	21
CAPÍTULO 3	23
3.1 Modelo regulatório vigente	24
3.1.1 Autorização para prestação de serviços de telecomunicações na Infovia Municipal	26
3.2 Infovia municipal	27
3.2.1 Rede Metropolitana de Acesso Aberto	30
3.2.1.1 Infraestrutura da Rede Metropolitana de Acesso Aberto.....	32
3.3 Proposta de alteração do Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil (PDFF) para permitir a operação da camada de acesso sem fio da Infovia Municipal em caráter primário	34
3.3.1 Designação da faixa de 3.500 MHz para a Infovia Municipal	34
3.3.2 Designação da faixa de frequências de 700 MHz para provimento da banda larga rural na Infovia Municipal	35
3.3.3 Alteração da faixa de frequências de 4,8 GHz.....	37
3.4 Alteração da Lei nº 9.998/00, que instituiu o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações - Fust	38
CAPÍTULO 4	39
4.1 Simulação da rede de acesso sem fio baseada no padrão IEEE 802.11 na Infovia Municipal de Pedreira	39

4.1.1	Distribuição das ERBs na Infovia Municipal de Pedreira	42
4.1.2	Resultados das simulações para um único provedor de serviço IEEE 802.11g na Infovia Municipal de Pedreira.....	43
4.1.2.1	Simulação da área de cobertura	43
4.1.2.2	Simulação da relação SNR na rede IEEE 802.11g	44
4.1.2.3	Simulação da relação SNR na rede IEEE 802.11g para um único provedor de serviço em Pedreira	45
4.1.2.4	Simulação do nível de interferência na rede IEEE 802.11g para um único provedor de serviço em Pedreira	46
4.1.3	Resultados das simulações para dois provedores de serviço IEEE 802.11g na Infovia Municipal de Pedreira.....	48
4.1.3.1	Simulação da relação SNR na rede IEEE 802.11g para dois provedores de serviço 802.11 em Pedreira.....	48
4.1.3.2	Simulação do nível de interferência na rede IEEE 802.11g para dois provedores de serviço em Pedreira	50
4.2	Simulação para rede de acesso sem fio baseada no padrão IEEE 802.16 na Infovia Municipal de Pedreira.....	52
4.2.1	Redução da área de cobertura na faixa de frequências de 3,5 GHz.....	53
4.2.2	Simulação da área de cobertura	54
4.2.3	Simulação da relação SNR na rede IEEE 802.16e-2005 para um único provedor de serviço em Pedreira.....	55
4.2.4	Simulação do nível de interferência na rede IEEE 802.16e-2005 para um único provedor de serviço em Pedreira.....	56
4.3	Cobertura rural e suburbana na Inforvia Municipal de Pedreira/SP	57
4.3.1	Simulação da relação SNR na rede LTE para um único provedor de serviço em Pedreira	58
4.3.2	Simulação do nível de interferência na rede LTE para um único provedor de serviço em Pedreira.....	59
	CAPÍTULO 5.....	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	ANEXO A – CELPLANNER – DESCRIÇÃO DO SOFTWARE	69

Capítulo 1

Introdução

As novas tecnologias de informação e comunicação (TICs) têm criado, de forma cada vez mais intensa e rápida, novas possibilidades para diferentes setores da sociedade, nas áreas econômica, social, política e cultural, ao mesmo tempo em que produzem mudanças significativas nos aspectos centrais da vida cotidiana de indivíduos, organizações e governo [1].

A democratização do acesso à banda larga deve ser um dos principais objetivos da Política Pública de Estado do Setor de Telecomunicações. Universalizar e massificar o acesso à banda larga traz uma série de benefícios aos países, tais como o aumento do Produto Interno Bruto (PIB) e a inclusão digital e social dos cidadãos brasileiros. De acordo com estudos da Empresa de Consultoria McKinsey um aumento na taxa de penetração de banda larga da ordem de 10% resulta, em média, num crescimento do PIB de 0,6 a 0,7% [1].

O modelo regulatório vigente no Brasil é caracterizado pela universalização dos serviços públicos de telecomunicações, especialmente do Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC) pelas obrigações estabelecidas no Plano Geral de Metas para Universalização (PGMU), aprovado pelo Decreto nº 7.512, de 30 de junho de 2011 [3]. Esse modelo regulatório orientado à universalização e não à democratização dos serviços de telecomunicações tem afastado os cidadãos brasileiros do acesso à banda larga devido ao alto custo dos serviços ofertados pelas prestadoras de serviços de telecomunicações. De acordo com dados econômicos, somente metade das famílias brasileiras têm renda mensal disponível (valores acima do 5º e 6º decis das tabelas de renda) para pagar um plano de serviço de banda larga de 256 Kbits/s de menor valor praticado no mercado [4].

Os altos preços praticados no mercado de banda larga impedem a democratização do acesso às novas tecnologias, além de criar barreiras para a implementação de uma política pública de Estado voltada à inclusão digital dos cidadãos brasileiros [5]. Além dos altos preços praticados, há outros fatores restritivos para a democratização do acesso à banda larga. Dentre os principais fatores restritivos estão o acesso aos computadores de uso pessoal (*Personal Computer* - PCs) e a *Internet* nos domicílios [1], a renda média da população [6], o nível de escolaridade [6] e as habilidades em operar Tecnologias de Informação e de Comunicação (TICs) [1].

Diante do cenário restritivo à democratização do acesso à banda larga, o poder público deve criar condições para que os municípios possam construir suas próprias redes públicas de telecomunicações com o objetivo de democratizar o acesso.

As propostas defendidas nesta Tese de Mestrado fundamentam-se nas alterações da política pública de estado e do marco regulatório com o objetivo de criar condições para que os municípios possam construir suas próprias redes públicas de telecomunicações (Infovias Municipais) visando universalizar e massificar o acesso aos serviços de banda larga e consequentemente promover a inclusão digital e social dos cidadãos brasileiros [7][8][9].

Nossa proposta busca pesquisar e propor soluções para as principais dificuldades encontradas pelos municípios brasileiros que procuram criar sua própria infraestrutura de telecomunicações. Graças à experiência do Laboratório de Redes de Comunicação (LaRCom) na construção de infovias municipais a dissertação retrata as principais demandas encontradas nos municípios. Acima de tudo o trabalho procura mostrar caminhos viáveis que podem ser adotados pelo poder público.

Através de simulações procuramos mostrar, ou melhor, comparar o desempenho em termos da propagação nas bandas espectrais originais e nas que estão sendo propostas.

1.1 Organização do trabalho

A metodologia utilizada no desenvolvimento da dissertação fundamenta-se na pesquisa de informações relacionadas aos aspectos social, econômico, tecnológico, educacional, cultural e da regulamentação das telecomunicações no Brasil, aliados a nossa experiência no desenvolvimento de Infovias Municipais.

O trabalho está estruturado conforme os seguintes capítulos:

- Capítulo 2: apresenta os aspectos legais aplicáveis ao setor de telecomunicações, a universalização e desenvolvimento dos serviços de telecomunicações, os aspectos sociais e econômicos que restringem a democratização do acesso à banda larga;
- Capítulo 3: discute os fatores técnicos regulatórios, referentes ao uso das faixas de frequências de 2,4/5,8 GHz, que restringem a qualidade dos serviços prestados pela Infovia Municipal e apresenta propostas de alterações no Marco Regulatório Brasileiro e suas respectivas implicações na promoção da inclusão digital e social da população;
- Capítulo 4: apresenta as simulações das faixas de frequências propostas nas alterações do Marco Regulatório Brasileiro discutidas no capítulo 3; e
- Capítulo 5: faz as considerações finais e apresenta as conclusões obtidas pela dissertação de mestrado.

Capítulo 2

Análise do Setor de Telecomunicações Brasileiro

A Constituição da República Federativa do Brasil (CF), promulgada em 5 de outubro de 1988, no inciso XI do Artigo 21, determinava que [10]:
“compete a União explorar, diretamente ou mediante concessão a empresas sob controle acionário estatal, os serviços telefônicos, telegráficos, de transmissão de dados e demais serviços públicos de telecomunicações, assegurada a prestação de serviços de informações por entidades de direito privado através da rede pública de telecomunicações explorada pela União.”

De acordo com o inciso XI do Artigo 21 somente a União detinha o direito de explorar os ¹serviços de telecomunicações [10].

Diante do cenário de monopólio estatal o Governo brasileiro reconheceu, através de um conjunto de iniciativas de política setorial, a importância da necessidade de desenvolver o setor de telecomunicações.

Como o desenvolvimento do setor de telecomunicações implicaria num aumento substancial de investimentos em infraestrutura e diante da falta de planejamento e da aplicação dos recursos obtidos do setor em outras áreas, como por exemplo: educação, saúde e habitação, o Governo brasileiro optou por uma aceleração no processo de reforma setorial e reestruturação do setor de telecomunicações.

Com o objetivo de implementar as reformas estruturais e reestruturação do setor de telecomunicações, o Governo brasileiro e o Banco Mundial - BM (*World Bank* - WB) iniciaram diálogos por meio de um processo consultivo e programa de assistência técnica [11].

Na prática, os diálogos iniciaram-se no período de 14 a 25 de setembro de 1992, durante uma missão do Banco Mundial no Brasil, na qual foram discutidos os aspectos fundamentais para delinear o processo de privatização do setor de telecomunicações.

Durante esses diálogos foi elaborado o memorando de entendimento relativo à reestruturação do setor de telecomunicações brasileiro. Esse memorando foi firmado pelo Ministro de Transporte e Comunicações do Governo Fernando Collor de Mello (1990-1992), Sr. Affonso Camargo, e pelo Sr. Armeane M. Choksi (*Director, Country Department I - World Bank*), em 25 de setembro de 1992 [11].

O memorando de entendimento relativo à reestruturação do setor de telecomunicações brasileiro determinou a adoção de medidas para aumentar os investimentos em infraestrutura de telecomunicações e a eficiência na prestação dos serviços visando atender a demanda dos usuários, através da remoção de controles estatais e do realinhamento das funções dos setores públicos e privados.

De acordo com as linhas mestras básicas do memorando, o Banco Mundial e o Governo brasileiro se comprometeram a estabelecer um programa conjunto com o objetivo de implementar uma reorganização e a reforma das políticas setoriais. As principais reformas nas políticas setoriais identificadas no memorando foram:

- a. reestruturar e reequilibrar as tarifas públicas. O Governo comprometeu-se a realinhar as tarifas públicas com os objetivos de tornar o setor de telecomunicações atrativo aos capitais privados e viabilizar o aumento do investimento privado em

¹De acordo com o Artigo 60 da LGT, serviço de telecomunicações é o conjunto de atividades que possibilita a oferta de telecomunicação [12].

infraestrutura. De acordo com o memorando o valor das tarifas deveria ser mantido em termos reais, incorporando os ganhos de produtividade, através de uma fórmula de apreçamento baseada em regras transparentes e estáveis, sem a interferência estatal;

- b. estabelecer uma nova estrutura reguladora independente. O Governo comprometeu-se a implementar uma estrutura reguladora independente da Telebrás, com os objetivos de criar um ambiente autônomo e aumentar a competição no setor de telecomunicações [12];
- c. supervisionar a participação acionária do Governo na Telebrás. De acordo com o memorando, o Governo deveria estabelecer um mecanismo para separar as funções reguladoras e operacionais exercidas pela Telebrás. Cumpre lembrar que a Telebrás era responsável pela operação do setor de telecomunicações, bem como pela edição de normas técnicas, função esta totalmente regulatória. A separação das funções reguladoras e operacionais foi o primeiro passo para controlar a participação acionária do Governo na Telebrás. Após a separação, o Governo comprometeu-se a não aumentar sua participação acionária na Telebrás;
- d. aumentar a participação do setor privado no setor de telecomunicações. Mantida a participação acionária do Governo na Telebrás, deveriam ser tomadas medidas para promover a competição e a entrada de novas empresas privadas no setor de telecomunicações com o objetivo de atender as demandas dos usuários, aumentar a eficiência e a qualidade dos serviços prestados; e
- e. privatizar a Telebrás. O Governo comprometeu-se a remover todos os obstáculos constitucionais e legais que impediam a privatização da Telebrás. De acordo com o memorando assinado com o Banco Mundial, a privatização da Telebrás era essencial para promover o aumento de investimentos privados no setor de telecomunicações, bem como para aumentar a eficiência e qualidade dos serviços prestados aos usuários.

O primeiro passo para a privatização do setor de telecomunicações foi a publicação do documento Diretrizes Gerais para a Abertura do Mercado de Telecomunicações, publicado em abril de 1997 [13].

De acordo com o documento a Telebrás não estava sendo capaz de atender a demanda dos usuários por serviços de telecomunicações básicos. Essa situação foi resultado da incapacidade de manutenção, pelas empresas sob controle acionário estatal, do nível necessário de investimentos ao longo do tempo, o que fez com que a taxa de crescimento da planta oscilasse aleatoriamente e fosse insuficiente para, pelo menos, igualar-se à do crescimento da demanda, e mais insuficiente ainda para proporcionar o atendimento à demanda reprimida.

Diante deste cenário, foi configurada a necessidade irrevogável de privatização da Telebrás. Neste sentido, o primeiro passo para a privatização da Telebrás foi a alteração do inciso XI do Art. 21 da Constituição Federal, dada pela ²Emenda Constitucional (EC) nº 8, de 15 de agosto de 1995, *in verbis* [10]:

“Art. 21. Compete à União:

[...]

²Emenda Constitucional é um processo legislativo que permite a adoção de modificações pontuais na Constituição de um país, sem a necessidade de abolir toda a Carta Magna vigente e construir uma Constituição inteiramente nova. No Brasil, Emenda Constitucional é uma modificação no texto da Constituição Federal que deve ser discutida e votada em cada Casa do Congresso Nacional (Câmara dos Deputados e Senado Federal), considerando-se aprovada se obtiver, em ambas, três quintos dos votos dos respectivos membros. As regras para a proposição de uma Emenda Constitucional estão dispostas no Art. 60 da CF [10].

XI - explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão, os serviços de telecomunicações, nos termos da lei, que disporá sobre a organização dos serviços, a criação de um órgão regulador e outros aspectos institucionais;

XII – explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão:

a) os serviços de radiodifusão sonora e de sons e imagens;

[...].”

O inciso IV do Art. 22 da Constituição Federal dispõe que compete, privativamente, à União legislar sobre águas, energia, informática, **telecomunicações** e radiodifusão [10].

No primeiro semestre de 1996, foi enviado ao Congresso Nacional projeto de lei que permitiu, após aprovação em julho do mesmo ano, o lançamento do edital de licitação para a Banda B Serviço Móvel Pessoal (SMC) e a prestação de serviços via satélite, ambos por empresas privadas.

Em dezembro de 1996, foi enviada ao Congresso Nacional a Exposição de Motivos ao projeto de lei denominado Lei Geral de Telecomunicações (LGT). Esse projeto de lei foi discutido durante todo o primeiro semestre de 1997, e a Lei Geral de Telecomunicações (LGT) – Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997 [12].

2.1 Aspectos relevantes da Lei nº 9.472/97

A Lei Geral de Telecomunicações – Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional nº 8, de 1995 [12].

A LGT estabelece que compete à União, por intermédio do órgão regulador e nos termos das políticas estabelecidas pelos Poderes Executivo e Legislativo, organizar a exploração dos serviços de telecomunicações [12].

A organização inclui, entre outros aspectos, a regulação e a fiscalização da execução, comercialização e uso dos serviços e da implantação e funcionamento de redes de telecomunicações, bem como da utilização dos recursos de órbita e espectro de radiofrequências [12].

Em termos práticos, a grande inovação advinda da LGT foi a criação do órgão regulador, conforme disposto no Artigo 8º [12]:

”fica criada a Agência Nacional de Telecomunicações, entidade integrante da Administração Pública Federal indireta, submetida a regime autárquico especial e vinculada ao Ministério das Comunicações, com a função de órgão regulador das telecomunicações, com sede no Distrito Federal, podendo estabelecer unidades regionais”.

O parágrafo § 2º do Artigo 8º da LGT explicita que a natureza de autarquia especial conferida à Agência é caracterizada por independência administrativa, ausência de subordinação hierárquica, mandato fixo e estabilidade de seus dirigentes e autonomia financeira [12]. A independência administrativa e a ausência de subordinação hierárquica da Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel – permitiu a criação de um novo modelo de exploração de serviços de telecomunicações no Brasil.

A existência de um órgão regulador independente, sem interferência política do Poder Executivo, é condição *sine qua non* para permitir, de acordo com o disposto no Artigo 6º da LGT [12]:

“a organização dos serviços de telecomunicações com base no princípio da livre, ampla e justa competição entre todas as prestadoras, devendo o Poder Público atuar para propiciá-la, bem como para corrigir os efeitos da competição imperfeita e reprimir as infrações da ordem econômica.”

2.1.1 Competências da Anatel

As competências da Anatel estão relacionadas no Artigo 19 da LGT, o qual determina os seguintes dispositivos legais [12]:

“À Agência compete adotar as medidas necessárias para o atendimento do interesse público e para o desenvolvimento das telecomunicações brasileiras, atuando com independência, imparcialidade, legalidade, impessoalidade e publicidade, e especialmente:

- I - implementar, em sua esfera de atribuições, a política nacional de telecomunicações;
- II - representar o Brasil nos organismos internacionais de telecomunicações, sob a coordenação do Poder Executivo;
- III - elaborar e propor ao Presidente da República, por intermédio do Ministro de Estado das Comunicações, a adoção das medidas a que se referem os incisos I a IV do artigo anterior, submetendo previamente a consulta pública as relativas aos incisos I a III;
- IV - expedir normas quanto à outorga, prestação e fruição dos serviços de telecomunicações no regime público;
- V - editar atos de outorga e extinção de direito de exploração do serviço no regime público;
- VI - celebrar e gerenciar contratos de concessão e fiscalizar a prestação do serviço no regime público, aplicando sanções e realizando intervenções;
- VII - controlar, acompanhar e proceder à revisão de tarifas dos serviços prestados no regime público, podendo fixá-las nas condições previstas nesta Lei, bem como homologar reajustes;
- VIII - administrar o espectro de radiofrequências e o uso de órbitas, expedindo as respectivas normas;
- IX - editar atos de outorga e extinção do direito de uso de radiofrequência e de órbita, fiscalizando e aplicando sanções;
- X - expedir normas sobre prestação de serviços de telecomunicações no regime privado;
- XI - expedir e extinguir autorização para prestação de serviço no regime privado, fiscalizando e aplicando sanções;
- XII - expedir normas e padrões a serem cumpridos pelas prestadoras de serviços de telecomunicações quanto aos equipamentos que utilizarem;
- XIII - expedir ou reconhecer a certificação de produtos, observados os padrões e normas por ela estabelecidos;
- XIV - expedir normas e padrões que assegurem a compatibilidade, a operação integrada e a interconexão entre as redes, abrangendo inclusive os equipamentos terminais;
- XV - realizar busca e apreensão de bens no âmbito de sua competência;
- XVI - deliberar na esfera administrativa quanto à interpretação da legislação de telecomunicações e sobre os casos omissos;
- XVII - compor administrativamente conflitos de interesses entre prestadoras de serviço de telecomunicações;
- XVIII - reprimir infrações dos direitos dos usuários;
- XIX - exercer, relativamente às telecomunicações, as competências legais em matéria de controle, prevenção e repressão das infrações da ordem econômica, ressalvadas as pertencentes ao Conselho Administrativo de Defesa Econômica - CADE;
- XX - propor ao Presidente da República, por intermédio do Ministério das Comunicações, a declaração de utilidade pública, para fins de desapropriação ou instituição de servidão administrativa, dos bens necessários à implantação ou manutenção de serviço no regime público;
- XXI - arrecadar e aplicar suas receitas;

- XXII - resolver quanto à celebração, alteração ou extinção de seus contratos, bem como quanto à nomeação, exoneração e demissão de servidores, realizando os procedimentos necessários, na forma em que dispuser o regulamento;
- XXIII - contratar pessoal por prazo determinado, de acordo com o disposto na Lei nº 8.745, de 9 de dezembro de 1993;
- XXIV - adquirir, administrar e alienar seus bens;
- XXV - decidir em último grau sobre as matérias de sua alçada, sempre admitido recurso ao Conselho Diretor;
- XXVI - formular ao Ministério das Comunicações proposta de orçamento;
- XXVII - aprovar o seu regimento interno;
- XXVIII - elaborar relatório anual de suas atividades, nele destacando o cumprimento da política do setor definida nos termos do artigo anterior;
- XXIX - enviar o relatório anual de suas atividades ao Ministério das Comunicações e, por intermédio da Presidência da República, ao Congresso Nacional;
- XXX - rever, periodicamente, os planos enumerados nos incisos II e III do artigo anterior, submetendo-os, por intermédio do Ministro de Estado das Comunicações, ao Presidente da República, para aprovação;
- XXXI - promover interação com administrações de telecomunicações dos países do Mercado Comum do Sul - Mercosul, com vistas à consecução de objetivos de interesse comum.”

2.2 Classificação dos serviços e regimes jurídicos

A LGT define, expressamente, os serviços de telecomunicações de acordo com a abrangência e o regime jurídico de sua prestação [12].

De acordo com o Artigo 62 da LGT quanto à abrangência dos interesses a que atendem, os serviços de telecomunicações classificam-se em serviços de interesse coletivo e serviços de interesse restrito [12].

De acordo com Artigo 17 do Regulamento dos Serviços de Telecomunicações, aprovado pela Resolução nº 73, de 25 de novembro de 1998, serviço de telecomunicações de interesse coletivo é [14]:

“aquele cuja prestação deve ser proporcionada pela prestadora a qualquer interessado na sua fruição, em condições não discriminatórias, observados os requisitos da regulamentação.”

São exemplos de serviços de interesse coletivo o Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC), o Serviço Móvel Pessoal (SMP), o Serviço de Comunicação Multimídia (SCM) e o Serviço de TV a cabo. As descrições desses serviços são as seguintes:

- a. Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC) é o serviço de telecomunicações caracterizado pelo estabelecimento de comunicação entre dois pontos fixos nos modos chamada a chamada, semipermanente ou permanente, por meio de procedimentos automáticos ou semiautomáticos. Serviço regido pelo Regulamento do Serviço Telefônico Fixo Comutado, aprovado pela Resolução nº 426, de 9 de dezembro de 2005 [15];
- b. Serviço Móvel Pessoal (SMP) é o serviço de telecomunicações móvel terrestre de interesse coletivo que possibilita a comunicação entre estações móveis e de estações móveis para outras estações. Serviço regido pelo Regulamento do Serviço Móvel Pessoal - SMP, aprovado pela Resolução nº 477, de 7 de agosto de 2007 [16];
- c. Serviço de Comunicação Multimídia (SCM) é um serviço fixo de telecomunicações de interesse coletivo, prestado em âmbito nacional e internacional, no regime privado, que possibilita a oferta de capacidade de transmissão, emissão e recepção de informações multimídia, utilizando quaisquer meios, a assinantes dentro de uma área de prestação

de serviço. Serviço regido pelo Regulamento do Serviço de Comunicação Multimídia, aprovado pela Resolução nº 272, de 9 de agosto de 2001 [17]; e

- d. Serviço de TV a cabo é serviço de telecomunicações que consiste na distribuição de sinais de vídeo e/ou áudio, a assinantes, mediante transporte por meios físicos. Incluem-se neste serviço a interação necessária à escolha de programação e outras aplicações pertinentes ao serviço. Serviço regido pela Lei nº 8.977, de 6 de janeiro de 1995 [18].

De acordo com Artigo 18 do Regulamento dos Serviços de Telecomunicações, aprovado pela Resolução nº 73, de 25 de novembro de 1998, Serviço de telecomunicações de interesse restrito [14]:

“é aquele destinado ao uso do próprio executante ou prestado a determinados grupos de usuários, selecionados pela prestadora mediante critérios por ela estabelecidos, observados os requisitos da regulamentação.”

É exemplo de serviço de interesse restrito, o Serviço Limitado Privado (SLP), definido como um serviço limitado, telefônico, telegráfico, de transmissão de dados ou qualquer outra forma de telecomunicações, destinado ao uso próprio do executante, seja este uma pessoa natural ou jurídica [19].

De acordo com o Artigo 63 da LGT quanto ao regime jurídico de sua prestação, os serviços de telecomunicações classificam-se em públicos e privados. O serviço de telecomunicações em regime público é aquele prestado mediante ³concessão ou ⁴permissão, com atribuição a sua prestadora de obrigações de ⁵universalização e de ⁶continuidade. De acordo com o Artigo 64 da LGT [12]:

“comportarão prestação no regime público as modalidades de serviço de telecomunicações de interesse coletivo, cuja existência, universalização e continuidade a própria União comprometa-se a assegurar.”

As obrigações de universalização são objeto de metas periódicas, conforme plano específico elaborado pela Agência e aprovado pelo Poder Executivo, que deverá referir-se, entre outros aspectos, à disponibilidade de instalações de uso coletivo ou individual, ao atendimento de deficientes físicos, de instituições de caráter público ou social, bem como de áreas rurais ou de urbanização precária e de regiões remotas.

Os serviços prestados em regime privado não estão sujeitos às obrigações de universalização, nem prestação assegurada pela União (Art. 14 do Regulamento dos Serviços de Telecomunicações) [14].

A prestação do serviço em regime privado vincula-se aos princípios constitucionais da atividade econômica (Art. 126 da LGT) e a intervenção do órgão regulador será mínima (Art. 128 da LGT e Art. 54 do Regulamento dos Serviços de Telecomunicações), visando garantir a

³De acordo com o parágrafo único do Art. 83 da LGT concessão de serviço de telecomunicações é a delegação de sua prestação, mediante contrato, por prazo determinado, no regime público, sujeitando-se a concessionária aos riscos empresariais, remunerando-se pela cobrança de tarifas dos usuários ou por outras receitas alternativas e respondendo diretamente pelas suas obrigações e pelos prejuízos que causar [12].

⁴De acordo com o parágrafo único do Art. 118 da LGT permissão de serviço de telecomunicações é o ato administrativo pelo qual se atribui a alguém o dever de prestar serviço de telecomunicações no regime público e em caráter transitório, até que seja normalizada a situação excepcional que a tenha ensejado [12].

⁵Universalização é a obrigação da prestadora em ofertar o acesso de qualquer pessoa ou instituição de interesse público a serviço de telecomunicações, independentemente de sua localização e condição sócio-econômica, bem como as destinadas a permitir a utilização das telecomunicações em serviços essenciais de interesse público (§ 1º do Art. 79 da LGT) [12].

⁶Continuidade são obrigações da prestadora que objetivam possibilitar aos usuários dos serviços sua fruição de forma ininterrupta, sem paralisações injustificadas, devendo os serviços estar à disposição dos usuários, em condições adequadas de uso (§ 2º do Art. 79 da LGT) [12].

competição livre, ampla e justa, o respeito aos direitos dos usuários, bem como o desenvolvimento tecnológico e industrial do setor de telecomunicações [12].

O instrumento contratual vinculado à prestação do serviço em regime privado é a ⁷autorização. A autorização é facultada às prestadoras que preencherem as condições objetivas e subjetivas dispostas nos Artigos 132 e 133 da LGT, respectivamente [12].

2.3 Diferenças entre a prestação de serviço nos regimes jurídicos público e privado

A prestação de serviço de telecomunicações nos regimes jurídicos público e privado sempre gerou muitas dúvidas e controvérsias. No entanto, há diferenças essenciais às quais ajudam a elucidar os principais aspectos entre esses regimes jurídicos, dentre eles:

- a. condições de acesso ao mercado;
- b. obrigações de universalização e continuidade;
- c. controle de preços e tarifas;
- d. prazos; e
- e. reversibilidade dos bens.

2.3.1 Condições de acesso ao mercado

De acordo com o Art. 83 da LGT a exploração do serviço no **regime público** dependerá de prévia outorga, pela Agência, mediante **concessão**, implicando esta o direito de uso das radiofrequências necessárias [12]. O direito de uso de radiofrequências está condicionado às prestadoras de serviços de telecomunicações que obtiveram uma concessão e irão utilizar faixas de frequências do espectro radioelétrico.

As concessões não terão caráter de exclusividade, devendo obedecer ao Plano Geral de Outorgas (PGO), com definição quanto à divisão do País em áreas, ao número de prestadoras para cada uma delas, seus prazos de vigência e os prazos para admissão de novas prestadoras (Art. 84 da LGT) [12].

As áreas de exploração, o número de prestadoras, os prazos de vigência das concessões e os prazos para admissão de novas prestadoras serão definidos considerando-se o ambiente de competição, observados o princípio do maior benefício ao usuário e o interesse social e econômico do País, de modo a propiciar a justa remuneração da prestadora do serviço no regime público (§ 1º do Art. 84 da LGT) [12].

Por outro lado, no **regime jurídico privado** as condições de acesso ao mercado são mais flexíveis, requerendo apenas a obtenção de uma **autorização** emitida pela Anatel, conforme disposto nos artigos 131, 132 e 133 da LGT [12].

As condições objetivas dispostas no Art. 132 da LGT incluem a disponibilidade de radiofrequências, a apresentação de projeto viável tecnicamente e compatível com as normas vigentes [12].

As condições subjetivas dispostas no Art. 133 da LGT incluem a constituição da autorizada segundo as leis brasileiras, ausência de impedimento para contratar com o Poder Público, detenção de qualificação técnica e capacidade econômico-financeira para a prestação do serviço e não possuir, na mesma área de atuação, autorização ou concessão para a prestação da mesma modalidade de serviço de telecomunicações [12].

⁷De acordo com o § 1º do Art. 131 da LGT autorização de serviço de telecomunicações é o ato administrativo vinculado que faculta a exploração, no regime privado, de modalidade de serviço de telecomunicações, quando preenchidas as condições objetivas e subjetivas necessárias [12].

2.3.2 Obrigações de universalização e continuidade

No regime jurídico público as prestadoras de serviços de telecomunicações são obrigadas a assumir, nos contratos de concessão, obrigações de universalização e continuidade dos serviços (Art. 79 e 83 da LGT) [12].

De acordo com o Art. 82 o descumprimento das obrigações relacionadas à universalização e à continuidade ensejará a aplicação de sanções de multa, ⁸caducidade ou decretação de ⁹intervenção, conforme o caso [12].

No regime jurídico privado as prestadoras de serviços de telecomunicações não estão obrigadas a assumir obrigações de universalização.

De acordo com o Art. 135 da LGT, a Anatel poderá, excepcionalmente, em face de relevantes razões de caráter coletivo, condicionar a expedição de autorização à aceitação, pelo interessado, de compromissos de interesse da coletividade. Os compromissos de interesse da coletividade serão objeto de regulamentação, pela Agência, observados os princípios da ¹⁰razoabilidade e ¹¹igualdade [12].

2.3.3 Controle de preços e tarifas

No regime jurídico público a definição da estrutura tarifária, para cada modalidade de serviço, é de competência da Anatel. De acordo com o Art. 103 da LGT, as tarifas são fixadas no contrato de concessão, consoante edital ou proposta apresentada na licitação [12].

Licitação é o procedimento administrativo formal em que a Administração Pública convoca, mediante condições estabelecidas em ato próprio (edital ou convite), empresas interessadas na apresentação de propostas para o oferecimento de bens e serviços. A licitação objetiva garantir a observância do princípio constitucional da isonomia e a selecionar a proposta mais vantajosa para a Administração, de maneira a assegurar oportunidade igual a todos os interessados e possibilitar o comparecimento ao certame ao maior número possível de concorrentes. A Lei nº 8.666 de 1993 estabelece normas gerais sobre licitações e contratos administrativos [20].

De acordo com o Art. 106 da LGT, as tarifas são definidas como preços máximos, podendo a prestadora cobrar tarifa inferior à fixada no contrato de concessão desde que a redução se baseie em critério objetivo e favoreça indistintamente todos os usuários, vedado o abuso do poder econômico [12].

O Art. 129 de LGT dispõe que no regime jurídico privado o preço dos serviços será livre, ressalvado os casos em que a impossibilidade técnica ou o comprometimento da prestação do serviço de interesse coletivo impossibilite a inexistência de limite ao número de autorizados, reprimindo-se toda prática prejudicial à competição, bem como o abuso do poder econômico, nos termos da legislação própria [12].

⁸Caducidade é extinção da autorização pela Agência em caso de prática de infrações graves, de transferência irregular da autorização ou de descumprimento reiterado de compromissos assumidos [12].

⁹Intervenção é a excepcional supressão temporária da autonomia assegurada as prestadoras de serviços de telecomunicações em virtude de estado de anormalidade ou exceção definidas na Lei 9.472 (LGT) [12].

¹⁰Princípio da razoabilidade, também chamado de princípio da proporcionalidade, define se os meios utilizados pelo Poder Público são adequados e exigíveis à consecução dos fins visados. O meio é adequado se, com a sua utilização, o evento pretendido pode ser alcançado e é exigível se o Poder Público não dispõe de outro meio eficaz, menos restritivo aos direitos fundamentais.

¹¹Princípio da igualdade está disposto no Art. 5º Constituição Federal de 1988: "Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à igualdade, a segurança e a propriedade, (...)" [10].

2.3.4 Prazos

O Art. 99 da LGT dispõe que no regime jurídico público o prazo máximo da concessão será de vinte anos, podendo ser prorrogado, uma única vez, por igual período, desde que a prestadora tenha cumprido as condições da concessão e manifeste expresso interesse na prorrogação, pelo menos, trinta meses antes de sua expiração [12].

De acordo com o Art. 99 da LGT, a prorrogação do prazo da concessão implicará pagamento, pela prestadora, pelo direito de exploração do serviço e pelo direito de uso das radiofrequências associadas, e poderá, a critério da Anatel, incluir novos condicionamentos, tendo em vista as condições vigentes à época [12].

No regime jurídico privado não há um prazo máximo definido na legislação para a autorização. De acordo com o Art. 138 da LGT a autorização de serviço de telecomunicações não terá sua vigência sujeita a termo final, extinguindo-se somente por ¹²cassação, caducidade, renúncia ou ¹³anulação [12].

De acordo com o Art. 139 da LGT quando houver perda das condições indispensáveis à expedição ou manutenção da autorização, a Anatel poderá extingui-la mediante ato de cassação [12].

O Art. 141 da LGT define que o decaimento será decretado pela Agência, por ato administrativo, se, em face de razões de excepcional relevância pública, as normas vierem a vedar o tipo de atividade objeto da autorização ou a suprimir a exploração no regime privado [12].

De acordo com o Art. 142 da LGT, a renúncia é o ato formal unilateral, irrevogável e irretratável, pelo qual a prestadora manifesta seu desinteresse pela autorização. A renúncia não será causa para punição do autorizado, nem o desonerará de suas obrigações com terceiros [12].

2.3.5 Reversibilidade dos bens

Bens reversíveis são constituídos por equipamentos, infraestrutura, logiciários ou qualquer outro bem, móvel ou imóvel, inclusive Bens de Massa, ou direito integrantes do patrimônio da prestadora, de sua controladora, controlada ou coligada, indispensáveis à continuidade e atualidade da prestação do serviço no regime público.

Bens de massa representam a unidade patrimonial em grande quantidade e pequeno valor unitário, com localização dispersa e de difícil controle individualizado, tais como cabos de rede metálica, fios, dutos, placas, modems, armários, caixas, isoladores, integrantes do patrimônio da prestadora, de sua controladora, controlada ou coligada, indispensáveis à continuidade e atualidade da prestação do serviço no regime público.

O Regulamento de Bens Reversíveis, aprovado pela Resolução 447, de 19 de outubro de 2006, dispõe sobre os procedimentos relacionados a Inventário, Relação de Bens Reversíveis (RBR), Registro, Desvinculação, Alienação, Oneração ou Substituição de Bens Reversíveis utilizados na prestação de serviço de telecomunicações no regime público [21].

De acordo com o inciso XI do Art. 93 da LGT, o contrato de concessão, associado à prestação de serviço de telecomunicações no regime público, deve conter a relação de bens reversíveis [12]. O Art. 101 da LGT estabelece que a alianção, oneração ou substituição de bens reversíveis depende de prévia aprovação da Anatel [12]. O Art. 102 da LGT estabelece

¹²Cassação é a extinção da autorização pela Anatel quando há perda das condições indispensáveis à expedição ou manutenção da autorização [12].

¹³Anulação é o cancelamento do ato administrativo quando há vício relativo à legalidade ou legitimidade (Art. 116 e 143 da LGT) [12].

que a extinção da concessão transmite automaticamente à União a posse dos bens reversíveis [12].

Por fim, a tabela 2.1 mostra as principais diferenças entre a prestação de serviços de telecomunicações nos regimes jurídicos público e privado.

Tabela 2.1 – Diferenças entre os regimes jurídicos público e privado

Aspecto	Regime jurídico público	Regime jurídico privado
Condições de acesso ao mercado	Concessão	Autorização
Obrigações de universalização	Obrigatória	Não há
Obrigações de continuidade	Obrigatória	Facultativa
Controle de preços e tarifas	Fixadas no contrato de concessão	Livres
Prazos	Prazo estabelecido no contrato de concessão	Indefinido
Reversibilidade dos bens	Obrigatória	Não há

2.4 Conceitos de regulação, regulamentação e defesa da concorrência

As primeiras ações de regulação apareceram nos Estados Unidos, no fim do século XIX, com o objetivo de controlar alguns setores da atividade econômica, combater a formação de ¹⁴cartéis e permitir a livre concorrência. No entanto, a definição coerente dos termos regulação e regulamentação até hoje causa algumas confusões de interpretação.

Em termos práticos, não se deve confundir os conceitos de regulação e regulamentação devido as suas diferenças básicas. A expressão regulação tem origem na tradução do inglês *regulation* e dependendo do contexto pode ser traduzida como regulamentação. No entanto, em um contexto coerente com as aplicações do controle de uma atividade econômica mais abrangente a expressão *regulation* deve ser entendida simplesmente como regulação.

De acordo com as definições propostas pelo dicionário Aurélio, tem-se [22]:
 “a. regulação. [De regular + ação]. S.f. Ato ou efeito de regular(-se);
 b. regulamento. [De regular + mento]. S. m. 1. Ato ou efeito de regular. 2. Ordem superior; determinação. 3. Prescrição, regra, norma, preceito. 4. Conjunto de regras ou normas. 5. Disposição oficial para explicar a execução de uma lei, etc; e
 c. regular. [Do v. lat. Regulare.] V. t. d. 1. Sujeitar as regras; dirigir; regrar. 2. Encaminhar conforme a lei. 3. Esclarecer e facilitar por meio de disposições (a execução de lei); regulamentar. 4. Estabelecer regras para; regularizar [...].”

Complementarmente ao significado linguístico proposto pelo dicionário Aurélio, Maria Sylvia Z. Di Pietro define os seguintes conceitos técnicos de regulação [23]:

“a. regulação econômica: conjunto de regras de conduta e de controle da atividade privada do Estado, com a finalidade de estabelecer o funcionamento equilibrado do mercado.; e
 b. regulação no âmbito jurídico: conjunto de regras de conduta e de controle da atividade econômica pública e privada e das atividades sociais não exclusivas do Estado, com a finalidade de proteger o interesse público.”

Portanto, a partir dos conceitos apresentados anteriormente conclui-se que o conceito de regulação está associado a todo tipo de intervenção que o Estado faz na atividade econômica pública e privada, ora para controlar e orientar o mercado, ora para proteger o interesse público. Por outro lado, o conceito de regulamentação está associado ao conjunto de

¹⁴Cartel é um acordo explícito ou implícito entre concorrentes para, principalmente, fixação de preços ou quotas de produção, divisão de clientes e de mercados de atuação. O objetivo é, por meio da ação coordenada entre concorrentes, eliminar a concorrência, com o conseqüente aumento de preços e redução de bem-estar para o consumidor. Segundo estimativas da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), os cartéis geram um sobrepreço estimado entre 10 e 20% comparado ao preço em um mercado competitivo [24].

leis, regulamentos, normas e outros instrumentos legais, aplicados por autoridades competentes, com o objetivo de dar efeito ou implementar efetivamente a regulação, ou seja, regulamentação é um mero instrumento da regulação.

De acordo com o inciso IV e parágrafo único do Art. 84 da Constituição Federal (CF) do Brasil, no âmbito da regulação dos serviços de telecomunicações, compete privativamente ao Presidente da República sancionar, promulgar e fazer publicar as leis, bem como expedir decretos e regulamentos para sua fiel execução. O Presidente da República poderá delegar as atribuições mencionadas nos incisos VI, XII e XXV do Art. 84, primeira parte, aos Ministros de Estado, ao Procurador-Geral da República ou ao Advogado-Geral da União, que observarão os limites traçados nas respectivas delegações [10].

Complementarmente, possuem competência para expedir regras regulatórias tanto o Poder Legislativo quanto o Poder Administrativo através de suas entidades pertencentes à Administração Direta ou Indireta, desde que disposto em Lei Específica, como por exemplo, a Lei nº 9.472/97 (LGT).

A Lei nº 9.472/97 atribuiu a Anatel a função de órgão responsável pela regulação e regulamentação do setor de telecomunicações no Brasil, enquanto o § 2º do Art. 7º e inciso XIX do Art. 19 da referida Lei dispõem sobre as competências do CADE na aplicação da Lei de Defesa da Concorrência (Lei 12.529/11) [12][24][25].

Os conceitos de regulação e defesa da concorrência não são perfeitamente distintos, e devem ser interpretados de acordo com as atividades estatais exercidas pela Anatel e CADE.

O conceito de regulação está associado a quatro noções fundamentais distintas [26]:

- a. regulação técnica: define os padrões técnicos, metas de qualidade, metas de atendimento e metas de universalização a serem adotados pelos prestadores de serviço visando assegurar a compatibilidade, segurança e proteção dos sistemas e da infraestrutura tecnológica;
- b. regulação econômica: define a adoção de sistema de controle de tarifas, taxas e quantidades de bens e serviços a serem ofertados no mercado regulado, bem como a outorga de licenças, concessões, permissões e autorizações de exploração, com o objetivo de manter a prestação adequada do serviço pela regulação do direito de propriedade dos bens de produção e o nível de rentabilidade das prestadoras, de modo a evitar a ocorrência de preço de monopólio;
- c. regulação de acesso ao mercado: define os dispositivos legais para reprimir o uso de práticas anticoncorrenciais, por parte das prestadoras de serviços que detêm o poder de mercado, visando impedir ou dificultar o acesso de novas firmas entrantes no mercado; e
- d. proteção da concorrência: define os dispositivos de controle preventivo das estruturas concorrenciais de mercado (análise de aquisição de sociedade, fusão, incorporação ou qualquer outra forma de união de firmas prosseguida de anuência ou imposição de condições àquelas que forem prejudiciais à concorrência) e controle repressivo de condutas anticompetitivas (investigação dos efeitos das práticas comerciais abusivas sobre o nível de competição do mercado analisado).

O conceito de defesa da concorrência está associado à prevenção e a repressão às infrações contra a ordem econômica, orientada pelos ditames constitucionais de liberdade de iniciativa, livre concorrência, função social da propriedade, defesa dos consumidores e repressão ao abuso do poder econômico [26].

2.5 Universalização e desenvolvimento dos serviços de telecomunicações

A universalização dos serviços de telecomunicações deve ser um dos principais objetivos das políticas públicas de Estado. Dotar o País de uma moderna e eficiente infraestrutura de telecomunicações, capaz de oferecer à sociedade brasileira serviços adequados, diversificados e a preços justos e razoáveis, constitui missão da Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel, entidade responsável pela regulação, regulamentação e fiscalização dos serviços de telecomunicações no Brasil.

Estudos realizados antes e depois da privatização do setor de telecomunicações constataram que a oferta de serviços de telecomunicações, às parcelas menos favorecidas da população, tem custos que, por não comportarem nos limites de renda dessas pessoas, devem ser suportados pelo conjunto de usuários de todo o país. Neste sentido, a Lei 9.472/97 (LGT) estabeleceu que a cobertura desses custos deve ser implementada de duas formas distintas [12]:

- a. instituição do Plano Geral de Metas de Universalização (PGMU), aprovado pelo Presidente da República. O plano PGMU integra os contratos de concessão do serviço telefônico fixo comutado e estabelece a obrigatoriedade de oferta de serviços de telecomunicações, com determinados níveis de cobertura de atendimento e de qualidade, com o objetivo de obrigar as prestadoras a não privilegiarem apenas as localidades e os serviços mais rentáveis; e
- b. instituição do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (Fust). O fundo Fust tem como objetivo principal constituir fontes de financiamento para fomentar a oferta de serviços em regiões que, por motivos como baixa densidade demográfica, baixa renda da população, inexistência de infraestrutura adequada, entre outros, não oferecem ¹⁵taxa de retorno viável para os investimentos do setor.

Complementarmente à universalização, o desenvolvimento dos serviços de telecomunicações é ferramenta fundamental para estimular o processo de inovação tecnológica, incentivar a capacitação de recursos humanos, fomentar a geração de empregos e promover o acesso de pequenas e médias empresas a recursos de capital, de modo a ampliar a competitividade da indústria brasileira de telecomunicações, nos termos do Art. 77 da Lei 9.472/97. Neste sentido foi instituído o Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel) [12].

2.5.1 Fundo Fust

A Lei nº 9.472/97 (LGT) determinou a criação de um fundo específico para financiar a universalização de serviços de telecomunicações no Art. 81, *in verbis* [12]:

“Os recursos complementares destinados a cobrir a parcela do custo exclusivamente atribuível ao cumprimento das obrigações de universalização de prestadora de serviço de telecomunicações, que não possa ser recuperada com a exploração eficiente do serviço, poderão ser oriundos das seguintes fontes:

I - Orçamento Geral da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios;

II - Fundo especificamente constituído para essa finalidade, para o qual contribuirão prestadoras de serviço de telecomunicações nos regimes público e privado, nos termos da lei,

¹⁵Taxa de retorno (*Return On Investment* – ROI) é um parâmetro usado para medir a rentabilidade de um investimento, sendo calculado pela relação entre o lucro obtido e o valor dos investimentos realizados. A taxa de retorno é dada pela expressão $ROI = \frac{\text{Resultado líquido}}{\text{Investimento}}$.

cuja mensagem de criação deverá ser enviada ao Congresso Nacional, pelo Poder Executivo, no prazo de cento e vinte dias após a publicação desta Lei.”

O Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações foi instituído pela Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000. O Art. 1º Lei nº 9.998/00, determinou que a principal finalidade do fundo Fust é proporcionar recursos destinados a cobrir a parcela de custo exclusivamente atribuível ao cumprimento das obrigações de universalização de serviços de telecomunicações, que não possa ser recuperada com a exploração eficiente do serviço, nos termos do disposto no inciso II do art. 81 da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997 [12][27].

O escopo da aplicação do fundo Fust está disposto no Art. 5º da Lei nº 9.998/00, *in verbis* [27]:

“Art. 5º Os recursos do Fust serão aplicados em programas, projetos e atividades que estejam em consonância com plano geral de metas para universalização de serviço de telecomunicações ou suas ampliações que contemplarão, entre outros, os seguintes objetivos:

I – atendimento a localidades com menos de cem habitantes;

II – (VETADO)

III – complementação de metas estabelecidas no Plano Geral de Metas de Universalização para atendimento de comunidades de baixo poder aquisitivo;

IV – implantação de acessos individuais para prestação do serviço telefônico, em condições favorecidas, a estabelecimentos de ensino, bibliotecas e instituições de saúde;

V – implantação de acessos para utilização de serviços de redes digitais de informação destinadas ao acesso público, inclusive da internet, em condições favorecidas, a instituições de saúde;

VI – implantação de acessos para utilização de serviços de redes digitais de informação destinadas ao acesso público, inclusive da internet, em condições favorecidas, a estabelecimentos de ensino e bibliotecas, incluindo os equipamentos terminais para operação pelos usuários;

VII – redução das contas de serviços de telecomunicações de estabelecimentos de ensino e bibliotecas referentes à utilização de serviços de redes digitais de informação destinadas ao acesso do público, inclusive da internet, de forma a beneficiar em percentuais maiores os estabelecimentos frequentados por população carente, de acordo com a regulamentação do Poder Executivo;

VIII – instalação de redes de alta velocidade, destinadas ao intercâmbio de sinais e à implantação de serviços de teleconferência entre estabelecimentos de ensino e bibliotecas;

IX – atendimento a áreas remotas e de fronteira de interesse estratégico;

X – implantação de acessos individuais para órgãos de segurança pública;

XI – implantação de serviços de telecomunicações em unidades do serviço público, civis ou militares, situadas em pontos remotos do território nacional;

XII – fornecimento de acessos individuais e equipamentos de interface a instituições de assistência a deficientes;

XIII – fornecimento de acessos individuais e equipamentos de interface a deficientes carentes;

XIV – implantação da telefonia rural.

§ 1º Em cada exercício, pelo menos trinta por cento dos recursos do Fust serão aplicados em programas, projetos e atividades executados pelas concessionárias do Sistema Telefônico Fixo Comutado – STFC nas áreas abrangidas pela Sudam e Sudene.

§ 2º Do total dos recursos do Fust, dezoito por cento, no mínimo, serão aplicados em educação, para os estabelecimentos públicos de ensino.

§ 3º Na aplicação dos recursos do Fust será privilegiado o atendimento a deficientes.”

As fontes de receita do fundo Fust estão definidas no Art. 6º, *in verbis* [16]:

“Art. 6º Constituem receitas do Fundo:

- I – dotações designadas na lei orçamentária anual da União e seus créditos adicionais;
- II – cinquenta por cento dos recursos a que se referem as alíneas c, d, e e j do art. 2º da Lei no 5.070, de 7 de julho de 1966, com a redação dada pelo art. 51 da Lei no 9.472, de 16 de julho de 1997, até o limite máximo anual de setecentos milhões de reais;
- III – preço público cobrado pela Agência Nacional de Telecomunicações, como condição para a transferência de concessão, de permissão ou de autorização de serviço de telecomunicações ou de uso de radiofrequência, a ser pago pela concessionária, na forma de quantia certa, em uma ou várias parcelas, ou de parcelas anuais, nos termos da regulamentação editada pela Agência;
- IV – contribuição de um por cento sobre a receita operacional bruta, decorrente de prestação de serviços de telecomunicações nos regimes público e privado, excluindo-se o Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transportes Interestadual e Intermunicipal e de Comunicações – ICMS, o Programa de Integração Social – PIS e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social – Cofins;
- V – doações;
- VI – outras que lhe vierem a ser destinadas.”

De acordo com o disposto no Art. 5º da Lei nº 9.998/00, os recursos do fundo Fust só poderão ser aplicados em consonância com plano geral de metas para universalização (PGMU) de serviço de telecomunicações [27]. Portanto, na prática, esse artigo define que os recursos do fundo Fust só poderão ser aplicados pelas concessionárias do serviço telefônico fixo comutado (STFC), únicas prestadoras que têm obrigações de universalização de serviços de telecomunicações.

Ante o exposto, conclui-se que os recursos do fundo Fust não poderão ser usados para democratizar o acesso à banda larga nos municípios brasileiros pela construção da Infovia Municipal.

2.6 Aspectos Regulatórios, econômicos e sociais

A democratização do acesso à banda larga no Brasil exige a adoção de medidas regulatórias capazes de minimizar ou eliminar os fatores restritivos que impedem o acesso às redes de telecomunicações.

Os capítulos posteriores buscam identificar os principais fatores restritivos que impedem o acesso à banda larga nos municípios brasileiros, além de propor a adoção de soluções capazes de viabilizar a inclusão digital dos cidadãos brasileiros pela construção de uma rede de telecomunicações democrática e isonômica.

2.7 Fatores restritivos para a democratização da banda larga

Dentre os principais fatores restritivos estão o acesso aos computadores de uso pessoal (*Personal Computer* - PCs) e a *Internet* nos domicílios, o preço do serviço de banda larga praticado no mercado, a renda média da população, o nível de escolaridade e os motivos alegados para não utilizar a *Internet* no Brasil [1].

2.7.1 Domicílios com computador de uso pessoal (PC) e acesso a *Internet*

O acesso aos computadores de uso pessoal (PC) e à *Internet* nos domicílios brasileiros podem ser classificados como dois dos principais fatores restritivos devido aos aspectos econômicos relacionados à renda da população.

De acordo com estudos de TICs realizados pelo Comitê Gestor da *Internet* no Brasil (CGI.br), em 2011, 45% dos domicílios brasileiros possuem computadores pessoais. A tabela 2.2 mostra os domicílios brasileiros e os domicílios dos países desenvolvidos da Organização

para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (*Organisation for Economic Co-operation and Development* – OCDE) com computadores pessoais [1][28].

Tabela 2.2 – Domicílios com computadores pessoais

País	Domicílios com computador [%]
Holanda	92,0
Suécia	89,5
Alemanha	85,7
Japão	83,4
Reino Unido	82,6
Coréia do Sul	81,8
Austrália	78,0
Estados Unidos	77,0
França	76,4
Itália	64,8
Portugal	59,5
Brasil	48,0
Turquia	44,2
Chile	43,9
México	29,9

Fontes: CGI.br [1] e OCDE [28]

Complementarmente, em 2011, 38% dos domicílios brasileiros possuem acesso à *Internet* [1], incluindo as tecnologias por linha discada, xDSL, satélite, *cable modem* e sem fio (móvel celular, WiFi e WiMAX). Comparando-se o número de domicílios brasileiros com acesso à *Internet* com os países desenvolvidos da OCDE, o Brasil ficou nas últimas posições, conforme mostra a tabela 2.3 [28].

Tabela 2.3 – Domicílios com acesso à Internet

País	Domicílios com acesso a <i>Internet</i> [%]
Coréia do Sul	97,5
Suécia	82,6
Holanda	79,5
Alemanha	75,2
Reino Unido	69,5
Estados Unidos	68,2
França	66,8
Japão	63,4
Austrália	62,0
Portugal	50,3
Itália	48,9
Brasil	45,0
Turquia	33,7
Chile	23,9
México	21,1

Fontes: CGI.br, 2012 [1] e OCDE, 2010 [28]

2.7.2 Preço do serviço de banda larga praticado no mercado

O serviço de banda larga pode ser ofertado pelas prestadoras de serviços de telefonia fixa local (serviço STFC local), operadoras de TV a cabo, prestadoras de telefonia móvel celular (serviço SMP) e prestadoras de Serviço de Comunicação Multimídia (SCM).

De acordo com levantamentos efetuados pela União Internacional de Telecomunicações (International Telecommunications Union - ITU), em dois anos, o preço da banda larga fixa no Brasil caiu quase 40%. Em 2008 o preço da cesta dos serviços de Internet rápida era de US\$ 28, em 2010 caiu para US\$ 16,90. A tabela 2.4 apresenta o valor, em US\$, para uma assinatura básica mensal de um plano Internet banda larga fixa com velocidade mínima de 256 kbits/s, segundo ranking produzido pela ITU [29].

Tabela 2.4 – Preços do acesso banda larga praticados no mercado mundial

País	US\$
Cuba	1752,70
Etiópia	294,50
São Tomé & Príncipe	285,40
Alemanha	39,40
Chile	39,40
Austrália	36,90
Suécia	34,50
Holanda	32,90
Suíça	32,70
França	30,10
Portugal	26,30
Canadá	26,20
Itália	26,20
Argentina	25,60
Reino Unido	24,60
Coréia do Sul	24,00
Japão	23,10
Estados Unidos	20,00
Uruguai	19,30
Grécia	18,90
México	17,30
Brasil	16,90
Venezuela	15,90
Rússia	9,90
Israel	8,10
Costa Rica	7,00

Fonte: ITU, 2011 [29]

2.7.3 Renda média da população

Outra barreira importante para a democratização do acesso à banda larga é a renda da família brasileira, comprometida, na sua maioria, nas despesas familiares fixas, tais como: aluguel, prestação de imóvel, condomínio, água, esgoto, energia elétrica e alimentação.

De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), realizada em 2008 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 45% dos brasileiros com 10

anos ou mais de idade, que vivem em área urbana e rural, têm renda de até dois ¹⁶salários mínimos, o que assegura uma ¹⁷renda disponível muito limitada. A tabela 2.5 mostra informações acerca da renda da família brasileira [6].

Tabela 2.5 – Percentual de pessoas em relação à renda mensal

País/Região	Total				Urbana				Rural			
	Até 2 SM	De 2 a 5 SM	Mais de 5 SM	Sem rendimento / sem declaração	Até 2 SM	De 2 a 5 SM	Mais de 5 SM	Sem rendimento / sem declaração	Até 2 SM	De 2 a 5 SM	Mais de 5 SM	Sem rendimento / sem declaração
Brasil	45%	14%	7%	34%	43%	16%	8%	33%	52%	6%	2%	40%
Norte	45%	10%	4%	40%	46%	12%	5%	38%	45%	6%	1%	47%
Nordeste	54%	7%	3%	37%	52%	9%	4%	35%	57%	2%	1%	40%
Sudeste	40%	18%	9%	33%	39%	19%	9%	33%	51%	9%	2%	37%
Sul	43%	19%	9%	29%	42%	20%	10%	28%	47%	13%	4%	36%
Centro-Oeste	44%	15%	9%	33%	43%	15%	10%	32%	48%	10%	3%	40%

Fonte: IBGE, 2008 [6]

Comparando-se os dados referentes às regiões do Brasil constata-se que a maior concentração de pessoas, com 10 anos ou mais de idade e renda familiar inferior a dois salários mínimos, encontra-se no Nordeste (54%). Complementarmente, os dados da tabela 2.6 demonstram que, aproximadamente, 50% das famílias brasileiras têm renda mensal disponível para pagar um plano de serviço de banda larga de 256 Kbits/s de menor valor praticado no mercado (valores extraídos da tabela 2.4).

Tabela 2.6 – Renda disponível para consumo média mensal

	2000	2002	*2007	*2013
1º Decil	-149	-143	-148	-151
2º Decil	-119	-117	-126	-128
3º Decil	-93	-94	-107	-107
4º Decil	-18	-24	-40	-37
5º Decil	35	26	7	13
6º Decil	112	97	74	83
7º Decil	264	237	212	226
8º Decil	438	395	369	393
9º Decil	850	768	741	785
10º Decil	3.833	3.520	3.420	3.576
Total	515	470	451	476

*Os dados referentes a 2007 e 2013 são estimativas - ¹⁸Decil

Fonte: Visão de Longo Prazo da Economia – Funtel [4]

¹⁶Salário mínimo em 2007 era de R\$ 380,00, época da pesquisa. Nos últimos dois anos o salário mínimo teve um aumento real de 22%.

¹⁷Renda disponível representa a diferença entre o rendimento familiar mensal e as despesas consideradas essenciais (alimentação, moradia, água, esgoto, energia elétrica e vestuário).

¹⁸Decil representa qualquer valor extraído de um conjunto de dados dividido em dez (10) partes iguais, tal que cada parte represente 1/10 da amostra ou população.

Portanto, considerando-se as limitações de renda da população é muito difícil prover a democratização do acesso à banda larga sem a adoção de políticas públicas, de Estado e alterações no marco regulatório vigente, visando atender essa finalidade [5].

2.7.4 Nível de escolaridade

De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2008 o Brasil ainda possui um alto nível de pessoas classificadas como analfabetas funcionais (31%), conforme mostra a tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Evolução do nível de alfabetização no Brasil

Indicador de Alfabetismo Funcional (INAF) - População acima de 15 anos					
Categoria	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2007-2008
Analfabeto funcional	39%	39%	38%	37%	31%
Funcionalmente alfabetizados	61%	61%	62%	63%	69%

Fonte: IBGE, 2008 [6]

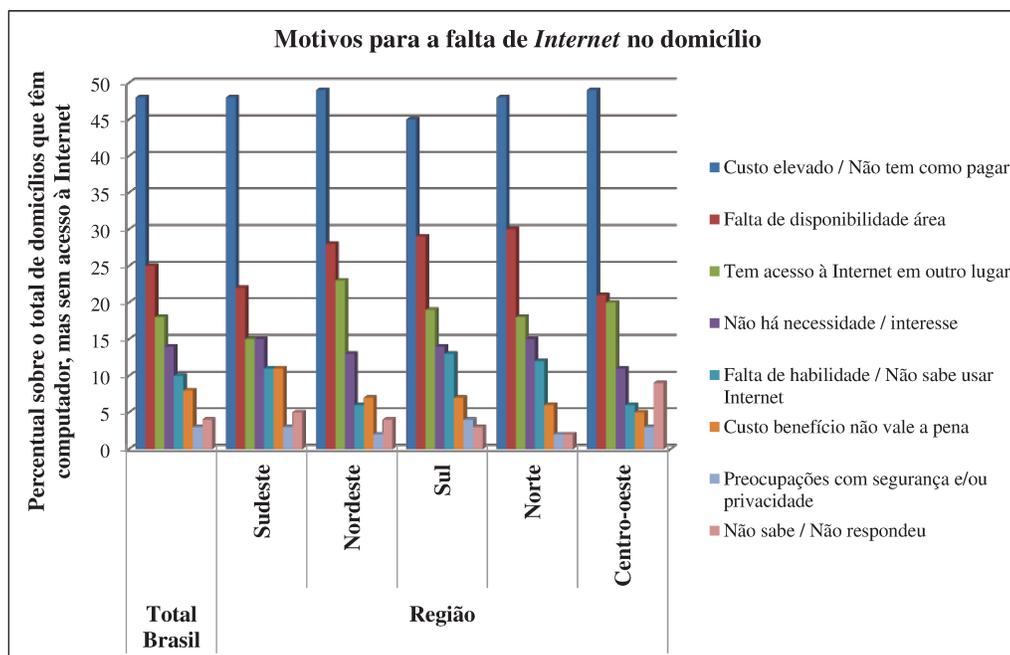
A definição de analfabetismo vem, ao longo das últimas décadas, sofrendo revisões significativas como reflexo das próprias mudanças sociais. Em 1958, a UNESCO definia como alfabetizada uma pessoa capaz de ler e escrever um enunciado simples, relacionado à sua vida diária. Vinte anos depois, a UNESCO sugeriu a adoção dos conceitos de analfabetismo e analfabetismo funcional. Portanto, é considerada alfabetizada funcionalmente a pessoa capaz de utilizar a leitura, escrita e habilidades matemáticas para fazer frente às demandas de seu contexto social e utilizá-las para continuar aprendendo e se desenvolvendo ao longo da vida.

O nível de alfabetização da população também é condição essencial para a democratização do acesso à banda larga, visto que tem influência direta na utilização da Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC). Pessoas consideradas analfabetas funcionais não terão habilidades para utilizar e explorar plenamente os recursos das TICs e, conseqüentemente, não usufruirão dos benefícios advindos da banda larga.

2.7.5 Motivos alegados para não utilizar a *Internet* no Brasil

A utilização plena dos recursos providos pelas tecnologias da informação e da comunicação (TICs), o manuseio do computador de uso pessoal (PC), de seus recursos e facilidades e da rede mundial de computadores (*Internet*) são fatores básicos para se promover a inclusão digital.

De acordo com a pesquisa TIC Domicílios e Usuários, ano 2012, realizada pelo Centro de Estudos sobre Tecnologias da Informação e da Comunicação – Cetic.Br [1], os principais motivos alegados para não utilizar a *Internet* no Brasil são: custo elevado (48%) e a falta de disponibilidade do serviço na área de interesse (25%), conforme mostra a figura 2.1.



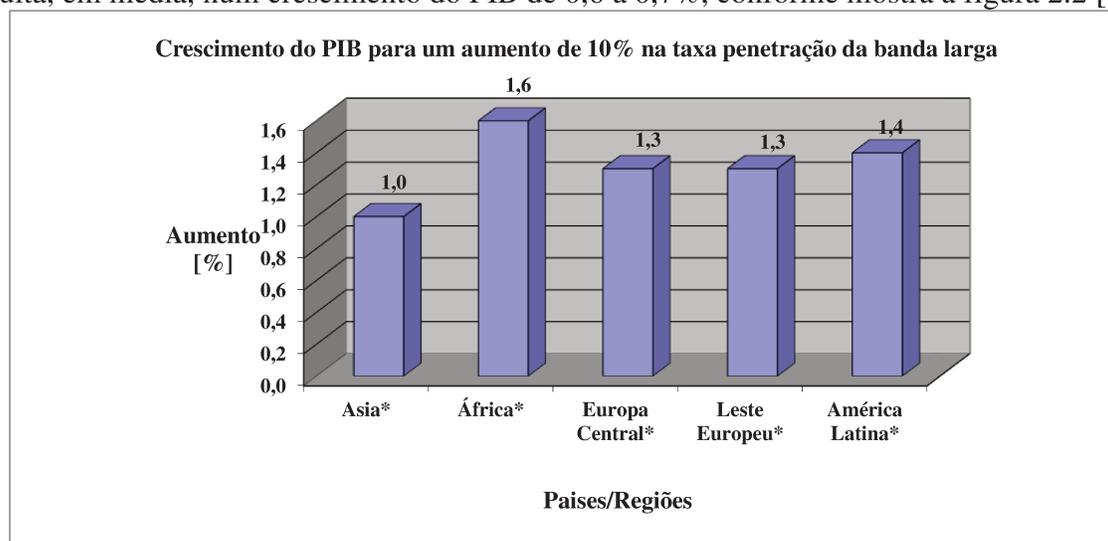
Fonte: CGI.br, 2012 [1]

Figura 2.1 – Principais motivos para a falta de *Internet* no domicílio

De acordo com os dados apresentados na figura 2.1 10% da população brasileira não tem habilidade ou não sabe usar a *Internet*, mostrando a influência do nível de escolaridade na utilização da Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC).

2.8 Democratização do acesso à banda larga no Brasil

A democratização do acesso à banda larga deve ser um dos principais objetivos da Política Pública de Estado do Setor de Telecomunicações. Democratizar o acesso à banda larga traz uma série de benefícios aos países, tais como o aumento do Produto Interno Bruto (PIB) e a inclusão digital e social dos cidadãos brasileiros. De acordo com estudos da Empresa de Consultoria McKinsey um aumento na taxa de penetração de banda larga da ordem de 10% resulta, em média, num crescimento do PIB de 0,6 a 0,7%, conforme mostra a figura 2.2 [1].



*Foram utilizados os valores máximos de crescimento do PIB

Fonte: Consultoria McKinsey [1]

Figura 2.2 – Crescimento do PIB impulsionado pela banda larga

Vários países têm demonstrado preocupação em melhorar o acesso à banda larga para os cidadãos. A União Europeia estabeleceu no eEurope 2005 e no i2010 que o acesso à banda larga deve ser uma importante prioridade na agenda política dos países membros, pois ele é elemento essencial na implementação da Sociedade da Informação. Uma das saídas propostas para melhorar o acesso à banda larga é a construção de redes metropolitanas de acesso aberto a partir do incentivo dos governos. Na Grécia e na Espanha, países que apresentam taxas baixas de penetração de banda larga quando comparados com outros países da UE, tem se investido na construção das RMAAs [30][31].

Na Grécia, temos como exemplo o caso da rede metropolitana de Patras, a terceira maior cidade grega. A rede metropolitana criada em Patras interliga os principais órgãos públicos da cidade. Os provedores de serviço também podem utilizar a rede construída a preços mais baixos que os praticados pela principal operadora local. Isto é possível, pois a rede metropolitana é organizada segundo um modelo de acesso aberto, ou seja, a todos os interessados são oferecidas as mesmas condições para utilizar a rede [30].

Na Espanha, há o projeto de Xarxa Oberta, na Catalunha. O objetivo do governo da Catalunha é atender 946 municípios com acesso de alta velocidade, oferecendo serviços a 5843 órgãos públicos. Além disso, a capacidade excedente deste *backhaul* será disponibilizada de maneira neutra aos provedores que tiverem interesse [31].

Capítulo 3

Propostas de Alterações do Marco Regulatório Brasileiro para Viabilizar a Construção da Infovia Municipal

A democratização do acesso à banda larga nos municípios brasileiros depende da adoção de uma Política Pública de Estado, aplicável ao Setor de Telecomunicações, que implemente as diretrizes contidas no Programa Nacional de Banda Larga – PNBL [9] e Plano Geral de Atualização da Regulamentação das Telecomunicações no Brasil – PGR [32].

Devido a sua importância para o desenvolvimento do país e para inclusão digital, a democratização do acesso à banda larga, nos municípios brasileiros, deve ser regulada pelo Estado e regulamentada conforme plano específico elaborado pela Anatel e aprovado pelo Poder Executivo, que deverá referir-se, entre outros aspectos, à oferta massiva do acesso aos municípios com qualidade, ao atendimento de deficientes físicos, de instituições de caráter público ou social, bem como de áreas rurais ou de urbanização precária e de regiões remotas.

De acordo com os aspectos estudados nos capítulos anteriores há fatores restritivos para a democratização do acesso à banda larga, os quais devem ser minimizados, substancialmente, com o objetivo de aumentar a ¹⁹ taxa de penetração da banda larga.

De acordo com estudos realizados pela Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (*Organisation for Economic Co-operation and Development* – OCDE) e pela Anatel, a taxa de penetração da banda larga fixa no país é de 26,77 acessos por 100 domicílios, conforme mostra a tabela 3.1 [28][33].

Tabela 3.1 – Taxa de penetração da banda larga no mundo

País	Acessos por 100 domicílios
Coréia do Sul	95,9
Suécia	82,6
Holanda	77,0
Alemanha	75,2
Reino Unido	69,5
França	66,8
Estados Unidos	63,5
Austrália	62,0
Japão	60,0
Portugal	50,3
Itália	48,9
Turquia	33,7
Brasil	26,8
México	13,7

Fontes: OCDE [28], 2011 e Anatel [33], 2012

¹⁹Taxa de penetração da banda larga fixa por 100 domicílios (F) é calculado tendo como base as seguintes variáveis: A = população brasileira [6], B = número de domicílios brasileiros [6], C = Acessos fixos instalados [12], D = Média de moradores por domicílios [6] e E = número de pessoas atendidas [6][33], em que $E = C \cdot D$. O número de acessos banda larga por 100 domicílios é dado pela expressão $F = [(E/A) \cdot 100]$. Os dados do Brasil foram calculados com base no Censo de 2010 do IBGE [6] e Anatel 2010 [33].

De acordo com os dados apresentados na tabela 3.1 a taxa de penetração da banda larga fixa por 100 domicílios no Brasil é uma das mais baixas no mundo. Portanto, devem ser adotadas medidas capazes de aumentar o número de acessos banda larga no país.

Nos capítulos posteriores serão apresentadas propostas para a democratização do acesso à banda larga utilizando-se como ferramenta as Infovias Municipais.

3.1 Modelo regulatório vigente

O modelo regulatório vigente é caracterizado pela universalização dos serviços públicos de telecomunicações, especialmente do Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC) pelas obrigações estabelecidas no Plano Geral de Metas para Universalização (PGMU), aprovado pelo Decreto nº 7.512, de 30 de junho de 2011 [3]. Modelos regulatórios orientados à universalização têm afastado os cidadãos do acesso aos serviços de banda larga devido ao alto custo dos serviços ofertados pelas prestadoras de serviços de telecomunicações. De acordo com dados econômicos, somente metade das famílias brasileiras têm renda mensal disponível para pagar um plano de serviço de banda larga de 256 Kbits/s de menor valor praticado no mercado [4].

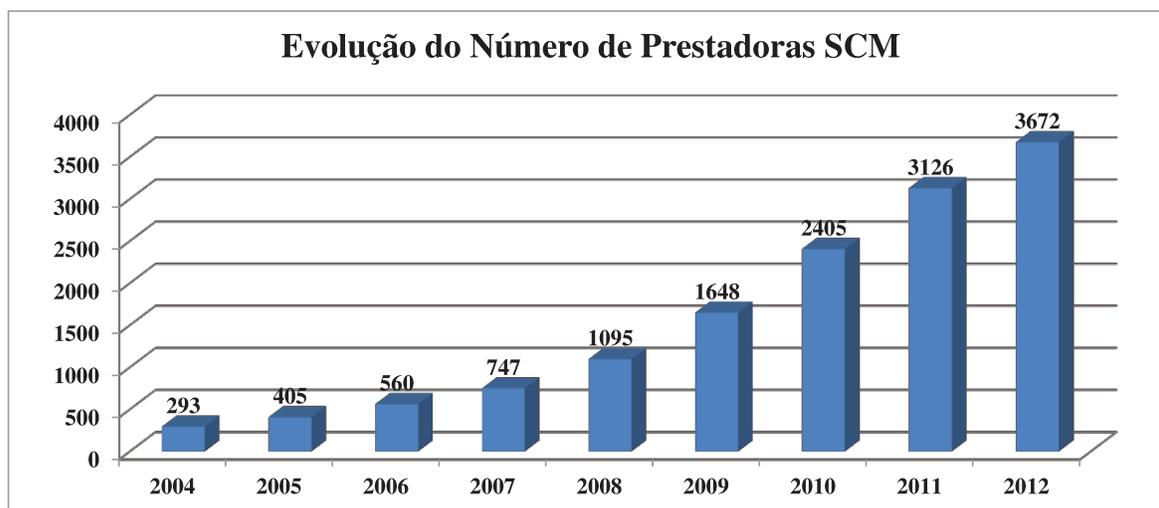
Atualmente, o marco regulatório relacionado à democratização da banda larga é formado, basicamente, pelo Programa Nacional de Banda Larga – PNBL [9] e Plano Geral de Atualização da Regulamentação das Telecomunicações no Brasil – PGR [32], caracterizando a ausência de uma Política Pública de Estado voltada à democratização do acesso à banda larga nos municípios.

De acordo com o marco regulatório vigente a prestação do serviço banda larga está estabelecida no Regulamento do Serviço de Comunicação Multimídia (SCM) [17], Regulamento do Serviço Limitado Privado (SLP) [19] e Regulamento sobre Gestão da Qualidade do Serviço Móvel Pessoal – RGQ-SMP [34].

A autorização para a prestação do serviço banda larga móvel, pela rede do Serviço Móvel Pessoal - SMP [16], exige a abertura de processo licitatório no qual são realizados leilões das faixas de frequências necessárias para a oferta dos serviços de telecomunicações. Portanto, a prestação do serviço banda larga móvel pela rede do Serviço Móvel Pessoal - SMP está restrita às grandes empresas que tem capacidade financeira para participar dos leilões de aquisição de faixas de frequências.

Por outro lado, a autorização para a prestação do serviço banda larga fixa não exige a abertura de processo licitatório. A autorização para a prestação do serviço banda larga fixa pode ser requisitada à Anatel, por qualquer empresa nacional legalmente constituída ou Prefeituras, mediante a outorga do Serviço de Comunicação Multimídia (SCM) [17] ou Serviço Limitado Privado (SLP) [19].

Devido à simplificação do processo para a expedição de autorização para a prestação do serviço SCM, o número de autorizações vem crescendo, vertiginosamente, nos últimos anos conforme mostra a figura 3.1.

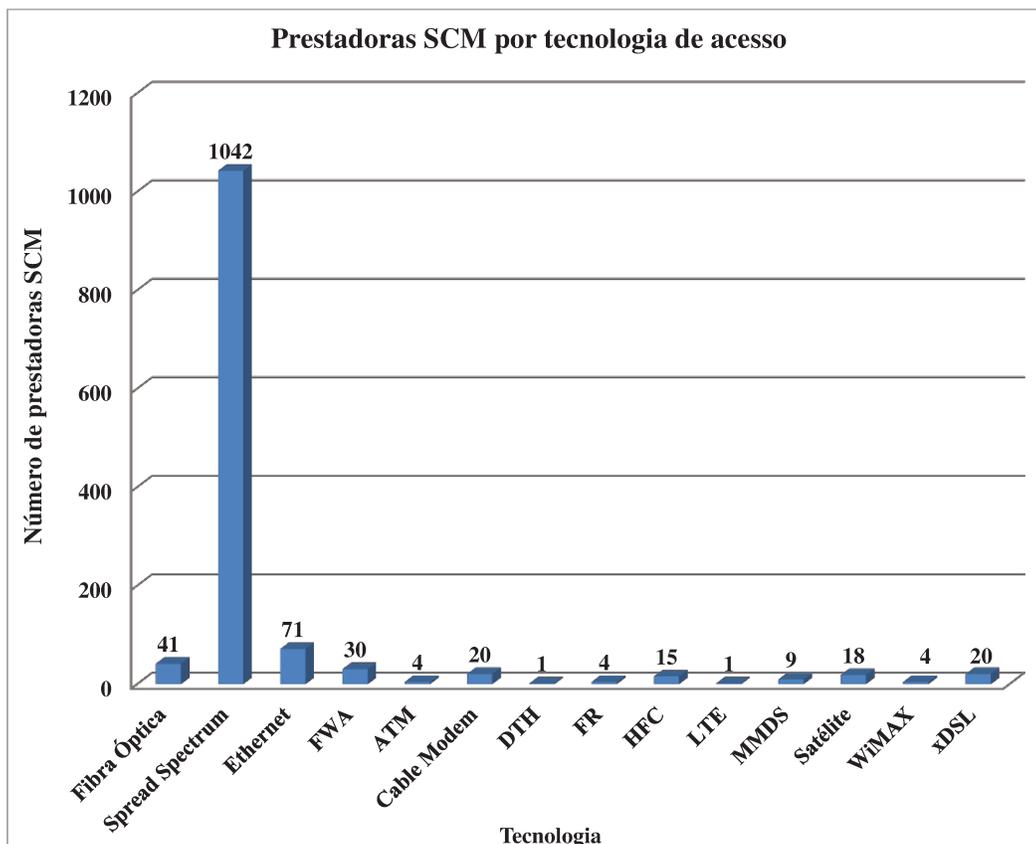


Fontes: Anatel [33] e Teleco [35]

Figura 3.1 – Crescimento do número de prestadoras SCM

Analisando-se as informações acerca das prestadoras de serviço, por tecnologia de acesso, verifica-se que o número de empresas autorizadas SCM, com base no mês de maio de 2012, é de 1.280 [33].

Também de acordo com dados da Anatel [33], de maio de 2012, há 1.042 prestadoras SCM que utilizam a tecnologia sem fio nos padrões IEEE 802.11 (*Wi-Fi*), correspondendo a 81,41% da base total de empresas autorizadas pela Agência, conforme mostra a figura 3.2 [33].



Fonte: Anatel [33]

Figura 3.2 – Prestadoras de serviço SCM por tecnologia de acesso

As regras de utilização do espectro de frequências pelos padrões sem fio IEEE 802.11, pelas prestadoras SCM e SLP, estão dispostas no Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita, aprovado pela Resolução nº 506, de 1º de julho de 2008 [36].

O Art. 1º do referido Regulamento caracteriza os equipamentos de radiação restrita e estabelece as condições de uso de radiofrequência para que possam ser utilizados com dispensa da licença de funcionamento de estação e independentes de outorga de autorização de uso de radiofrequência, conforme previsto no Art. 163, § 2º, inciso I da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997 [12] [36].

Complementarmente, o Art. 9º do Regulamento sobre Condições de Uso de Radiofrequências da faixa de 2.400 MHz a 2.483,5 MHz por Equipamentos Utilizando Tecnologia de Espalhamento Espectral (DSSS) ou Tecnologia de Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequências (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing* – OFDM), aprovado pela Resolução nº 397, de 6 de abril de 2005, em seu Art. 9º, estabelece que as estações de radiocomunicação correspondentes a equipamentos que utilizam as técnicas DSSS e OFDM operam em caráter secundário [37].

De acordo com o Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil (PDFF) - Edição 2011, aprovado pelo Ato nº 2.282, de 15 de abril de 2011, a faixa de frequências 2.400 MHz~2.483,5 MHz está destinada, em caráter primário, ao Serviço Auxiliar de Radiodifusão e Correlatos (SARC) e Serviço de Repetição de Televisão em UHF (RpTV) [38].

Portanto, de acordo com as condições estabelecidas nos Regulamentos relacionados à utilização da faixa de frequências 2.400 MHz~2.483,5 MHz, da expansão do número de prestadoras SCM e da expansão de redes de acesso sem fio, baseadas nos padrões IEEE 802.11 (*Wi-Fi*), não está garantida a oferta de serviços banda larga aos municípios com qualidade, porque não estão definidas regras que protegem os usuários contra interferências provenientes de sistemas que operam em caráter primário, nem de interferências provenientes de sistemas que também operam em caráter secundário, incluindo os sistemas que utilizam equipamentos de radiação restrita.

No capítulo 5 serão executadas simulações referentes à relação sinal/ruído (*Signal-to-Noise Ratio* – SNR) e ao nível de interferência (*Carrier-to-Interference Ratio* – CIR) para comprovar a redução do nível de qualidade do serviço prestado aos usuários quando da presença de mais de uma prestadora de serviços de telecomunicações operando na faixa de frequências 2.400 MHz~2.483,5 MHz.

As simulações mostrarão a necessidade da adoção de medidas regulatórias capazes de viabilizar a reserva de frequências no espectro radioelétrico brasileiro para a construção das Infovias Municipais.

3.1.1 Autorização para prestação de serviços de telecomunicações na Infovia Municipal

A exploração direta ou mediante autorização, permissão ou concessão dos serviços de telecomunicações compete à União conforme estabelece o Art. 21, inciso XI da Constituição Federal [10].

O Art. 173 da Constituição Federal proíbe a exploração direta de serviços de telecomunicações pelas Prefeituras, pois esses não estão definidos em lei como imperativo da segurança nacional ou relevante interesse coletivo, para sua esfera de poder [10].

Em face ao exposto a expedição de autorização para prestação de serviços de telecomunicações no âmbito municipal está restrita às seguintes situações:

- a. os serviços de telecomunicações podem ser prestados de forma indireta pela Prefeitura, por meio de empresas públicas ou privadas autorizadas pela Anatel para prestar o Serviço de Comunicação Multimídia –SCM; ou
- b. os serviços de telecomunicações podem ser prestados diretamente pela Prefeitura pela execução do Serviço de Rede Privado, submodalidade do Serviço Limitado Privado - SLP, de interesse restrito, de forma gratuita, limitado o acesso aos serviços da Prefeitura, ao território municipal e aos seus municípios, mediante autorização a ser expedida pela Anatel.

A solicitação de autorização para execução do Serviço de Rede Privado, submodalidade do Serviço Limitado Privado - SLP, deverá ser feita mediante requerimento dirigido ao Escritório Regional ou Unidade Operacional da Anatel mais próximo de sua localidade. Do requerimento deverão constar:

- a. formulário padrão "Solicitação de Serviço de Telecomunicações devidamente preenchido e assinado pela autoridade responsável;
- b. cópia da Lei Orgânica Municipal;
- c. documento de investidura do poder de assinar do requerente (termo de posse/ato de nomeação) – original ou cópia autenticada;
- d. procuração da pessoa jurídica legalmente aceita - original ou cópia autenticada;
- e. descrever a forma de funcionamento do sistema;
- f. informar o meio de transmissão pretendido;
- g. informar se pretende utilizar equipamentos de radiocomunicação de radiação de radiação restrita; e
- h. caso utilize equipamentos de radiocomunicação de radiação restrita, declarar que pretende operar em conformidade com o Regulamento Sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita [36] e/ou com o Regulamento Sobre Condições de Uso de Radiofrequências da Faixa de 2.400 MHz a 2.483,5 MHz Por Equipamentos Utilizando Tecnologia de Espalhamento Espectral ou Tecnologia de Multiplexação Ortogonal Por Divisão de Frequência [37].

O valor pago pela autorização do serviço, de acordo com a Resolução n° 386/2004, é de R\$ 400,00, referente ao Preço Público pelo Direito de Exploração de Serviços de Telecomunicações e pelo Direito de Exploração de Satélite – PPDESS [39].

As estações de radiocomunicação correspondentes a equipamentos de radiação restrita que operam na faixa de frequências de 2,4 GHz estão isentas de licenciamento para instalação e funcionamento, porém somente nos municípios com população abaixo de 500 mil habitantes. As estações instaladas em municípios com população acima de 500 mil habitantes, com potência ²⁰EIRP (*Equivalent Isotropically Radiated Power* – EIRP) acima de 400 mW precisam ser licenciadas na Anatel [36].

3.2 Infovia municipal

As infovias municipais tem se tornado um instrumento eficaz para expandir o acesso banda larga pela população a rede mundial de computadores. Existem diversas iniciativas no Brasil e no mundo que utilizam este modelo, um exemplo é o caso da Cidade de Pedreira que possui cerca de 4500 residências conectadas a sua infovia através de acessos banda larga.

As Infovias Municipais podem ter diversas definições. Mendes define Infovia Municipal como sendo um ambiente (rede) público de comunicações com o objetivo de

²⁰Potência equivalente isotropicamente radiada (*Equivalent Isotropically Radiated Power* – EIRP) é a potência entregue a uma antena, multiplicada pelo ganho da antena em relação a uma antena isotrópica, numa determinada região. Ganho dado em dBi. $EIRP = ERP + 2,14 \text{ dB}$ [35].

atender as necessidades de interconexão de governos municipais e de proporcionar universalização e inclusão digital para toda população municipal, sem distinção de classe social [7].

A Infovia Municipal é uma poderosa ferramenta de democratização do acesso aos serviços banda larga que permite a inclusão social e digital dos munícipes. De acordo com Mendes a Infovia Municipal permite a construção de um modelo viável de universalização que viabiliza [7]:

- a modernização da administração pública;
- a inclusão digital em todos os níveis;
- a inclusão social dos cidadãos;
- a ativação da economia digital do município;
- a redução de custos de serviços de comunicações;
- o fortalecimento econômico do município.

Os impactos sociais e econômicos do acesso universal são tão importantes que vários Governos, como o da Coréia do Sul, já asseguraram um acesso universal de 1,5 Mbits/s para 100% de suas casas [8].

Devido à importância da democratização do acesso aos serviços banda larga, a Europa decidiu criar uma política comum para a implantação da “Sociedade da Informação”. Esta política foi discutida na eEurope 2005 e na i2010, definindo o investimento em infraestruturas de banda larga como uma prioridade [30].

O desafio é que a construção de redes de comunicações de alta velocidade exige altos investimentos, que nem sempre despertam interesse de organizações privadas por envolverem alto risco. Logo, cabe aos governos criar condições para que estes investimentos sejam realizados e as redes de comunicação banda larga sejam construídas. Diversos governos europeus passaram a investir em infraestrutura *broadband* por meio da construção de Cidades Digitais.

A partir da iniciativa dos governos europeus de criar redes de comunicação municipais “abertas”, as Cidades Digitais se tornaram mais atrativas em termos de novos investimentos para a cidade. Estudos mostram que as redes “abertas” implementam uma rede de serviços de telecomunicações própria da cidade, o que instantaneamente resulta na economia das despesas com provedores de telecomunicações. Junto com estas redes, também podem ser implementados novos serviços que trazem mais eficiência na gestão pública e no atendimento ao cidadão [40][41][42].

Na Grécia, por exemplo, a cidade de Patras (terceira maior cidade grega) e a cidade de Messatida são os dois principais exemplos de que tais iniciativas podem dar certo [43].

Casos semelhantes a estes passaram a ser discutidos e implantados em diversas cidades, como: na Suécia [30], Irlanda [30], Canadá [43], Espanha [31][44], Dinamarca [45], Chile [46], Estados Unidos [47][48][49][50], Holanda [51], Inglaterra [52], Tanzânia [52], Coréia [53][54][55], inclusive no Brasil [8][40][56][57].

Existem diversos modelos que podem ser utilizados para a construção do acesso universal numa Infovia Municipal. O modelo que julgamos ser o mais adequado para a construção do acesso universal é o de Rede Metropolitana de Acesso Aberto – RMAA (*Open MAN*).

A RMAA pode ser definida como uma rede de comunicação de dados pública que permite a democratização do transporte de informação multimídia entre o Poder Público e a municipalidade.

Uma diferença entre as redes de comunicações existentes e as redes metropolitanas de acesso aberto é que as redes RMAAs possuem um caráter universalizante e por serem multi-serviço permitem a distribuição de diversos conteúdos (voz, vídeo e dados), que hoje são tratados de forma separada pelas operadoras tradicionais, de forma simples e unificada.

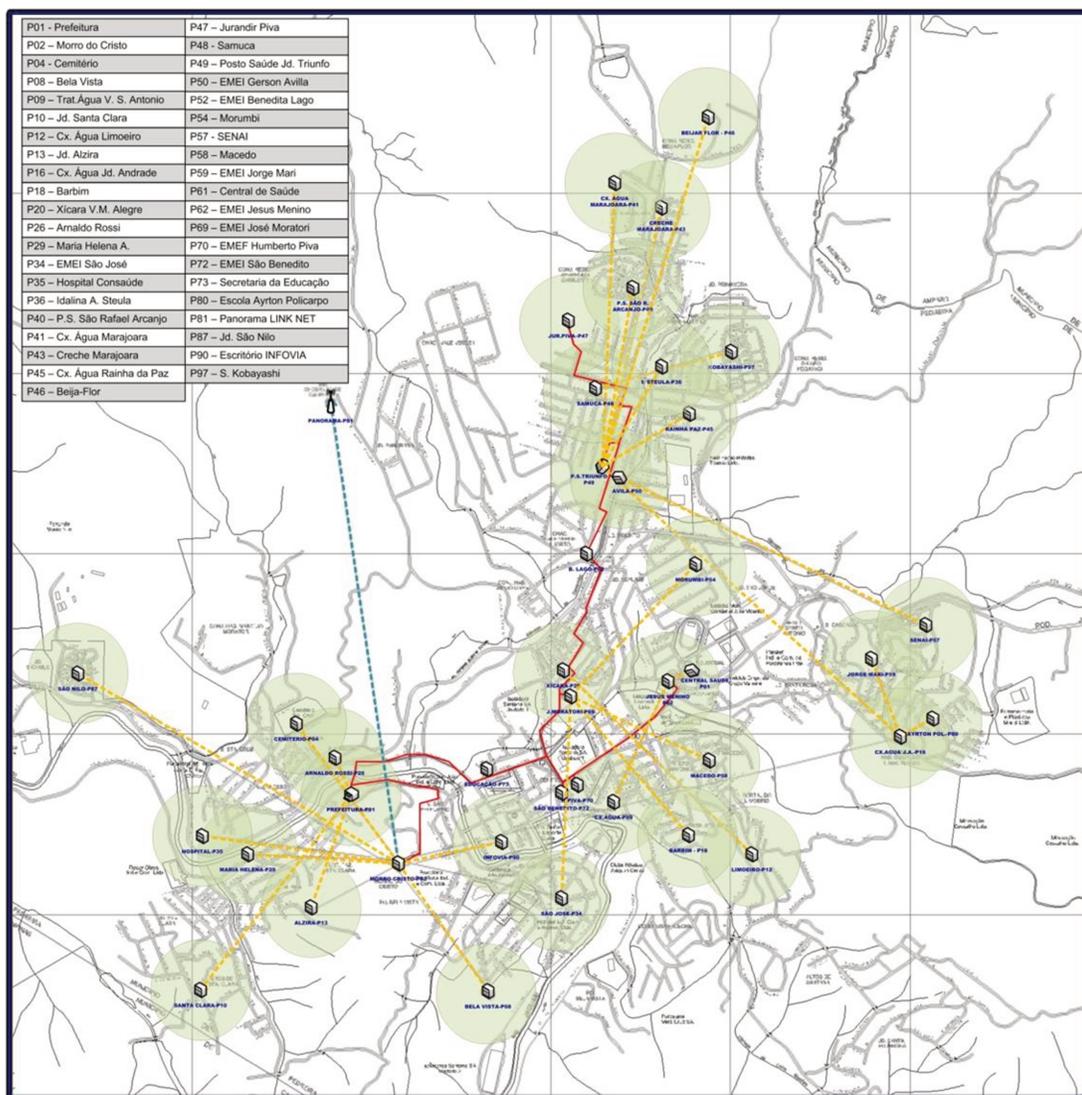
A figura 3.3 apresenta a estrutura física da Rede Metropolitana de Pedreira. A rede interliga diversos prédios públicos, tais como: prefeitura; delegacia; hospital; escolas municipais; creches; secretarias; residências. A interligação é feita através de duas tecnologias: enlaces ópticos e links de rádio. As linhas em vermelho representam o caminho da fibra óptica com conexões 1 Gigabit (1000BaseLX).

Já as linhas amarelas pontilhadas representam os enlaces de rádio (IEEE 802.11a), sendo os círculos, verde claro, as áreas de cobertura wireless para conexão dos cidadãos a rede/Internet (IEEE802.11 b/g/n). A rede está baseada no padrão Ethernet, e o protocolo de comunicação utilizado é o TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*).

Existem diversas dificuldades que o poder público municipal encontra para a implantação das Infovias Municipais. Os principais fatores são:

- falta de fontes de financiamento – As prefeituras municipais possuem orçamento limitado e muitas vezes iniciativas como a implantação de uma infovia esbarram na capacidade de financiamento, seja ela de forma local, estadual, ou mesmo, federal;
- falta de espectro de frequências específico – As prefeituras municipais não possuem banda de frequência específica para utilização. O poder público tem que utilizar as ²¹ frequências não licenciadas de 2,4 e 5,8 GHz, que é utilizado pela maioria dos provedores de serviços WiFi. Estas mesmas frequências são utilizadas pela população para a criação de pontos de acessos locais. O uso de frequências não licenciadas aumenta a possibilidade de interferências e congestionamento em áreas de grande densidade, reduzindo a qualidade do serviço prestado aos munícipes [35]; e
- falta de regulamentação específica – Tendo em vista o escopo do poder público, este encontra dificuldades quando necessita obter autorização para operação de um serviço de comunicação. Por exemplo, a falta do termo telecomunicação no objeto presente no Estatuto (Ato de Constituição) de uma prefeitura municipal implica na impossibilidade desta de conseguir as licenças: SCM (Serviço de Comunicação Multimídia), STFC (Serviço de Telefonia Fixa Comutada) e SMP (Serviço Móvel Pessoal), entre outras.

²¹Frequência não licenciada representa a categoria de frequências que não necessitam de autorização da Anatel para operar no espectro radioelétrico.



Fonte: Digital Cities and Open MANs: A New Communications Paradigm [8]

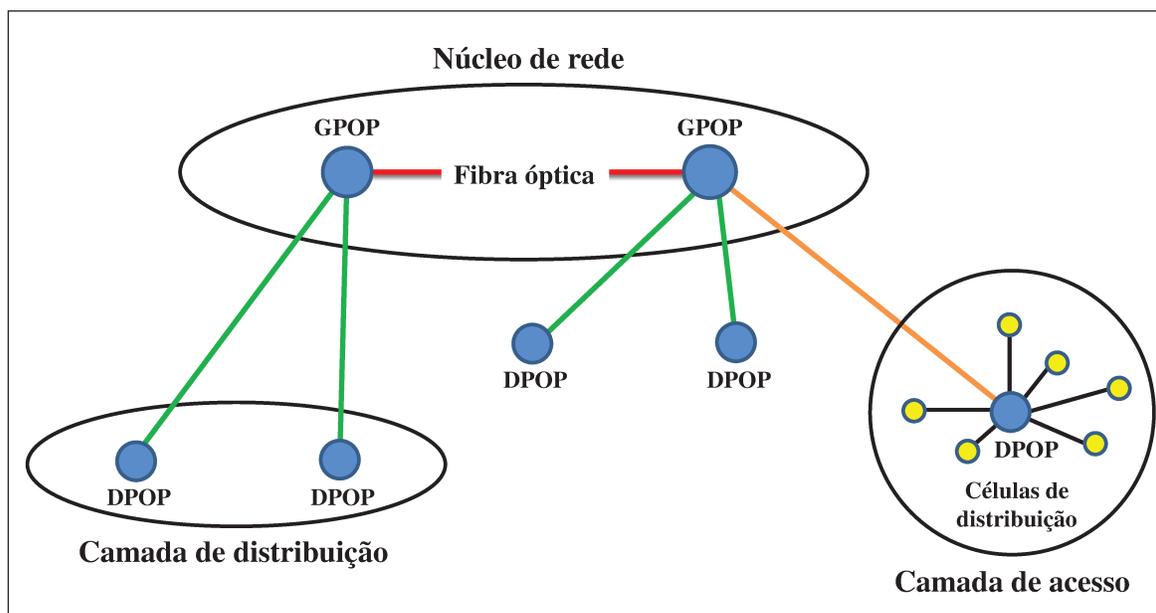
Figura 3.3 – Estrutura física da RMAA do município de Pedreira

3.2.1 Rede Metropolitana de Acesso Aberto

A Rede Metropolitana de Acesso Aberto – RMAA (*Open MAN*) pode ser definida como uma rede de comunicação de dados pública que permite a democratização do transporte de informação multimídia entre o Poder Público e a municipalidade [7].

A arquitetura da Rede Metropolitana de Acesso Aberto é composta por uma parte física e outra lógica [8].

A arquitetura física da RMAA é dividida em três camadas: camada de acesso, de distribuição e de núcleo de rede [8], conforme mostra a figura 3.4.



Fonte: Digital Cities and Open MANs: A New Communications Paradigm [8]

Figura 3.4 – Arquitetura física da Rede Metropolitana de Acesso Aberto

O núcleo de rede é a camada principal da Infovia Municipal, sendo responsável pelo transporte da informação entre os diversos elementos da RMAA. Do ponto de vista físico, o núcleo de rede é o *backbone* da Infovia Municipal, que prove a interconexão entre os elementos de rede com as redes de serviços públicos [8].

O núcleo de rede também prove os pontos de interconexão de alta velocidade com a camada de distribuição, chamados de Gigabit Pontos de Presença (GPOPs) [8].

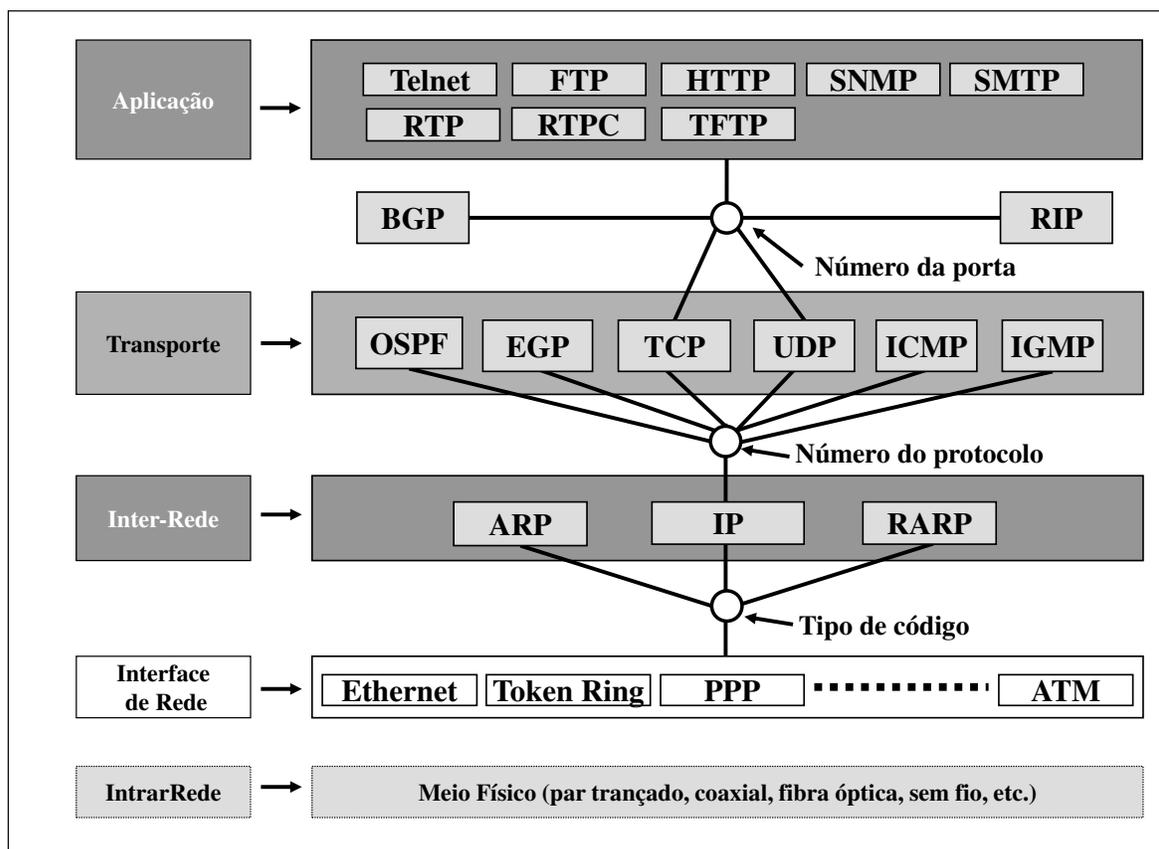
A camada de distribuição é responsável pela concentração do fluxo de dados dentro e fora dos pontos de acesso. Essa camada é composta pelos pontos de distribuição (DPOPs), interconectados diretamente aos pontos GPOPs do núcleo de rede. A camada de distribuição pode ser construída por meio de enlaces ópticos, sem fio ou par trançado [8].

A camada de acesso é responsável pela interconexão dos Usuários à RMAA, sendo derivada dos pontos DPOPs, formando, desta forma, as chamadas células de distribuição ou ²²última milha. A camada de acesso também pode ser construída por meio de enlaces ópticos, sem fio ou par trançado [8].

A arquitetura lógica da RMAA é baseada no protocolo IP (*Internet Protocol*). Esta solução foi adotada devido à flexibilidade e baixo custo de construção das redes baseadas neste tipo arquitetura [8].

A arquitetura IP é organizada em quatro camadas conceituais construídas sobre uma quinta camada que não faz parte do modelo, a camada intrarrede, conforme mostra a figura 3.5.

²²Última milha é a porção da rede mais próxima às instalações do assinante [33].



Fonte: Digital Cities and Open MANs: A New Communications Paradigm [8]

Figura 3.5 – Arquitetura IP

A RMAA é construída sobre a camada de transporte TCP e camada de interface de rede Ethernet. A interface Ethernet é um protocolo de interconexão muito usado no projeto de redes locais (*Local Area Network – LAN*) baseado na transferência de pacotes [8].

A interface Ethernet é muito versátil e dotada de capacidade técnica para permitir a implementação de diversas camadas da infraestrutura física de uma RMAA em uma única e uniforme camada. Essa interface é utilizada no projeto de redes sem fio (*wireless*), de par trançado, coaxiais e fibra óptica [8].

Outras vantagens da interface Ethernet são o baixo custo quando comparado com outras tecnologias de rede e a simplicidade na operação, manutenção e supervisão do *backbone* [8].

A camada de transporte TCP é responsável pelas funções de interconexão entre redes RMAAs de diferentes municípios e entre uma RMAA local com as demais redes externas, tais como Rede Telefônica Pública Comutada (RTPC) e *Internet* [8].

3.2.1.1 Infraestrutura da Rede Metropolitana de Acesso Aberto

O principal objetivo da construção da RMAA é democratizar o acesso à informação nos municípios brasileiros, promovendo a inclusão social e digital dos cidadãos.

A infraestrutura a ser construída para prover acesso à informação nos municípios brasileiros deve ser otimizada para atender as necessidades da Administração Pública bem como da população usuária dos serviços ofertados.

Inicialmente, a infraestrutura da RMAA deve ser construída visando interconectar as instituições e prédios públicos, tais como: escolas, prefeitura, centros de saúde, hospitais, etc. Posteriormente, essa infraestrutura pode ser ampliada para permitir a oferta de serviços

adicionais, como por exemplo, acesso universal à *Internet* disponível para todos os municípios [8].

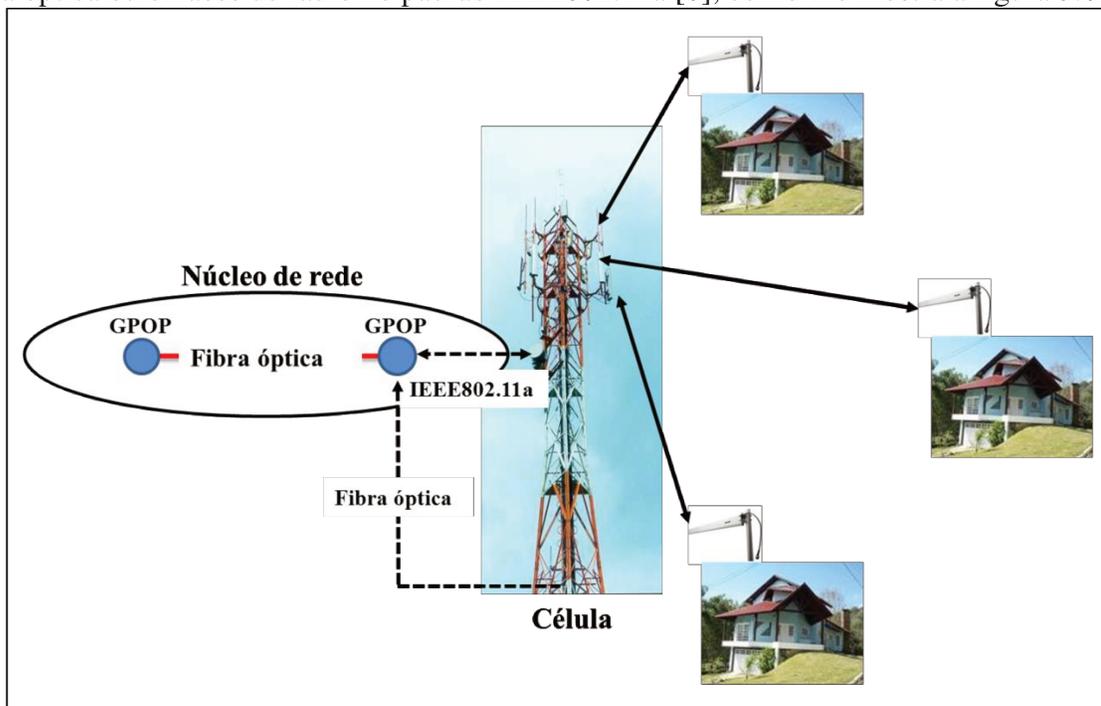
A infraestrutura da RMAA pode ser baseada em diferentes tecnologias, incluindo fibra óptica, sem fio, par trançado e cabo coaxial. Essa infraestrutura de rede deve ser de alta capacidade para atender a crescente demanda por novos serviços e aplicações convergentes, os quais exigem cada vez mais velocidade e qualidade de serviço (*Quality of Service – QoS*).

Diante deste cenário, a construção de uma infraestrutura de rede híbrida óptica e sem fio, composta por um *backbone* Gigabit Ethernet, complementada por células de acesso sem fio baseadas no padrão IEEE802.11 “a” e “g” é altamente viável, dadas as condições exigidas pelas aplicações e serviços que tráfegarão pela RMAA [8]. Conforme estudado anteriormente, um exemplo de construção de RMAA, com infraestrutura híbrida, foi a desenvolvida para o município de Pedreira, no estado de São Paulo, mostrada na figura 3.3 [8].

No modelo de infraestrutura desenvolvido no município de Pedreira/SP o núcleo de rede foi construído utilizando-se fibras ópticas de alta capacidade, instaladas nos postes da concessionária de energia elétrica [8].

A camada de distribuição foi desenvolvida baseada na construção de uma rede de nós de distribuição conectados ao núcleo de rede por meio de fibra óptica ou enlaces de rádio no padrão IEEE802.11a [8].

Finalmente, a camada de acesso foi desenvolvida utilizando-se células sem fio baseadas nos padrões IEEE802.11 b/g, conectadas aos pontos de distribuição rede por meio de fibra óptica ou enlaces de rádio no padrão IEEE802.11a [8], conforme mostra a figura 3.6.



Fonte: Digital Cities and Open MANs: A New Communications Paradigm [8]

Figura 3.6 – Infraestrutura da RMAA

A construção de uma rede de acesso sem fio (*wireless*) nos padrões IEEE802.11 b/g reduz os custos de implantação da última milha (*last mile*), permitindo o provimento da capilaridade num tempo reduzido, se comparado com os demais meios de transmissão (fibra óptica, par trançado ou cabo coaxial).

Em termos de espectro de frequências os padrões IEEE802.11 b/g utilizam a faixa de 2.400 MHz~2.483,5 MHz com capacidade teórica de 11 Mbits/s (padrão IEEE802.11 b) e 54 Mbits/s (padrão IEEE802.11 g).

3.3 Proposta de alteração do Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil (PDFF) para permitir a operação da camada de acesso sem fio da Infovia Municipal em caráter primário

O espectro de radiofrequências é um recurso escasso e um bem público, que deve ser compartilhado por usuários governamentais, militares e civis de todas as nações de acordo a Regulamentação de Radiofrequência editada pela União Internacional de Telecomunicações (*International Telecommunications Union - ITU*) [29].

A organização do espectro de radiofrequências no Brasil é baseada no Regulamento de Radiocomunicações da União Internacional de Telecomunicações - UIT, no qual cada faixa de radiofrequência é reservada para uma determinada aplicação ou serviço. A regulamentação aplicável às diversas faixas de radiofrequências está disposta no Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil (PDFF), publicado anualmente pela Anatel por meio de Ato Normativo [38].

A proposta de alteração do Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências (PDFF) e da Regulamentação correlata defendida nessa dissertação tem como base a expansão do número de prestadoras SCM, a expansão de redes de acesso sem fio, baseadas nos padrões IEEE 802.11 (*Wi-Fi*) e impossibilidade de garantir a oferta de serviços banda larga aos municípios com qualidade, visto que não estão definidas regras que protegem os usuários contra interferências provenientes de sistemas que operam em caráter primário, nem de interferências provenientes de sistemas que também operam em caráter secundário, incluindo os sistemas que utilizam equipamentos de radiação restrita.

Diante do exposto, defende-se a reserva das faixas de frequências de 700 MHz, 3,5 GHz e 4,8 GHz, sem nenhum ônus para as Prefeituras e em caráter primário, exclusivamente para acessos aos serviços banda larga nos municípios brasileiros que adotam a Infovia Municipal como meio de inclusão digital.

3.3.1 Designação da faixa de 3.500 MHz para a Infovia Municipal

De acordo com o Art. 8º do Regulamento de Uso do Espectro de Radiofrequências, aprovado pela Resolução nº 259, de 19 de abril de 2001, a Agência deve manter e sempre que necessário atualizar um Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil, de acordo com o disposto na Lei nº 9.472, de 1997 e conforme regulamentação específica da Agência [58].

Conforme disposto no Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil (PDFF), publicado em 2011, a faixa de frequência de 3.400 MHz a 3.600 MHz encontra-se atribuída para os serviços limitado privado (SLP) – administração pública, comunicação multimídia (SCM), móvel pessoal (SMP), telefônico fixo comutado (STFC), de telecomunicações (dentro da faixa do serviço fixo por satélite) e radioamador [38].

No sentido de viabilizar a construção de redes de telecomunicações providas pelos municípios brasileiros, por meio da Infovia Municipal, propõe-se a manutenção da reserva de parte da faixa de frequência de 3.400 MHz a 3.600 MHz, conforme mostra a figura 3.7.

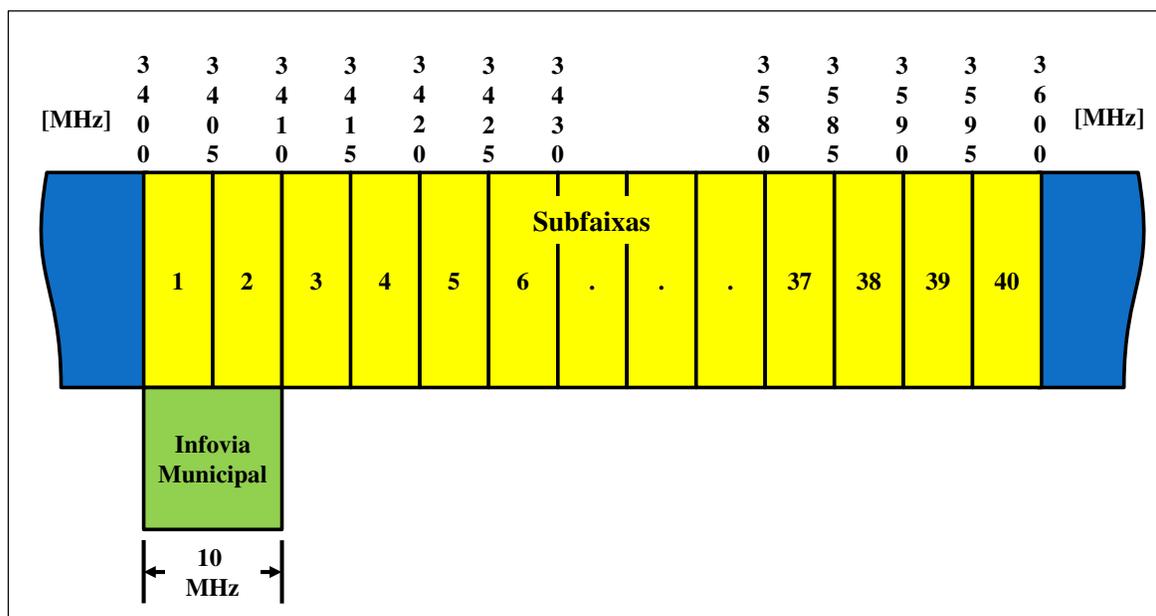


Figura 3.7 – Alocação da faixa de frequências 3.400-3.410 MHz

De acordo com o Art. 4º do Regulamento sobre Condições de Uso da Faixa de Frequência de 3,5 GHz, aprovado pela Resolução nº 537, de 17 de fevereiro de 2010, a subfaixa de radiofrequência de 3.400 a 3.410 MHz, em caráter primário, é destinada para a prestação do Serviço Limitado Privado – SLP, para utilização direta ou indireta do Governo Federal, Estadual ou Municipal, com a finalidade de promover a inclusão digital, mediante autorização SLP, não aberto à correspondência pública, de forma gratuita [59].

Considerando-se o estado da arte atual em equipamentos de telecomunicações, poderão ser utilizados canais com largura de faixa de 5 MHz ou 10 MHz com capacidade para suportar até 45 Mbits/s de taxa de dados Ethernet com multiplexação OFDM, que permite alta capacidade de canal e grande resistência à interferência e desvanecimento (*fading*) de sinal.

Os canais poderão operar nos modos FDD (*Frequency Division Duplexing*) e TDD (*Time Division Duplexing*). O modo TDD otimiza o uso de espectro permitindo o reuso de frequências e, conseqüentemente, minimiza a interferência co-canal.

3.3.2 Designação da faixa de frequências de 700 MHz para provimento da banda larga rural na Infovia Municipal

O marco regulatório vigente define uma separação rígida entre a prestação do serviço de radiodifusão de sons e imagens (TV) e os serviços de telecomunicações. O serviço de radiodifusão de sons e imagens é regulamentado por três instrumentos: Lei nº 4.117, de 27 de agosto de 1962, que instituiu o Código Brasileiro de Telecomunicações (CBT), Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997 (LGT) e Decreto nº 5.820, de 29 de junho de 2006 que definiu o padrão ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*) para a televisão digital.

Basicamente, a separação entre a prestação do serviço de radiodifusão de sons e imagens (TV) e os serviços de telecomunicações dividiu as responsabilidades regulatórias entre o Ministério das Comunicações (MC), que ficou responsável pela outorga do serviço, e a Anatel, que ficou responsável pela administração do espectro de radiofrequências.

Conforme disposto no Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil (PDFF), a destinação da faixa de frequência aos serviços de radiodifusão de sons e imagens está de acordo com os dados apresentados na tabela 3.2 [38].

Tabela 3.2 – Destinação das faixas de frequências aos serviços de TV

Faixa [MHz]	Canal	Distribuição
54-72	2 a 4 (VHF)	Plano básico de distribuição de canais de televisão em VHF e em UHF.
76-88	5 a 6 (VHF)	
174-216	7 a 13 (VHF)	
470-608	14 a 36 (UHF)	Plano básico de distribuição de canais de retransmissão de televisão em VHF e UHF
614-746	38 a 50 (UHF)	
746-806	60 a 69 (UHF)	Repetição (RpTV) de televisão em UHF

Fonte: Anatel [33]

A introdução do Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre (SBTVD-T), padrão ISDB-T, provocou mudanças regulatórias importantes devido à publicação do Plano Básico de Distribuição de Canais de Televisão Digital – PBTVD, aprovado pela Resolução nº 407, de 10 de junho de 2005 [60].

A implementação gradual do plano PBTVD resultará na liberação dos canais analógicos, atualmente utilizados pelas emissoras de TV comerciais. Objetivando uniformizar as iniciativas dos diferentes países no planejamento do uso das faixas de frequências liberadas, a ITU publicou a Resolução nº 224, que trata da implementação das Telecomunicações Móveis Internacionais (*International Mobile Telecommunications – IMT*) abaixo de 1 GHz [61].

Basicamente, a Resolução nº 224 da ITU recomenda o uso da faixa de 700 MHz para os serviços móveis pela menor necessidade de estações rádio base devido às condições de propagação das ondas eletromagnéticas. A Resolução nº 224 da ITU recomenda o uso da faixa de frequências 698-806 MHz para a Região 2 (Américas) e para nove ²³países da Região 3 (Ásia Oriental e Oceania) e na faixa de 790-862 MHz para as demais regiões e países [61].

A partir das recomendações da ITU surgiram vários estudos para a utilização da faixa de 700 MHz na Comunidade Européia, Estados Unidos, Austrália, Japão e Comissão Interamericana de Telecomunicações (*Inter-American Telecommunication Commission - CITELE*), da qual o Brasil é membro permanente.

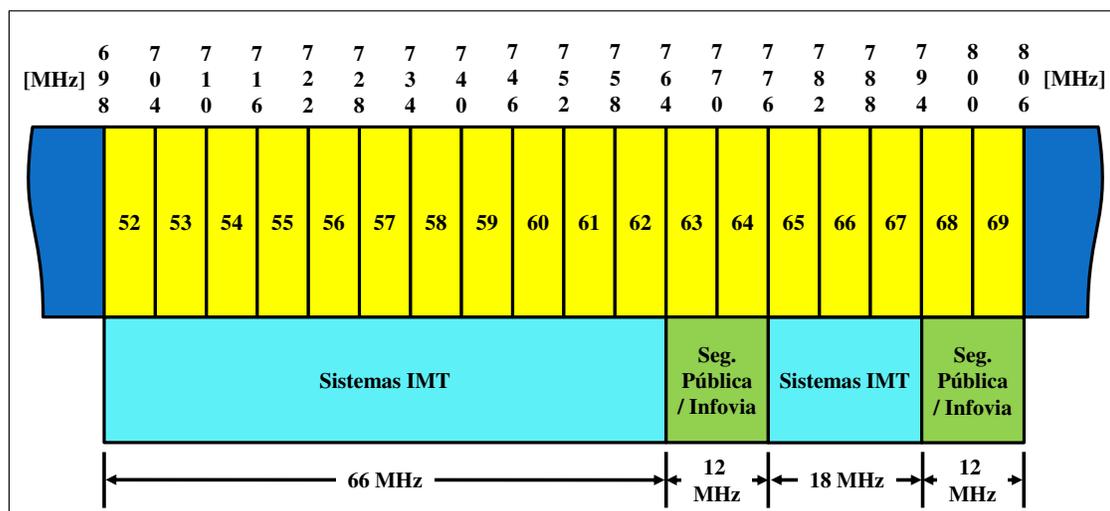
A comissão CITELE aprovou a Recomendação nº 18 que propõe uma alternativa de uso da faixa de frequências de 700 MHz para os países da Região 2 que desejassem seguir a canalização adotada nos Estados Unidos conforme as seguintes premissas [61]:

- reserva da faixa de frequências de 698-764 MHz e de 776-794 MHz para sistemas IMT; e
- reserva da faixa de frequências de 764-776 MHz e de 794-806 MHz para sistemas de segurança pública;

A figura 3.8 apresenta a Recomendação nº 18 da CITELE para o uso da faixa de frequências de 700 MHz com base no plano adotado nos Estados Unidos [61].

Apesar do pouco interesse apresentado pelo países membros do CITELE em adotar a Recomendação nº 18, esta dissertação defende a reserva dos canais 63, 64, 68 e 69 para uso compartilhado entre Segurança Pública nas áreas urbanas e banda larga fixa nas áreas rurais e suburbanas com baixa densidade populacional, visando permitir à população acesso a serviços de dados pela implementação da Infovia Municipal.

²³Bangladesh, China, Coréia do Sul, Índia, Japão, Nova Zelândia, Papua Nova Guiné, Filipinas e Cingapura.



Fonte: CPqD [61]

Figura 3.8 – Uso da faixa de frequências de 700 MHz conforme a CITEI

A proposta de uso compartilhado dos canais 63, 64, 68 e 69 entre Segurança Pública e Infovia Municipal deve-se ao fato da subutilização do espectro de frequências pela área de segurança nas áreas rurais e suburbanas. A grande concentração de eventos relacionados à Segurança Pública está nas áreas urbanas, caracterizadas pela grande densidade populacional.

3.3.3 Alteração da faixa de frequências de 4,8 GHz

O Art. 1º do Regulamento sobre Canalização e Condições de Uso da Faixa de Frequências de 5 GHz, aprovado pela Resolução nº 495, de 24 de março de 2008, estabelece a canalização e as condições de uso da faixa de 4.400 MHz a 5.000 MHz por sistemas digitais de radiocomunicação do serviço fixo conforme definido no Regulamento de Radiocomunicações da UIT (S1.20), com capacidade de transmissão de 140 Mbits/s e de 155 Mbits/s ponto-a-ponto para aplicações em segurança pública a nível nacional [62]. Adicionalmente, a tabela 1 do Art. 3º do mesmo Regulamento estabelece as frequências nominais das portadoras dos canais de radiofrequências [62].

A proposta defendida nessa dissertação estabelece a reserva dos canais 6 e 7 (4.630 MHz ida e 4.930 MHz volta; 4.670 MHz ida e 4.970 MHz volta, respectivamente conforme mostra a tabela 3.3) da tabela 1 do Art. 3º do Regulamento sobre Canalização e Condições de Uso da Faixa de Frequências de 5 GHz para efetuar a interconexão entre a camada de acesso sem fio, implementada basicamente pelas Estações Rádio Base (ERBs), e o núcleo de rede da Infovia Municipal [62].

Tabela 3.3 – Destinação dos canais 6 e 7 para a Infovia Municipal

Canal	Ida F_n [MHz]	Volta F'_n [MHz]
1	4.430	4.730
2	4.470	4.770
3	4.510	4.810
4	4.550	4.850
5	4.590	4.890
6	4.630	4.930
7	4.670	4.970

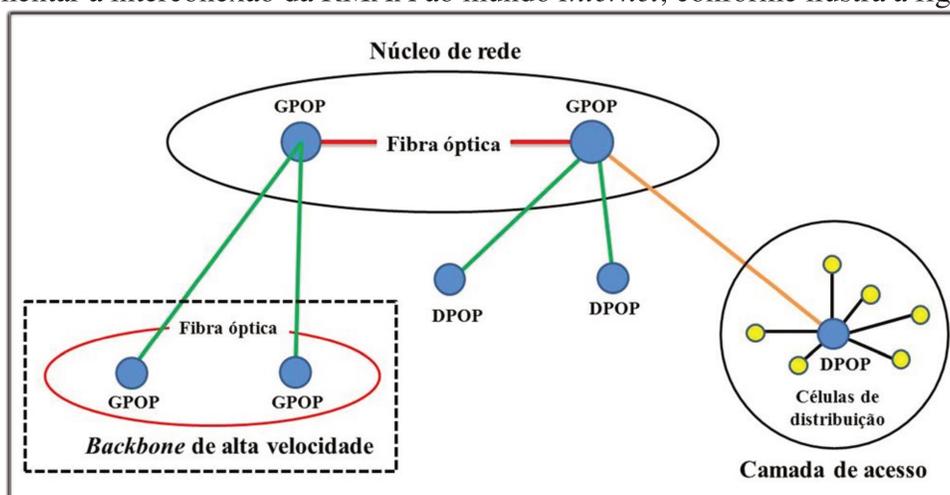
3.4 Alteração da Lei nº 9.998/00, que instituiu o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações - Fust

A legislação do setor de telecomunicações, formada pela Lei nº 9.472/97 (LGT), Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000 (Lei do Fundo de Universalização das Telecomunicações - Fust) e regulamentos correlatos, deve ser aprimorada com o objetivo de adaptar-se aos novos cenários tecnológicos, além de promover a competição, fomentar a pesquisa e desenvolvimento, garantir os direitos dos usuários e prestadoras e democratizar o acesso à banda larga.

De acordo com o Art. 1º da Lei 9.998/00 o Fust tem por finalidade proporcionar recursos destinados a cobrir a parcela de custo exclusivamente atribuível ao cumprimento das obrigações de universalização de serviços de telecomunicações, que não possa ser recuperada com a exploração eficiente do serviço, nos termos do disposto no inciso II do art. 81 da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997 [12][27].

Portanto, de acordo com disposto na Lei nº 9.998/00 os recursos do Fust só podem ser aplicados nas redes das concessionárias do Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC), as únicas prestadoras que têm com obrigações de universalização e continuidade [27].

Diante da restrição legal de aplicação dos recursos do Fust na universalização do acesso aos serviços de banda larga e dos fatores restritivos para a democratização do acesso à banda larga no Brasil, propõe-se alterar a Lei nº 9.998/00 para permitir o uso dos recursos do Fust na construção de uma rede de transporte de alta velocidade (*backbone*) com capacidade de implementar a interconexão da RMAA ao mundo *Internet*, conforme ilustra a figura 3.9.



Fonte: Digital Cities and Open MANs: A New Communications Paradigm [8]

Figura 3.9 – Núcleo de rede de alta velocidade

Em suma, propõe-se a alteração do Art. 5º Lei nº 9.998/00, visando prever os mecanismos de democratização da banda larga pública, da seguinte forma [27]:

“Os recursos do Fust serão aplicados em programas, projetos e atividades que estejam em consonância com plano geral de metas para universalização de serviço de telecomunicações e com a **democratização do acesso à banda larga** ou suas ampliações que contemplarão, entre outros, os seguintes objetivos:

VII – implantação de rede de transporte de alta velocidade destinada ao acesso público, inclusive *Internet*, em condições favorecidas, aos municípios brasileiros detentores de redes metropolitanas de acesso aberto”

A construção de uma rede de transporte de alta velocidade para prover a interconexão da RMAA ao mundo *Internet* é fator preponderante para democratizar o acesso à banda larga, promover a inclusão digital dos cidadãos e reduzir as desigualdades sociais Brasil.

Capítulo 4

Simulação das faixas de frequências reservadas para a construção de uma Infovia Municipal democrática

Diante da expansão do número de prestadoras SCM, da expansão de redes de acesso sem fio baseadas nos padrões IEEE 802.11 (*Wi-Fi*) e da inexistência de regras que protegem os usuários contra interferências, a simulação das faixas de frequências de 700 MHz, 2.400 MHz e 3.500 MHz é fundamental para comprovar as propostas defendidas nesta dissertação de mestrado, principalmente as relacionadas às reservas dessas faixas, a título não oneroso e em caráter primário, exclusivamente para acesso aos serviços banda larga nos municípios brasileiros que adotam a Infovia Municipal como meio de inclusão digital.

Os principais objetivos das simulações são:

- comprovar o aumento da relação sinal/ruído (*Signal-to-Noise Ratio* – SNR) e do nível de interferência (*Carrier-to-Interference Ratio* – CIR) quando da presença de mais de uma prestadora de serviços de telecomunicações operando na faixa de frequências 2.400 MHz~2.483,5 MHz; e
- garantir a reserva das faixas de frequências de 700 MHz e 3,5 GHz, visto que não há regulamentação específica que proteja os usuários contra interferências provenientes de sistemas que operam em caráter primário, nem de interferências provenientes de sistemas que operam em caráter secundário, incluindo os sistemas que utilizam equipamentos de radiação restrita.

Nas simulações das faixas de frequências de 700 MHz, 2.400 MHz e 3.500 MHz foram adotadas as seguintes premissas:

- a. definição do município de Pedreira/SP, como base de análise, nas simulações das faixas de frequências propostas;
- b. definição de polígonos urbanos para delimitar as áreas de cobertura urbana e rural do município de Pedreira/SP a serem simuladas;
- c. executar a simulação na faixa de frequência de 2.400 MHz para demonstrar a inviabilidade de oferta de serviços banda larga com a qualidade requerida pelos cidadãos devido ao aumento de prestadores de serviço que utilizam o padrão IEEE 802.11;
- d. executar simulação na faixa de frequências de 3.500 MHz, na área urbana, utilizando-se o padrão IEEE 802.16e-2005; e
- e. executar simulação na faixa de frequência de 700 MHz, na área rural, utilizando-se o padrão LTE (*Long Term Evolution*).

As simulações serão executadas utilizando o *software* CelPlanner desenvolvido pela empresa CelPlan que permite executar estudos de predição de cobertura, relação sinal/ruído e interferência sobre conjuntos de estações rádio bases. Maiores informações sobre o *software* CelPlanner podem ser encontradas no Anexo A.

4.1 Simulação da rede de acesso sem fio baseada no padrão IEEE 802.11 na Infovia Municipal de Pedreira

O modelo de simulação empregado neste tópico é constituído de uma rede de acesso sem fio baseada no padrão IEEE 802.11, que utiliza a faixa de frequências de 2.400 MHz.

A simulação foi executada em uma parte do município de Pedreira/SP, num polígono urbano de 1 Km², conforme mostra a figura 4.1.



Figura 4.1 – Área de cobertura simulada

O modelo de propagação utilizado na simulação é o COST 231-Hata conforme mostra a figura 4.2.

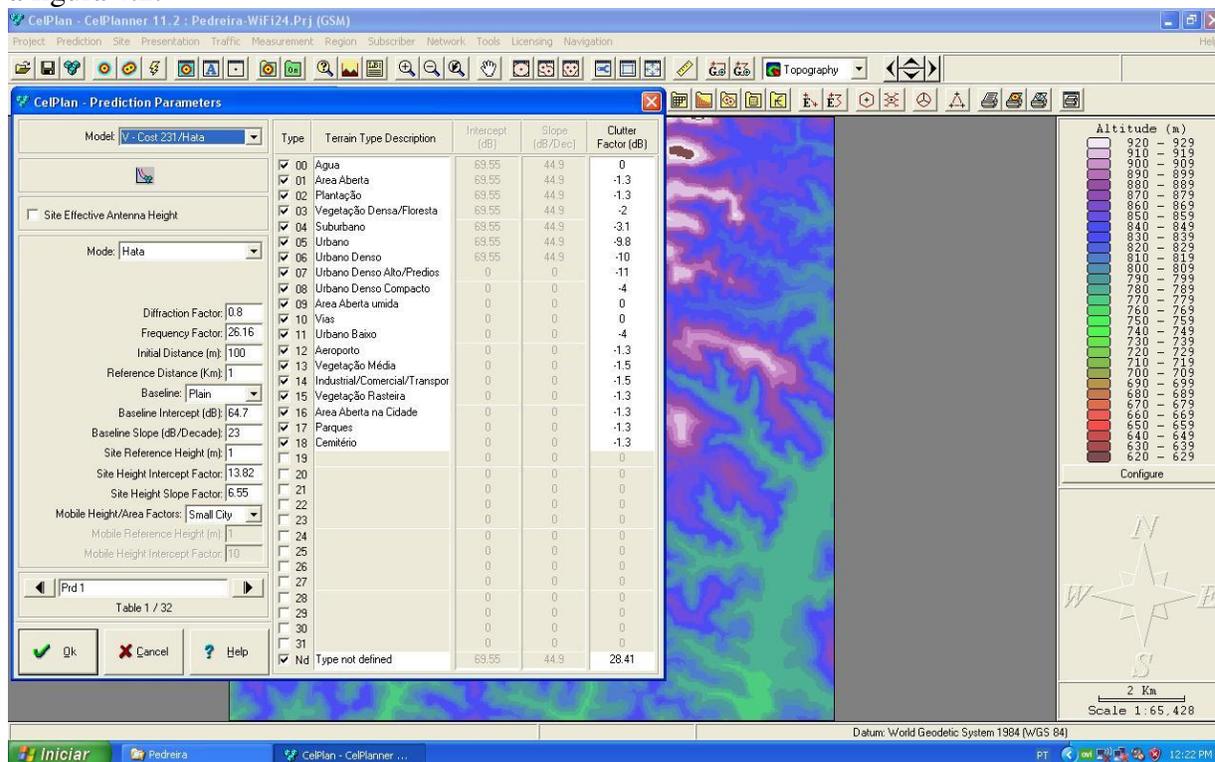


Figura 4.2 – Modelo COST 231-Hata

O modelo de propagação COST 231-Hata, para a faixa de operação de 2 GHz, é formulado pela expressão (1).

$$L50(\text{urban}) = 46,3 + 33,9 \log f_c - 13,82 \log h_{te} - a(h_{re}) + [44,9 - 6,55 \log h_{te}] \log d + C_m \quad (1)$$

Para áreas suburbanas e rurais, deve-se aplicar o fator de correção para altura da antena de acordo com a expressão (2).

$$a(h_{re}) = (1,1 \log f_c - 0,7) h_{re} - (1,56 \log f_c - 0,8) \quad (2)$$

$$C_m = \begin{cases} 0 \text{ dB para cidades pequenas, médias e áreas suburbanas} \\ 3 \text{ dB para áreas metropolitanas} \end{cases}$$

Onde:

- L = perda de percurso em dB;
- f_c = frequência de transmissão em MHz;
- h_{te} = altura efetiva da antena da Estação Rádio Base (ERB) em metros;
- d = distância do enlace em metros;
- h_{re} = altura efetiva da antena da Estação Móvel (EM) em metros; e
- $a(h_{re})$ = fator de correção para altura da antena da EM dado em função do tamanho da área de cobertura.

A tabela 4.1 apresenta a especificação dos parâmetros utilizados no modelo de simulação para rede de acesso sem fio baseado no padrão IEEE 802.11.

Tabela 4.1 – Especificação dos parâmetros de configuração

Padrão	802.11g (WiFi)
Faixa de frequência	2,4 GHz
Largura de banda do canal	10 MHz
Modo de operação	FDD
Canal físico	OFDM
Modulação	64 QAM (3/4)
Taxa de transmissão	54 Mbits/s
Número de canais (NFFT)	64
Potência de transmissão da ERB	0,4 W
Altura da antena	12 metros
Tilt mecânico da antena	15°
Ganho da antena	12,4 dBi
Número de setores	3 (0°, 120° e 240°)
Perda de implementação	5 dB
Perda de cabos e conectores	2,75 dB

Nas redes 802.11g estão disponíveis 11 canais de transmissão (originalmente são 14, mas três deles não podem ser usados devido à questão da regulamentação adotada no Brasil), que englobam as frequências de 2,412 GHz (canal 1) a 2,462 GHz (canal 11), com intervalos de 5 MHz entre eles, conforme mostra a tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Especificação dos parâmetros de configuração

Canal	Frequência nominal [GHz]
1	2,412
2	2,417
3	2,422
4	2,427
5	2,432
6	2,437
7	2,442
8	2,447
9	2,452
10	2,457
11	2,462

Visando minimizar a interferências na rede 802.11g simulada adotou-se o planejamento de canais mostrado na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Planejamento de canais 802.11g

ERB	Canal Setor A	Canal Setor B	Canal Setor C
1	1	7	2
2	5	11	6
3	3	9	4
4	8	10	2

4.1.1 Distribuição das ERBs na Infovia Municipal de Pedreira

A distribuição das Estações Rádio Base (ERBs) no município de Pedreira levou em consideração a topografia e a morfologia do terreno com base em carta catográfica digitalizada com resolução de 45 metros.

O projeto teve como premissas básicas um raio de cobertura médio de 500 metros para cada ERB instalada dentro do polígono urbano de interesse e um nível de recepção mínimo ($R_{x_{min}}$) de -85 dBm. Partindo dessas premissas, o número de ERBs necessário para ofertar 100% de cobertura foi obtido por intermédio de seguidas simulações. As simulações resultaram no número de 4 ERBs distribuídas de acordo com a figura 4.3.

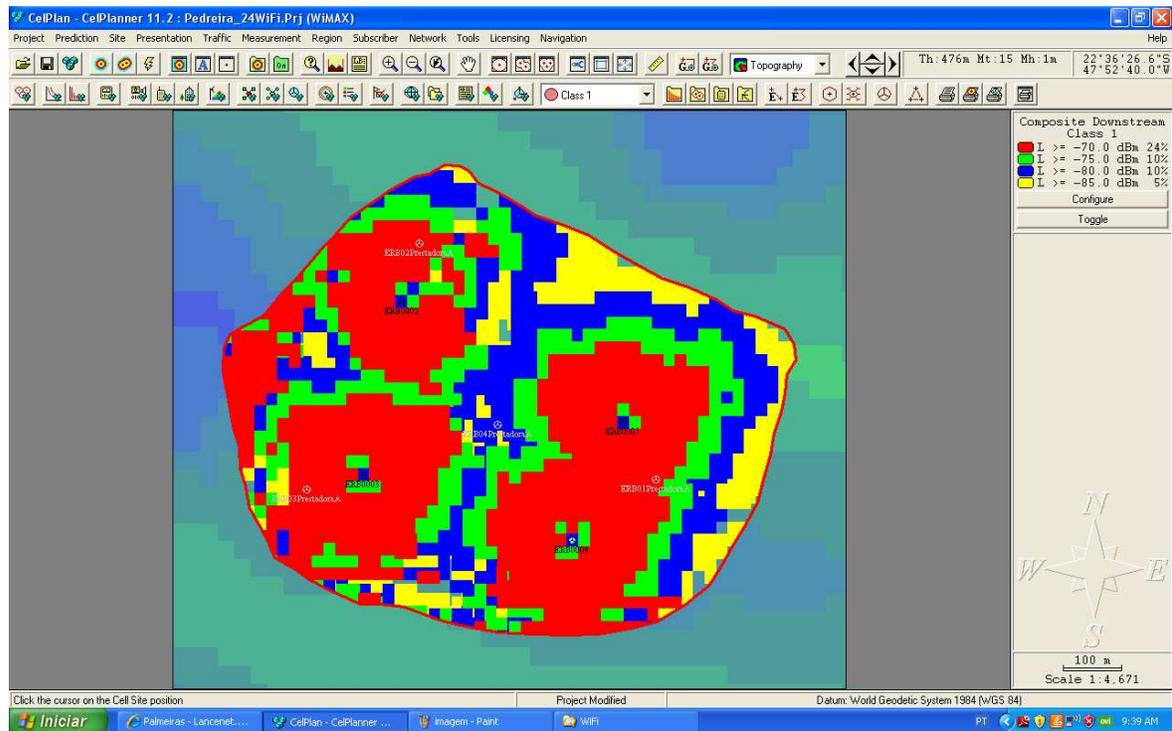


Figura 4.3 – Número de ERBs simulado

4.1.2 Resultados das simulações para um único provedor de serviço IEEE 802.11g na Infovia Municipal de Pedreira

Após a definição do número de ERBs necessário para ofertar 100% de cobertura foram realizadas simulações para definir o desempenho da rede IEEE 802.11g na faixa de frequência não licenciada de 2,4 GHz, para um único provedor de serviço na Infovia Municipal, com ausência regulamentar de coordenação do uso de radiofrequências dada pela operação em caráter secundário.

4.1.2.1 Simulação da área de cobertura

O primeiro resultado obtido pela simulação foi o percentual de cobertura dentro do polígono urbano de interesse para o nível de recepção mínimo ($R_{x\min}$) de -85 dBm, conforme mostra a figura 4.4.

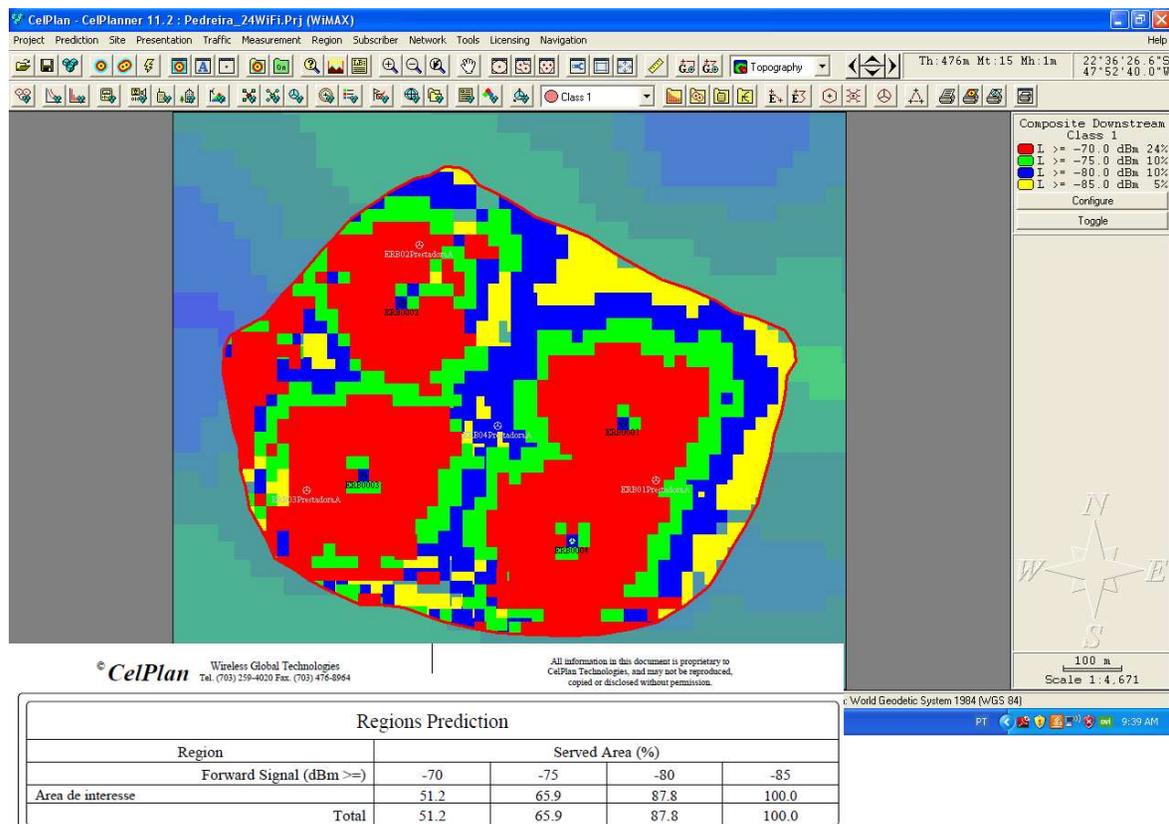


Figura 4.4 – Área de cobertura para $R_{x\min}$ de -85 dBm

De acordo com a simulação, apresentada na figura 4.4, o nível de recepção mínimo ($R_{x\min}$) de -85 dBm está presente em toda a área de cobertura definida pelo polígono urbano de interesse.

4.1.2.2 Simulação da relação SNR na rede IEEE 802.11g

A simulação da relação SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) é fundamental para determinar o nível de qualidade do serviço prestado aos usuários quando da presença de mais do que uma prestadora de serviços de telecomunicações operando na faixa não licenciada de 2,4 GHz.

A estratégia utilizada para simular a relação SNR na rede IEEE 802.11g previu a criação de 3 (três) usuários localizados em pontos geográficos pré-definidos do polígono urbano de interesse, conforme mostra a tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Localização dos usuários

Usuário	Latitude	Longitude
1	22°44'50.99"S	46°54'5.55"O
2	22°45'4.54"S	46°54'10.04"O
3	22°44'54.96"S	46°53'50.88"O

Após a localização dos usuários no polígono urbano de interesse foi executada a simulação da relação SNR e do nível de interferência CIR (*Carrier-to-Interference Ratio*) encontrado na rede IEEE 802.11g, tendo como base o planejamento de frequências proposto na tabela 4.3.

Posteriormente, foi calculada a capacidade máxima do canal de comunicação IEEE 802.11g com base no Teorema de *Shannon*, o qual leva em consideração a existência de ruído, impondo um limite para a máxima taxa de transmissão admitida no canal de comunicação. De

acordo com *Shannon*, a capacidade máxima de um canal de comunicação é dada pela expressão (3).

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ [bits/s]} \quad (3)$$

Onde:

- C = capacidade do canal dada em bits/s;
- B = largura de banda em Hz;
- S = potência do sinal (*Signal*); e
- N = potência do ruído (*Noise*).

Normalmente, a razão entre a relação SNR é expressa em decibéis (dB). Para extrair o valor adimensional usado na teoria de *Shannon* deve-se realizar a conversão de acordo com a expressão (4).

$$\text{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right) \quad (4)$$

4.1.2.3 Simulação da relação SNR na rede IEEE 802.11g para um único provedor de serviço em Pedreira

O resultado da simulação da relação SNR presente no enlace direto (*downstream*) da rede IEEE 802.11g, supondo um único provedor de serviços SCM no município de Pedreira, apresentou um nível satisfatório com baixos índices de ruído, conforme mostra a figura 4.5.

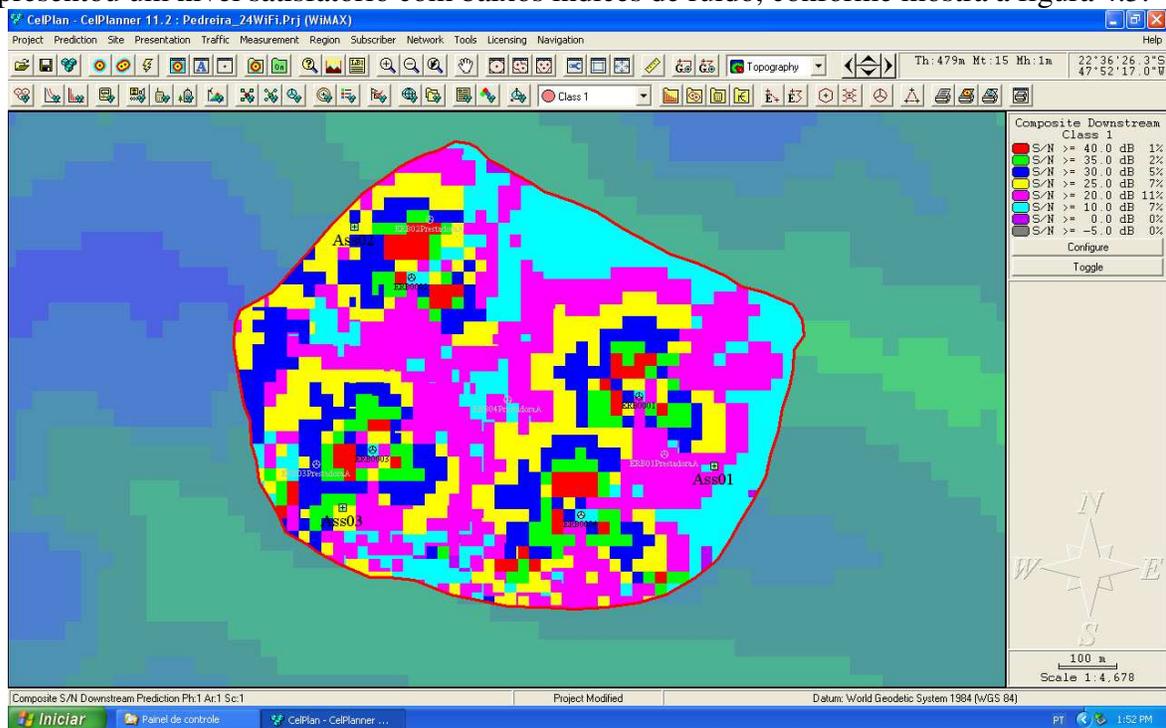


Figura 4.5 – Simulação da relação SNR no enlace direto

Os resultados da relação SNR simulados nos três pontos de medidas, relacionados aos 3 usuários, encontram-se na tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Relação SNR nos pontos de medida

Usuário	ERB	Setor	<i>Downstream</i> [dBm]	<i>Upstream</i> [dBm]	<i>Downstream</i> [SNR dB]	<i>Upstream</i> [SNR dB]
1	ERB0004	1	-77,7	-68,6	20,3	12,6
	ERB0001	2	-80,3	-72,4	19,1	9,9
	ERB0004	2	-82,6	-74,7	13	-4,2
	ERB0001	3	-88,7	-80,8	8,4	4
2	ERB0002	3	-68	-60,1	29,6	23,9
	ERB0002	1	-71,4	-62,3	24,4	25
	ERB0002	2	-100,3	-92,4	-14,1	-10,5
	ERB0004	3	-108,7	-100,8	-8,8	-25,7
3	ERB0003	3	-49,1	-41,2	27,1	43,1
	ERB0003	2	-56,2	-48,3	12,9	23,8
	ERB0003	1	-85,7	-76,6	-11,3	4,8
	ERB0004	1	-89,3	-80,2	-20,3	1

Analisando-se a tabela 4.5 conclui-se que as ERBs 0004, 0002 e 003 provêm cobertura para os usuários 1, 2 e 3, respectivamente. Portanto, a capacidade máxima do canal de comunicação dos enlaces direto e reverso, definida pelo Teorema de *Shannon*, é dada pelos resultados apresentados na tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Capacidade máxima do canal de comunicação

ERB	Setor	Largura do canal [MHz]	<i>Downstream</i> [SNR dB]	Capacidade do canal <i>downstream</i> [Mbits/s]	<i>Upstream</i> [SNR dB]	Capacidade do canal <i>upstream</i> [Mbits/s]
ERB0004	1	10	20,3	44,13	12,6	37,66
ERB0002	3		29,6	49,35	23,9	46,38
ERB0003	3		27,1	48,12	43,1	54,63

4.1.2.4 Simulação do nível de interferência na rede IEEE 802.11g para um único provedor de serviço em Pedreira

O resultado da simulação do nível de interferência (*Carrier-to-Interference Ratio* – CIR) presente no enlace direto (*downstream*) da rede IEEE 802.11g, supondo um único provedor de serviços de telecomunicações no município de Pedreira, apresentou baixos índices de interferência entre canais, conforme mostra a figura 4.6.

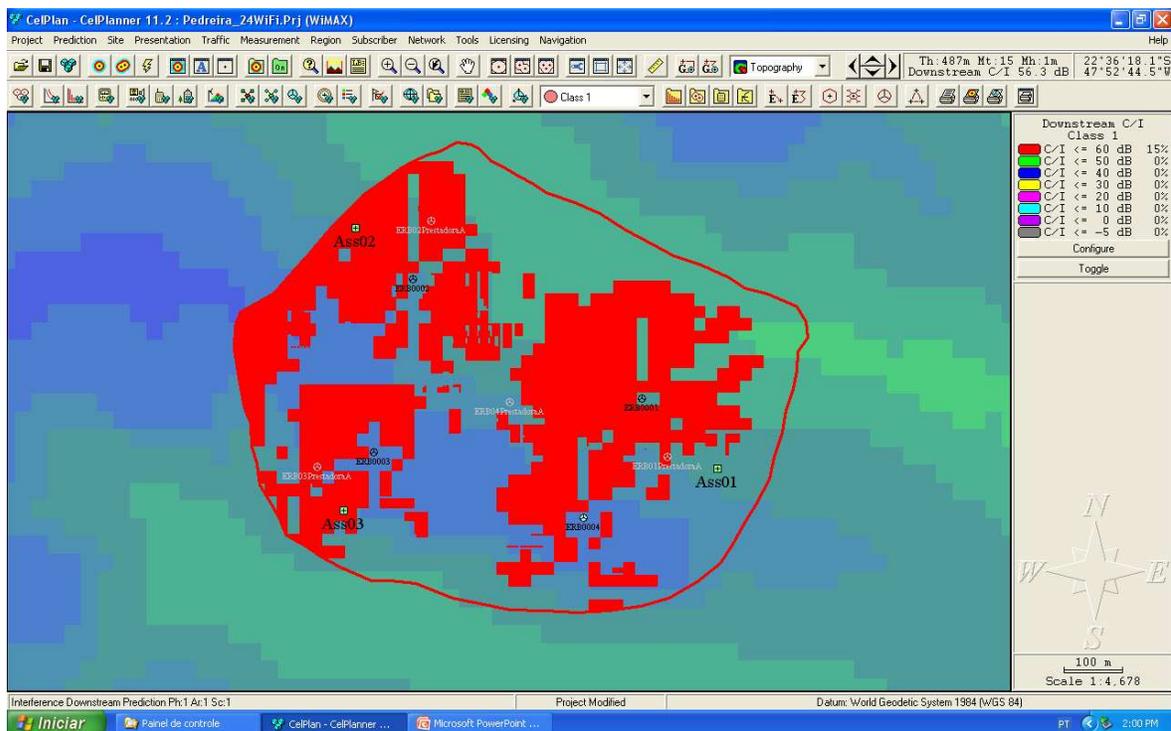


Figura 4.6 – Simulação do nível de interferência no enlace direto

O nível de interferência presente no enlace reverso (*upstream*) da rede IEEE 802.11g, supondo um único provedor de serviços de telecomunicações no município de Pedreira, também apresentou baixos índices de interferência CIR entre canais, conforme mostra a figura 4.7.

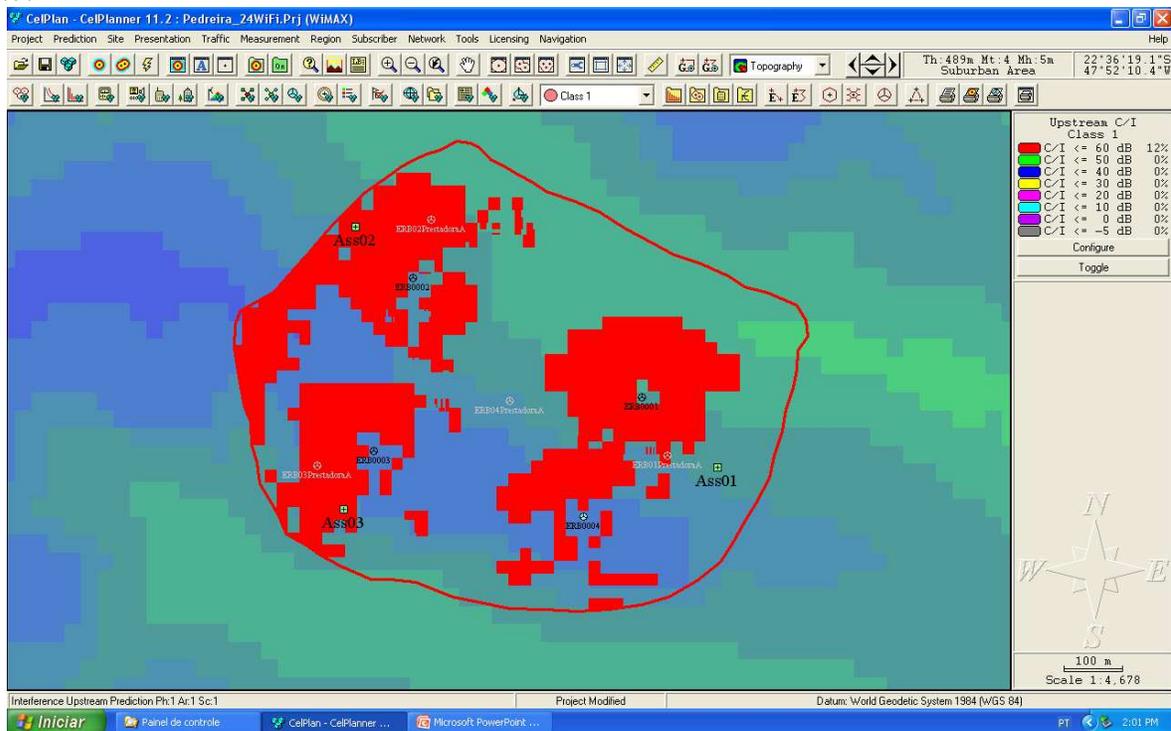


Figura 4.7 – Simulação do nível de interferência no enlace reverso

4.1.3 Resultados das simulações para dois provedores de serviço IEEE 802.11g na Infovia Municipal de Pedreira

A presença de dois ou mais provedores de serviços de telecomunicações, que utilizam a tecnologia de acesso sem fio IEEE 802.11g, nos municípios brasileiros tem sido comum, devido ao alto número de prestadoras requisitantes de autorização na Anatel [33], conforme comprovou os dados apresentados nas figuras 3.1 e 3.2.

Visando comprovar o impacto do crescimento de provedores nas redes de acesso sem fio IEEE 802.11g foram executadas simulações para aferir os níveis de relação SNR e interferência CIR na Infovia Municipal de Pedreira prevendo a instalação de 4 (quatro) novas ERBs da Prestadora B, conforme mostra a figura 4.8.

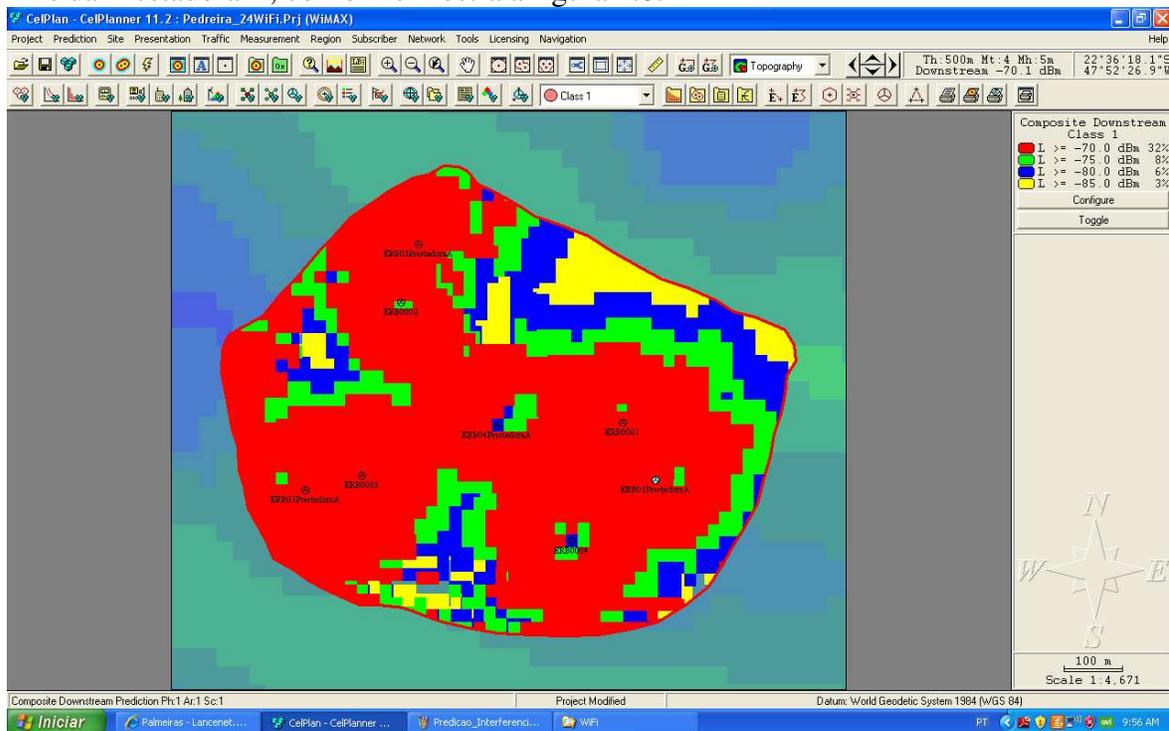


Figura 4.8 – Simulação com a Prestadora B

4.1.3.1 Simulação da relação SNR na rede IEEE 802.11g para dois provedores de serviço 802.11 em Pedreira

O resultado da simulação da relação SNR presente no enlace direto (*downstream*) da rede IEEE 802.11g, supondo dois provedores de serviços de telecomunicações no município de Pedreira, apresentou um aumento do nível de ruído no enlace direto (*downstream*), verificado na figura 4.5, conforme mostra a figura 4.9.

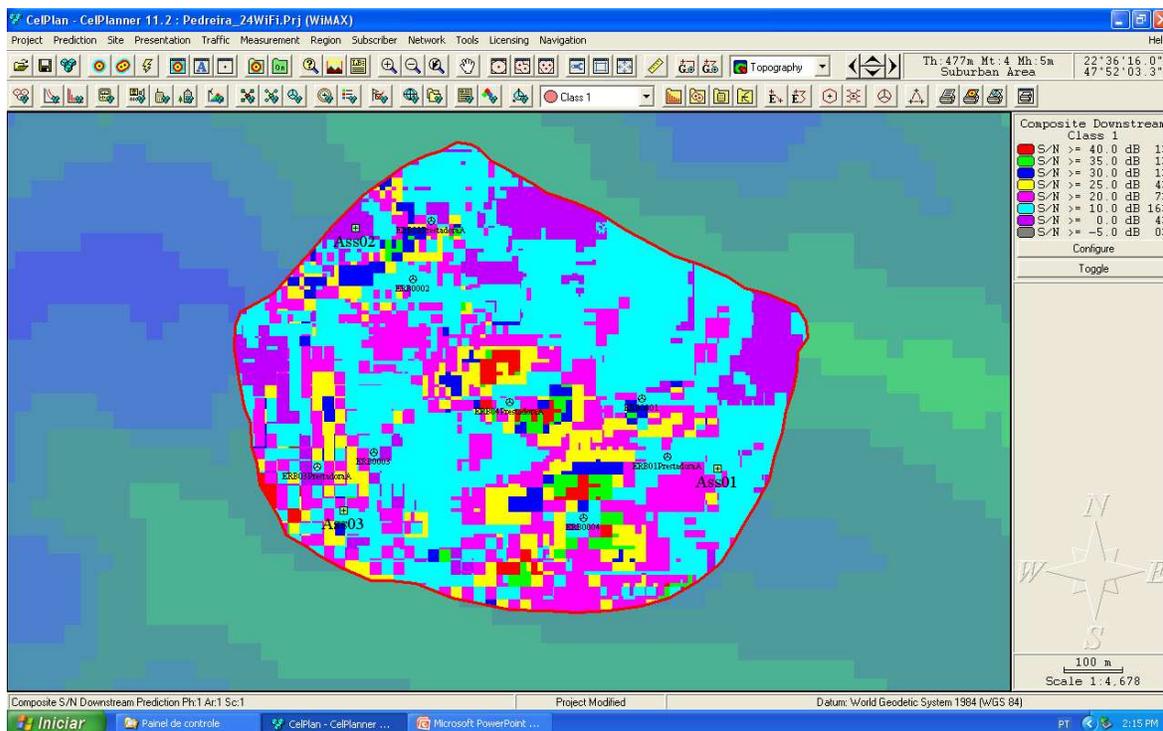


Figura 4.9 – Simulação da relação SNR no enlace direto

Comparando-se o resultado das simulações da rede IEEE 802.11g para 1 e 2 provedores de serviço em Pedreira, obteve-se a constatação do aumento do nível de ruído SNR para 2 provedores no enlace direto, conforme mostra a tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Comparação da relação SNR para 1 e 2 provedores de rede IEEE 802.11g no enlace direto

Nível SNR [dB]	% SNR Downstream	
	1 provedor	2 provedores
40	1%	1%
35	2%	1%
30	5%	1%
25	7%	4%
20	11%	7%
10	7%	16%
0	0%	4%
-5	0%	0%

Adicionalmente, os resultados da relação SNR simulados nos três pontos de medidas, relacionados aos 3 usuários, mostram a redução na capacidade do canal de comunicação, conforme mostra a tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Relação SNR nos pontos de medida

Usuário	ERB	Setor	Downstream [dBm]	Upstream [dBm]	Downstream [SNR dB]	Upstream [SNR dB]
1	ERB01PrestadoraB	2	-62,1	-54,2	18,1	19,5
	ERB0004	1	-77,7	-68,6	18,3	6,9
	ERB01PrestadoraB	1	-78,9	-69,8	3,1	-3,2
	ERB0001	2	-80,3	-72,4	-18,2	-2,4
2	ERB0002	3	-68	-60,1	6,3	15,8
	ERB0002	1	-71,4	-62,3	3	1,9
	ERB02PrestadoraB	3	-74,3	-66,4	-6,3	2,8
	ERB02PrestadoraB	1	-74,4	-65,3	-3	4,1
3	ERB03PrestadoraB	2	-44,1	-36,2	11,9	34,2
	ERB0003	3	-49,1	-41,2	9,5	14,3
	ERB0003	2	-56,2	-48,3	-12,1	9,7
	ERB03PrestadoraB	3	-60,2	-52,3	-11,2	10

Analisando-se a tabela 4.8 conclui-se que as ERB01PrestadoraB, ERB02PrestadoraB e ERB03PrestadoraB tem influência direta sobre os usuários 1, 2 e 3, respectivamente, aumentando o nível de ruído e interferência percebidos pelos usuários da rede de acesso sem fio IEEE 802.11g.

Conseqüentemente, a capacidade máxima do canal de comunicação dos enlaces direto e reverso, de acordo com o Teorema de *Shannon*, é inferior à apresentada na tabela 4.6, conforme mostra os resultados apresentados na tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Capacidade máxima do canal de comunicação

ERB	Setor	Largura do canal [MHz]	Downstream [SNR dB]	Capacidade do canal downstream [Mbits/s]	Upstream [SNR dB]	Capacidade do canal upstream [Mbits/s]
ERB0004	1	10	18,3	42,71	6,9	29,82
ERB0002	3		6,3	28,68	15,8	40,70
ERB0003	3		9,5	33,92	14,3	39,35

4.1.3.2 Simulação do nível de interferência na rede IEEE 802.11g para dois provedores de serviço em Pedreira

O resultado da simulação do nível de interferência presente no enlace direto (*downstream*) da rede IEEE 802.11g, supondo dois provedores de serviços de telecomunicações no município de Pedreira, apresentou altos índices de interferência CIR entre canais, conforme mostra a figura 4.10.

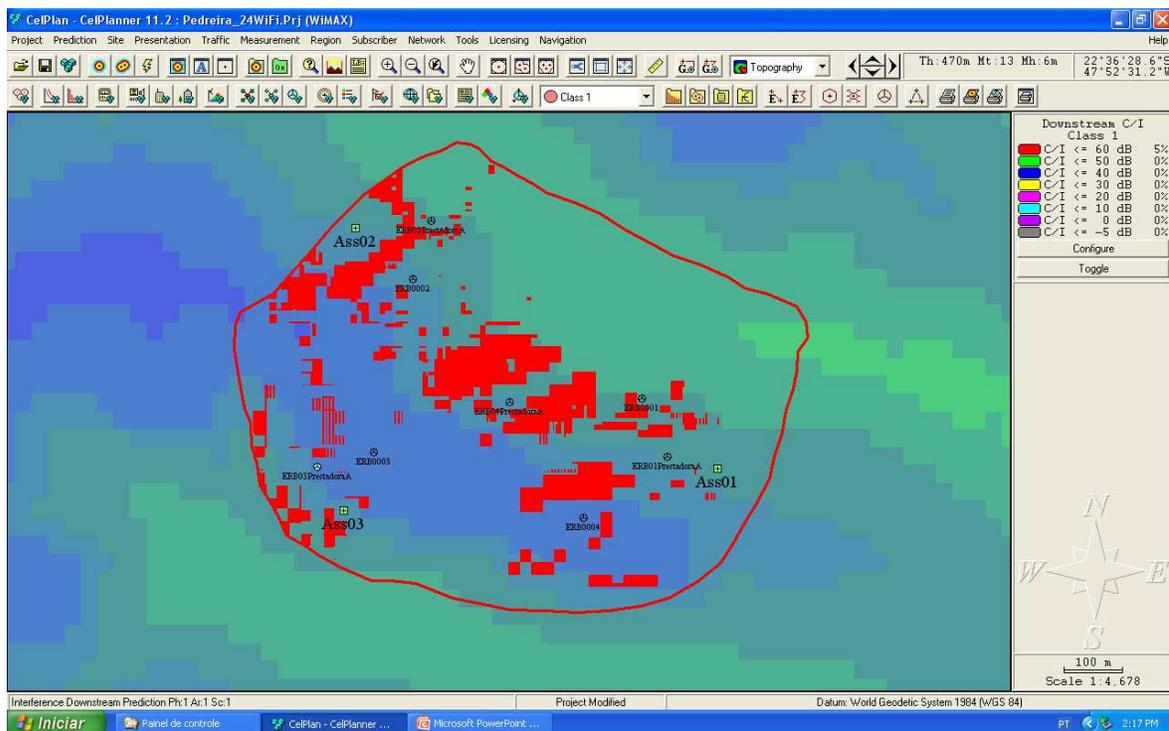


Figura 4.10 – Simulação do nível de interferência no enlace direto

Comparando-se o resultado das simulações da rede IEEE 802.11g para 1 e 2 provedores de serviço em Pedreira, obteve-se a constatação do aumento do nível de interferência CIR no enlace direto (*downstream*) para 2 provedores, conforme mostra a tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Comparação da relação CIR para 1 e 2 provedores de rede IEEE 802.11g no enlace direto

Nível CIR [dB]	% CIR Downstream	
	1 provedor	2 provedores
60	15%	5%
50	0%	0%
40	0%	0%
30	0%	2%
20	0%	0%
10	0%	0%
0	0%	0%
-5	0%	0%

O nível de interferência presente no enlace reverso (*upstream*) da rede IEEE 802.11g, supondo dois provedores de serviços de telecomunicações no município de Pedreira, também apresentou aumento dos índices de interferência CIR entre canais, conforme mostra a figura 4.11.

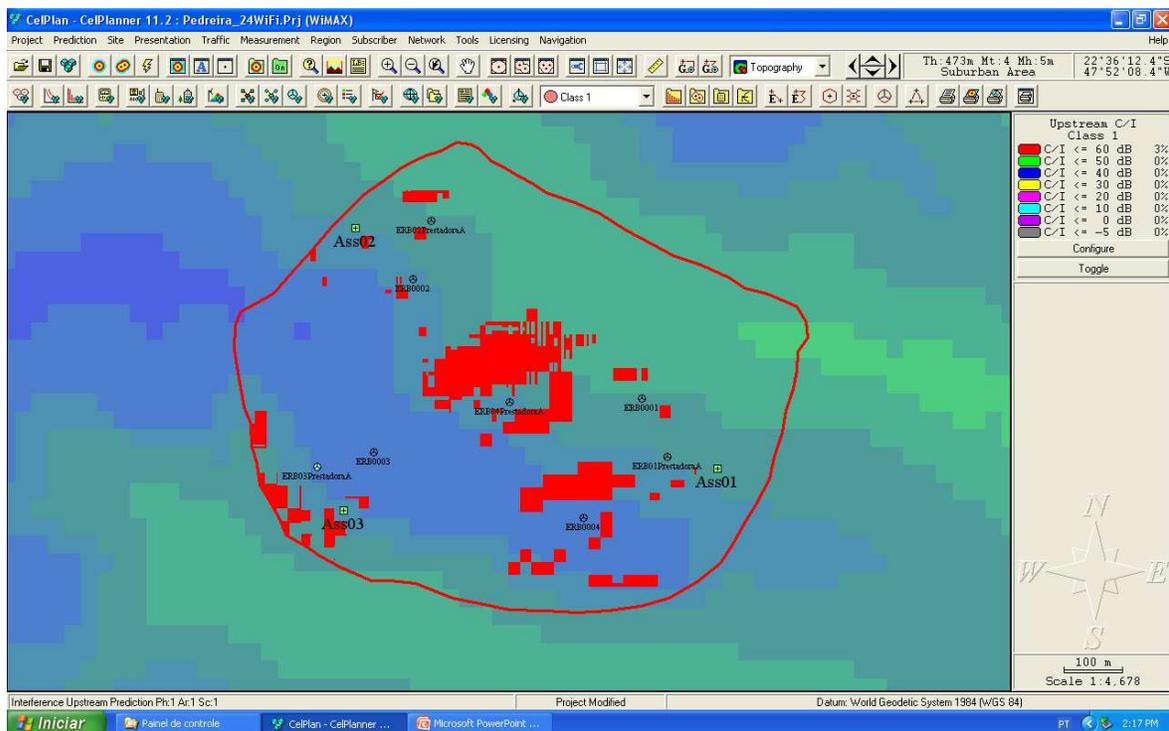


Figura 4.11 – Simulação do nível de interferência no enlace reverso

Comparando-se o resultado das simulações da rede IEEE 802.11g para 1 e 2 provedores de serviço em Pedreira, obteve-se a constatação do aumento do nível de interferência CIR no enlace reverso (*upstream*) para 2 provedores, conforme mostra a tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Comparação da relação CIR para 1 e 2 provedores de rede IEEE 802.11g no enlace reverso

Nível CIR [dB]	% CIR Upstream	
	1 provedor	2 provedores
60	12%	3%
50	0%	0%
40	0%	0%
30	0%	0%
20	0%	0%
10	0%	0%
0	0%	0%
-5	0%	0%

4.2 Simulação para rede de acesso sem fio baseada no padrão IEEE 802.16 na Infovia Municipal de Pedreira

Os resultados das simulações para a presença de um número de provedores de acesso sem fio no padrão IEEE 802.16 maior do que 1 (um) comprovaram a diminuição dos níveis de relação SNR e o aumento da interferência CIR entre canais. Os resultados obtidos pelas

simulações também comprovam a influência dos níveis SNR e CIR na qualidade dos serviços prestados aos usuários da Infovia Municipal de Pedreira.

Visando aumentar a relação SNR e reduzir o nível de interferência CIR está sendo proposta a adoção do padrão IEEE 802.16 (WiMAX) na rede de acesso sem fio, em caráter primário, com utilização exclusiva de parte da faixa de 3,5 GHz para aplicações associadas à Infovia Municipal.

O modelo de simulação empregado neste projeto é constituído de uma rede de acesso sem fio baseada no padrão IEEE 802.16e-2005, operando na faixa de frequências de 3,5 GHz.

A simulação foi executada utilizando-se o programa CelPlanner da empresa CelPlan, no mesmo polígono urbano de 1 Km² utilizado nas simulações da rede de acesso sem fio 802.11g. O modelo de propagação utilizado na simulação também foi o COST 231-Hata.

A tabela 4.12 apresenta a especificação dos parâmetros utilizados no modelo de simulação para rede de acesso sem fio baseado no padrão IEEE 802.16e-2005.

Tabela 4.12 – Especificação dos parâmetros de configuração

Padrão	802.16e-2005 (WiMAX)
Faixa de frequência	3,5 GHz
Largura de banda do canal	10 MHz
Modo de operação	FDD
Canal físico	OFDMA
Modulação	64 QAM (5/6)
Taxa de transmissão	37 Mbits/s
Número de canais (NFFT)	1024
Potência de transmissão da ERB	1,2 W
Altura da antena	20 m (ERB 01 / ERB02 / ERB 04 / ERB 05) e 12 m (ERB 03)
Tilt mecânico da antena	5°
Ganho da antena	13,9 dBi
Número de setores	3 (0°, 120° e 240°)
Perda de implementação	5 dB
Perda de cabos e conectores	2,75 dB

4.2.1 Redução da área de cobertura na faixa de frequências de 3,5 GHz

Mantidas as mesmas características do sistema irradiante (posição das ERBs, altura de antena, tilt mecânico e perda de cabos) e nível de recepção mínimo ($R_{x\min}$) de -85 dBm foi executada simulação com o objetivo de avaliar às condições de propagação das ondas eletromagnéticas em altas frequências, pela simples substituição da rede IEEE 802.11g, operando em 2,5 GHz, pela IEEE 802.16e-2005, operando em 3,5 GHz.

O resultado da simulação comprovou a redução da área de cobertura, de 100% para 63,2%, conforme mostra a figura 4.12.

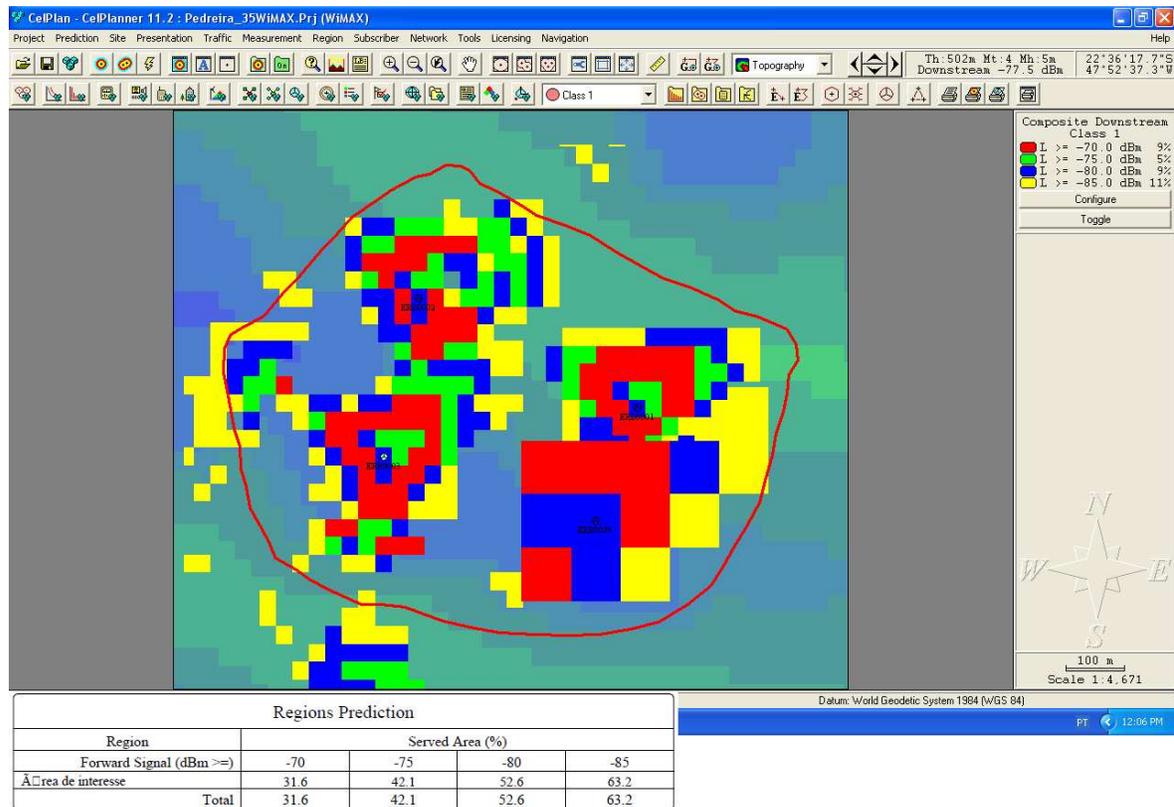


Figura 4.12 – Redução da área de cobertura

Portanto, a manutenção do percentual de 100% de cobertura da área de interesse poderá ser alcançada com o reposicionamento e aumento do número de Estações Rádio Base (ERBs).

4.2.2 Simulação da área de cobertura

A distribuição das Estações Rádio Base (ERBs) no município de Pedreira levou em consideração a topografia e a morfologia do terreno com base em carta catográfica digitalizada com resolução de 45 metros.

O projeto teve como premissas básicas um raio de cobertura médio de 500 metros para cada ERB instalada dentro do polígono urbano de interesse e um nível de recepção mínimo (R_{xmin}) de -85 dBm. Partindo dessas premissas, o número de ERBs necessário para ofertar 100% de cobertura foi obtido por intermédio de seguidas simulações. As simulações resultaram no número de 5 ERBs distribuídas de acordo com a figura 4.13.

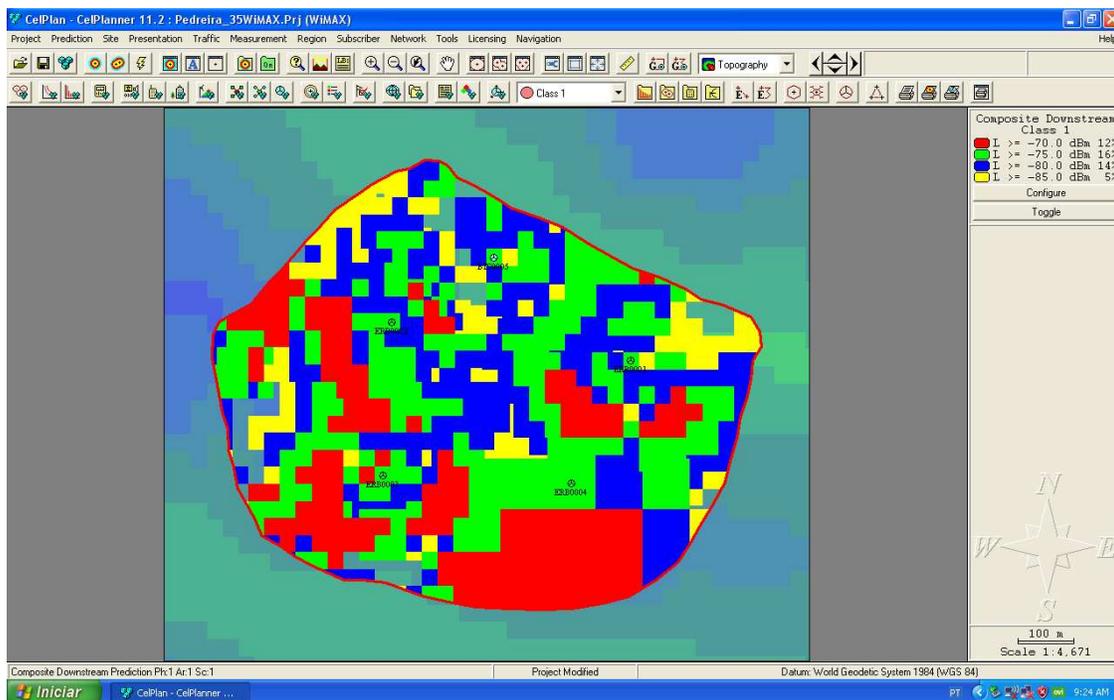


Figura 4.13 – Área de cobertura para $R_{x\min}$ de -85 dBm

Após a definição do número de ERBs necessário para ofertar 100% de cobertura foram realizadas simulações para definir o desempenho da rede IEEE 802.16e-2005 na faixa de frequência licenciada de 3,5 GHz, para um único provedor de serviço na Infovia Municipal, com coordenação do uso de radiofrequências dada pela operação em caráter primário.

4.2.3 Simulação da relação SNR na rede IEEE 802.16e-2005 para um único provedor de serviço em Pedreira

O resultado da simulação da relação SNR presente no enlace direto (*downstream*) da rede IEEE 802.16e-2005, supondo um único provedor de serviços de telecomunicações no município de Pedreira, apresentou um nível satisfatório com baixos índices de ruído, conforme mostra a figura 4.14.

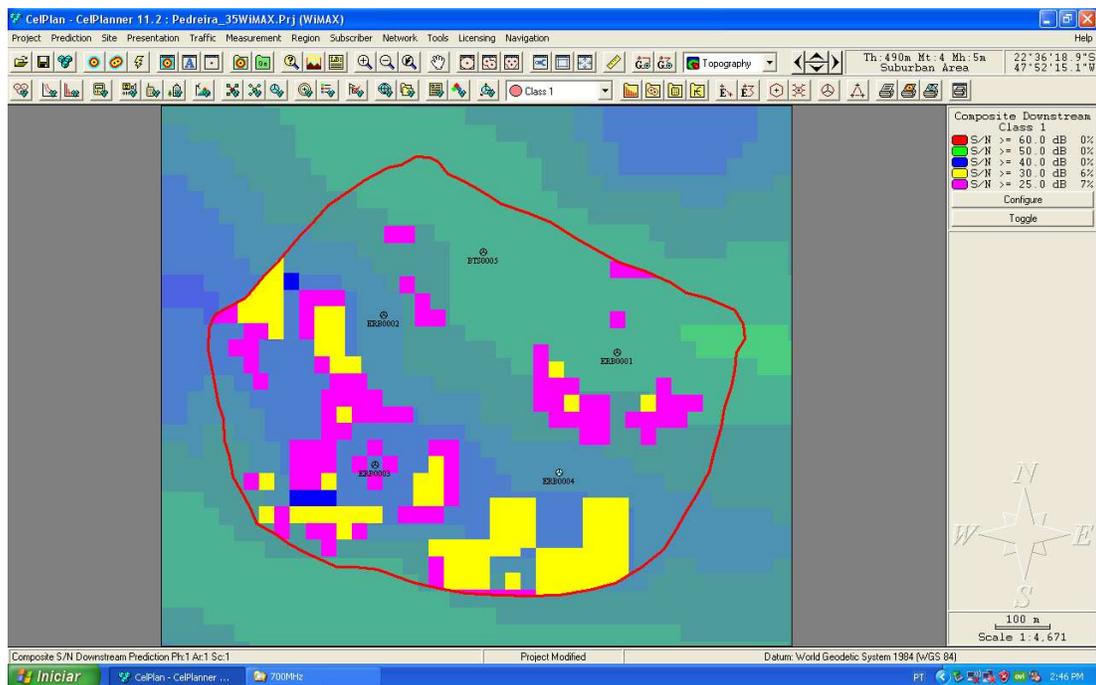


Figura 4.14 – Simulação da relação SNR no enlace direto

Os resultados da relação SNR simulada mostrou um baixo nível de ruído, 6% para $SNR \geq 30$ dB e 7% para $SNR \geq 25$ dB.

4.2.4 Simulação do nível de interferência na rede IEEE 802.16e-2005 para um único provedor de serviço em Pedreira

O resultado da simulação do nível de interferência presente no enlace direto (*downstream*) da rede IEEE 802.16e-2005, supondo um único provedor de serviços de telecomunicações no município de Pedreira, apresentou baixos índices de interferência CIR entre canais, da ordem de 1% para valores entre 17 e 25 dB, conforme mostra a figura 4.15.

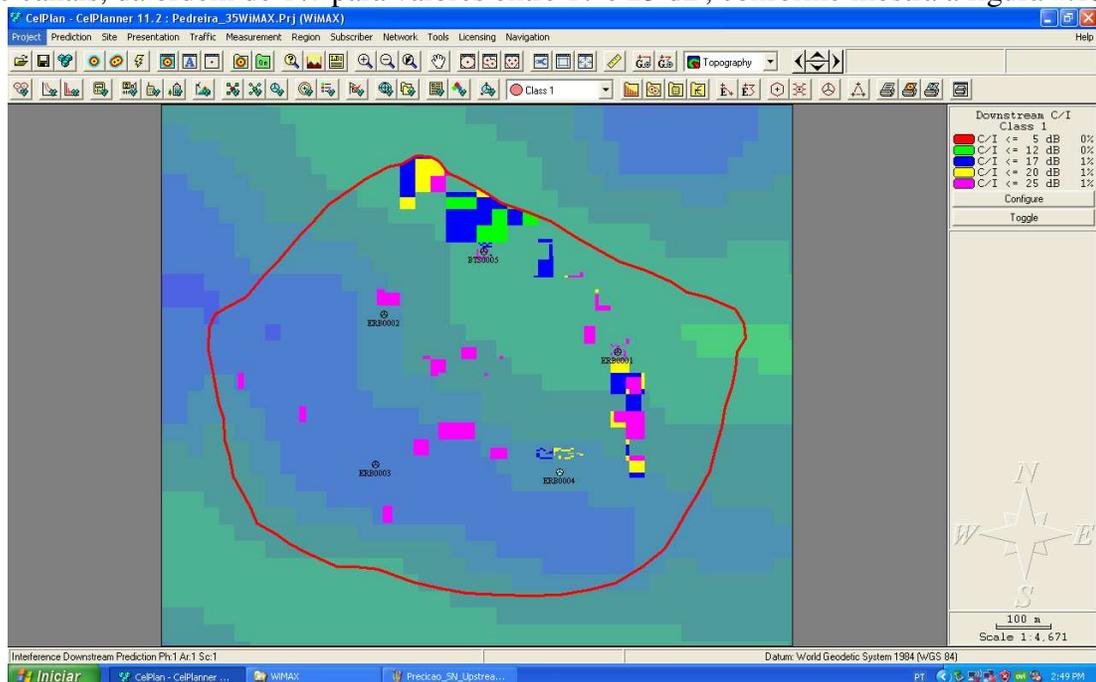


Figura 4.15 – Simulação do nível de interferência no enlace direto

O nível de interferência presente no enlace reverso (*upstream*) da rede IEEE 802.16e-2005, supondo um único provedor de serviços de telecomunicações no município de Pedreira, apresentou índice CIR entre canais de 0%, conforme mostra a figura 4.16.

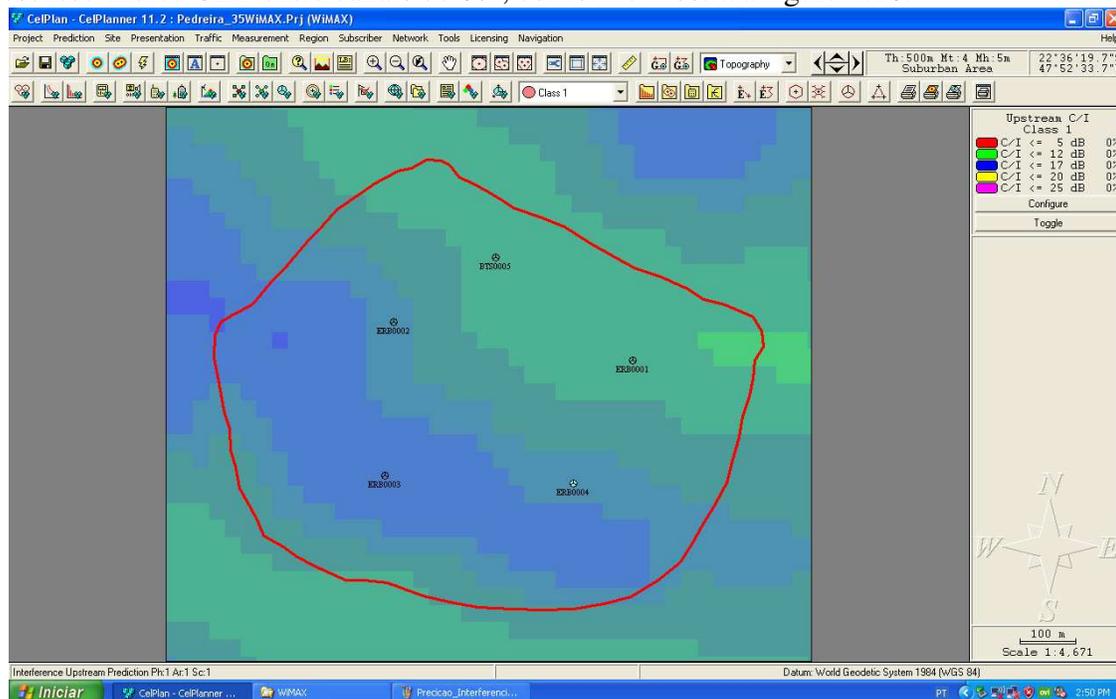


Figura 4.16 – Simulação do nível de interferência no enlace reverso

Portanto, com as altas relações SNR e os baixos índices de interferência CIR encontrados nas simulações da faixa de frequências de 3,5 GHz será possível obter a capacidade máxima do canal de comunicação dos enlaces direto e reverso ofertada pelo padrão IEEE 802.16e-2005.

4.3 Cobertura rural e suburbana na Inforvia Municipal de Pedreira/SP

O atendimento de áreas rurais e suburbanas com baixo custo de implantação (*Capital Expenditure – CAPEX*) e manutenção (*OPERational Expenditure – OPEX*) exige a adoção de tecnologias sem fio que operam em baixas frequências devido as excelentes propriedades de propagação das ondas eletromagnéticas.

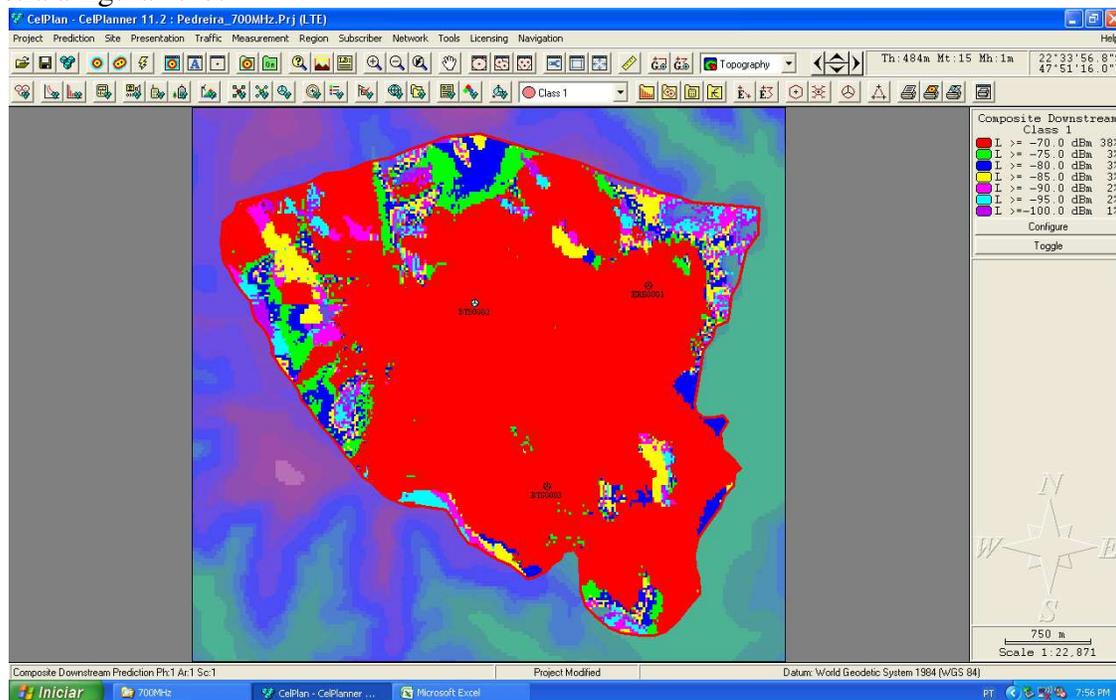
As propriedades de propagação das ondas eletromagnéticas em baixas frequências permitem prover áreas de cobertura maiores com um número menor de Estações Rádio Base (ERBs). Neste sentido, está sendo proposta a adoção da faixa de frequências de 700 MHz para atender as áreas rurais e suburbanas da Inforvia Municipal. Atualmente a faixa de 700 MHz é utilizada pelas Emissoras Abertas de TVs analógicas e que serão devolvidas para a União em 2016.

A cobertura rural e suburbana na Inforvia Municipal de Pedreira foi simulada supondo uma rede de acesso sem fio baseada no padrão LTE (*Long Term Evolution*), operando na faixa de frequências de 700 MHz, com as características mostradas na tabela 4.13.

Tabela 4.13 – Especificação dos parâmetros de configuração

Padrão	LTE
Faixa de frequência	700 MHz
Largura de banda do canal	5 MHz
Modo de operação	FDD
Canal físico	OFDMA
Modulação	64 QAM (1/3)
Taxa de transmissão	100 Mbits/s
Número de canais (NFFT)	512
Potência de transmissão da ERB	40 W
Altura da antena	45 metros
Tilt mecânico da antena	10°
Ganho da antena	13,9 dBi
Número de setores	3 (0°, 120° e 240°)
Perda de implementação	5 dB
Perda de cabos e conectores	10 dB

A simulação foi executada em uma parte do município de Pedreira/SP, utilizando-se o programa CelPlanner da empresa CelPlan, num polígono urbano de 13,4 Km² conforme mostra a figura 4.17.

**Figura 4.17 – Área de cobertura simulada**

4.3.1 Simulação da relação SNR na rede LTE para um único provedor de serviço em Pedreira

O resultado da simulação da relação SNR presente no enlace direto (*downstream*) da rede LTE, supondo um único provedor de serviços de telecomunicações no município de Pedreira, apresentou um nível satisfatório com baixos índices de ruído, conforme mostra a figura 4.18.

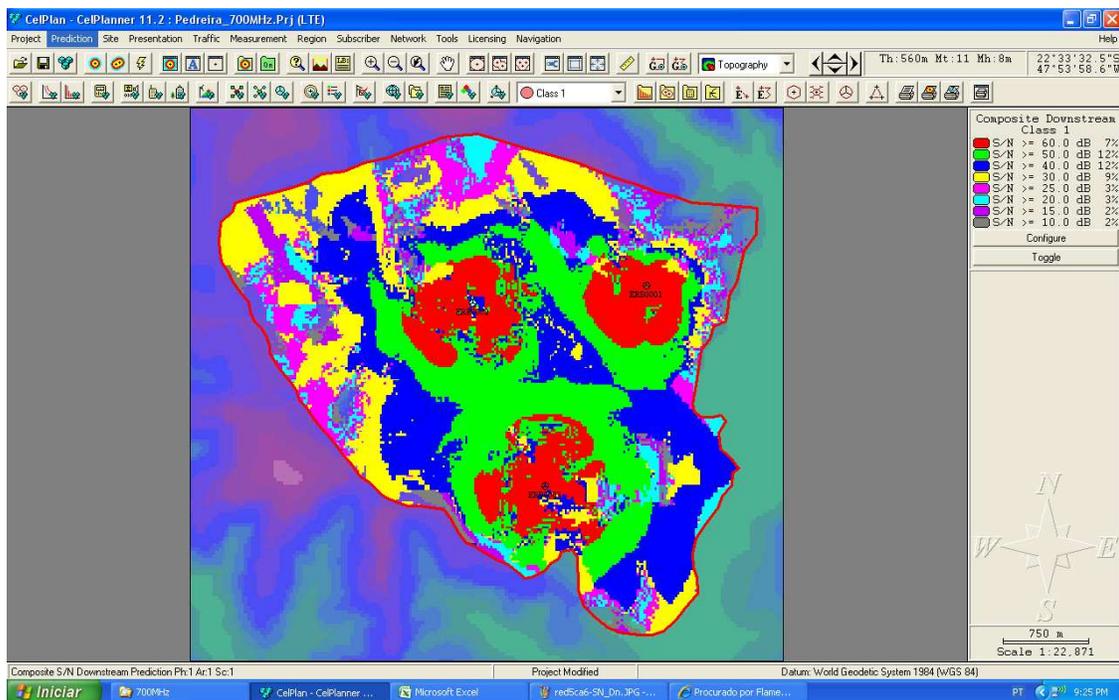


Figura 4.18 – Simulação da relação SNR no enlace direto

Os resultados da relação SNR simulada mostrou um baixo nível de ruído, 3% para $SNR \geq 25$ dB, 3% para $SNR \geq 20$ dB, 2% para $SNR \geq 15$ dB e 2% para $SNR \geq 10$ dB.

4.3.2 Simulação do nível de interferência na rede LTE para um único provedor de serviço em Pedreira

O resultado da simulação do nível de interferência presente no enlace direto (*downstream*) da rede LTE, supondo um único provedor de serviços de telecomunicações no município de Pedreira, apresentou índice CIR entre canais de 0%, conforme mostra a figura 4.19.

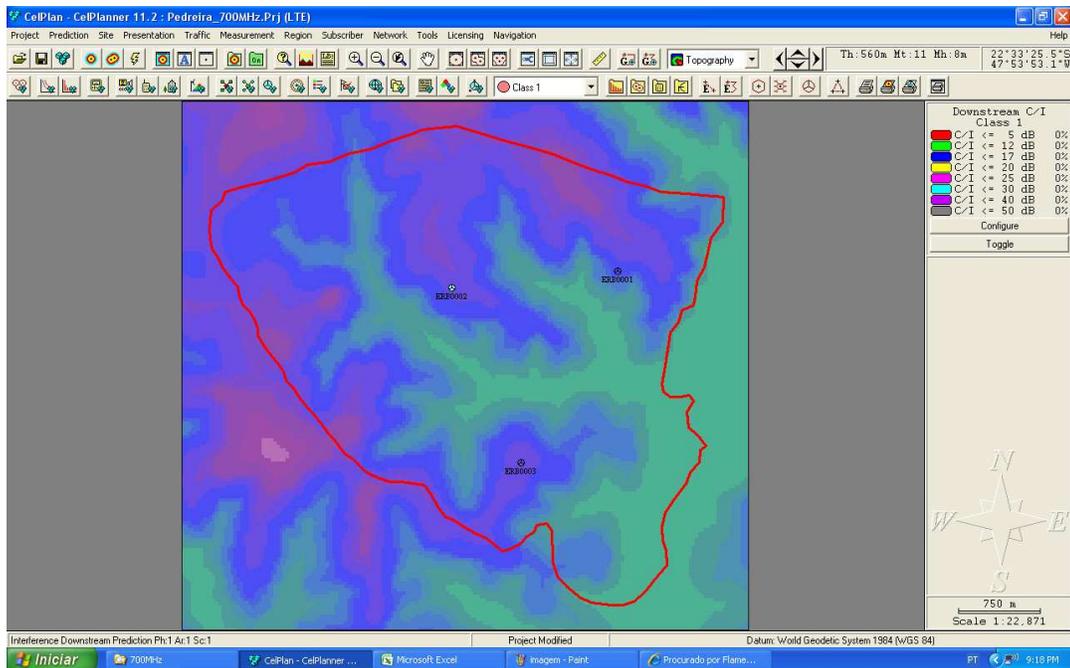


Figura 4.19 – Simulação do nível de interferência no enlace direto

O nível de interferência presente no enlace reverso (*upstream*) da rede LTE, supondo um único provedor de serviços de telecomunicações no município de Pedreira, apresentou índice CIR entre canais de 0%, conforme mostra a figura 4.20.

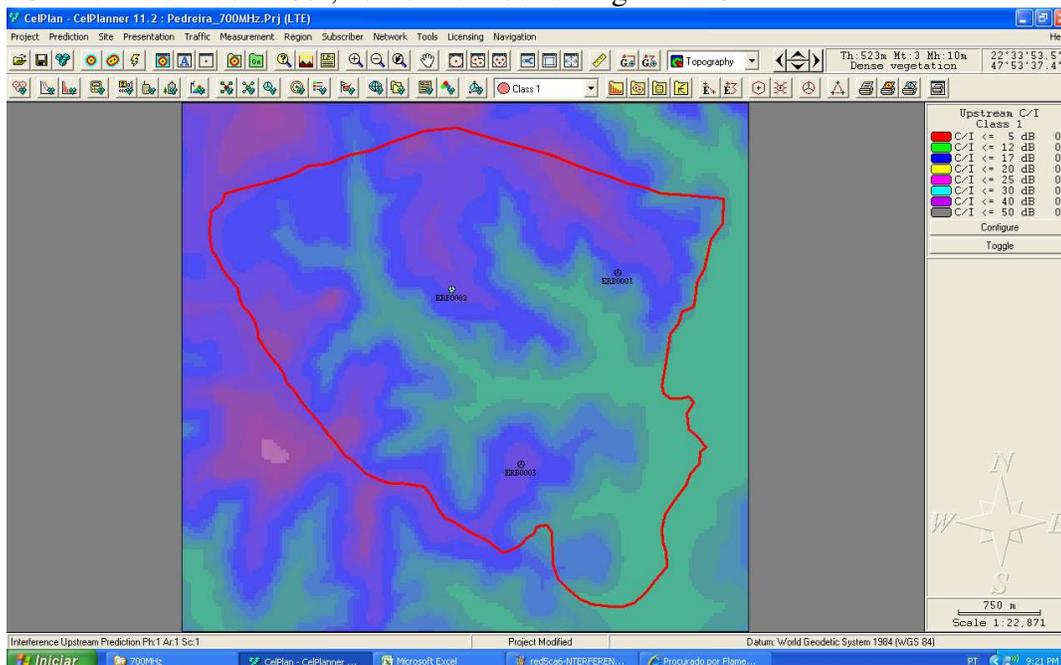


Figura 4.20 – Simulação do nível de interferência no enlace reverso

Portanto, com as altas relações SNR e os baixos índices de interferência CIR encontrados nas simulações da faixa de frequências de 700 MHz será possível obter a capacidade máxima do canal de comunicação dos enlaces direto e reverso ofertada pelo padrão LTE.

Capítulo 5

Conclusão

O modelo regulatório vigente, caracterizado pela universalização dos serviços públicos de telecomunicações, tem afastado os cidadãos brasileiros do acesso aos serviços de banda larga devido ao alto custo dos serviços ofertados pelas prestadoras de telecomunicações.

Estudos identificaram outros fatores restritivos, além do alto custo do serviço banda larga, tais como o acesso aos computadores de uso pessoal (*Personal Computer* - PCs) e a *Internet* nos domicílios, a renda média da população, o nível de escolaridade e os motivos alegados para não utilizar a *Internet* no Brasil [1]. A somatória desses fatores restringem o acesso ao serviço banda larga nos municípios brasileiros.

Por outro lado, o cenário regulatório vigente relacionado à inclusão digital dos cidadãos é formado, basicamente, pelo Programa Nacional de Banda Larga – PNBL [9] e Plano Geral de Atualização da Regulamentação das Telecomunicações no Brasil – PGR [32], caracterizando a ausência de uma Política Pública de Estado voltada à democratização do acesso à banda larga nos municípios.

Diante do cenário regulatório vigente e da inexistência de uma Política Pública de Estado, este trabalho propõe a democratização do acesso à banda larga nos municípios pela construção da Infovia Municipal visando promover a inclusão digital e social dos cidadãos.

O modelo proposto para a construção da Infovia Municipal é de Rede Metropolitana de Acesso Aberto - RMAA (*Open Access Metropolitan Area Network – Open MAN*). Visando reduzir os altos custos de implantação da última milha e aumentar a capilaridade do acesso aos serviços oferecidos pela Infovia Municipal propõe-se a construção de uma rede de acesso sem fio (*wireless*) nos padrões IEEE802.11 b/g.

No entanto, de acordo com os dados da Anatel o número de prestadoras de serviço de telecomunicações que utilizam os IEEE802.11 b/g, na faixa de frequências de 2.400 MHz~2.483,5 MHz, vem crescendo vertiginosamente nos últimos anos [33].

As simulações executadas na faixa de frequências de 2.400 MHz~2.483,5 MHz mostraram um aumento na relação sinal/ruído (*Signal-to-Noise Ratio – SNR*) e no nível de interferência (*Carrier-to-Interference Ratio – CIR*) quando da presença de mais de uma prestadora de serviços de telecomunicações operando nessa faixa, reduzindo o nível de qualidade do serviço prestado aos munícipes.

Complementarmente, a inexistência de regulamentação específica para proteger os usuários da Infovia Municipal contra interferências provenientes de sistemas que operam em caráter primário, nem de interferências provenientes de sistemas que operam em caráter secundário, incluindo os sistemas que utilizam equipamentos de radiação restrita, submete este trabalho a propor a reserva das faixas de frequências de 700 MHz, 3,5 GHz e 4,8 GHz.

Diante do exposto, os tópicos defendidos nesta dissertação propõem a necessidade da adoção de medidas regulatórias capazes de viabilizar a reserva de frequências no espectro radioelétrico brasileiro para a construção de uma Infovia Municipal democrática e universal.

A construção da Infovia Municipal é uma poderosa ferramenta de democratização do acesso aos serviços banda larga, a qual permitirá fomentar a inclusão social e digital dos munícipes [7].

A democratização do acesso à banda larga resultará no aumento do Produto Interno Bruto – PIB fomentando o crescimento econômico, como forma de melhoria da qualidade de vida da população, e promovendo a inclusão digital e social dos cidadãos com baixo poder aquisitivo e sem acesso às tecnologias de informação e comunicação (TICs) [1].

Referências Bibliográficas

- [1] Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação no Brasil. Comitê Gestor da Internet no Brasil – CGI.br, 2011. p. 27-29, 32, 74, 151-152, 160, 176, 444. Disponível em: <http://www.cetic.br/publicacoes>.
- [2] Mobile Broadband for the Masses: Regulatory Levers to Make it Happen. McKinsey, 2009. p. 4. Disponível em: http://www.mckinsey.com/client_service/telecommunications/latest_thinking/~/_media/77F2B3632BD64B49B84467D2E43C50A3.ashx.
- [3] Plano Geral de Metas para a Universalização do Serviço Telefônico Fixo Comutado Prestado no Regime Público – PGMU, aprovado pelo Decreto nº 7.512, de 30 de junho de 2011. p. 1-2. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [4] Visão de Longo Prazo da Economia. Funtel. Projeto Sistema Brasileiro de TV Digital. Modelo de Implantação. Fundação CPqD, 2004. p. 12-18. Disponível em: <http://www.itvproducoesinterativas.com.br/portal> – Biblioteca. Acesso realizado em 11 de fevereiro de 2013.
- [5] Alternativas de Políticas Públicas para Banda Larga. Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica da Câmara dos Deputados, 2009. p. 28, 188, 261, 243-245. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/2784>. Acesso realizado em 3 de agosto de 2012.
- [6] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acesso realizado em: 3 de agosto de 2012.
- [7] MENDES Leonardo. Infovia Municipal - Colocando as Comunicações para Impulsionar o Desenvolvimento Comunitário. Em: Espaço Funcamp de Políticas Públicas. (Org.). O Espaço Funcamp de Políticas Públicas: Exemplo de Interação Universidade-Sociedade. 1ª ed. Campinas: Ipes Editorial, 2004. ISBN: 8598189065. p. 77-94. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=000312324>.
- [8] MENDES Leonardo; BOTTOLI Maurício; BREDA Gean. Digital Cities and Open MANs: A New Communications Paradigm. IEEE. LATINCOM 2009, Bogotá, Colombia, September 2009. p. 1-3.
- [9] Plano Nacional de Banda Larga: O Brasil em Alta Velocidade. Ministério das Comunicações, 2009. p. 9-20, 58. Disponível em: <http://www.governoeletronico.gov.br/anexos/plano-nacional-de-banda-larga/download>.
- [10] Constituição da República Federativa do Brasil. Texto consolidado até a Emenda Constitucional nº 57, de 18 de dezembro de 2008. p. 15-16, 44, 52, 100. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm.
- [11] VIANNA, Gaspar. Privatização das Telecomunicações. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Notrya, 1993. ISBN: 9788585622060. p. 271-274.
- [12] Lei Geral de Telecomunicações – LGT. Lei nº 9.472/97, de 16 de julho de 1997. p. 1-4, 12-19, 22-27. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Leis.
- [13] Diretrizes Gerais para a Abertura do Mercado de Telecomunicações. Sumário Executivo do Ministério das Comunicações. Impresso em abril de 1997. p. 17. Disponível em: <http://telecomunicacoes.ifhc.org.br/acervo/index.php?module=xml&event=download&id=64>.

- [14] Regulamento dos Serviços de Telecomunicações, aprovado pela Resolução nº 73, de 25 de novembro de 1998. p. 5-6. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [15] Regulamento do Serviço Telefônico Fixo Comutado – STFC, aprovado pela Resolução nº 426, de 9 de dezembro de 2005. p. 3. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [16] Regulamento do Serviço Móvel Pessoal – SMP, aprovado pela Resolução nº 477, de 7 de agosto de 2007. p. 6. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [17] Regulamento do Serviço de Comunicação Multimídia – SCM, aprovado pela Resolução nº 272, de 9 de agosto de 2001. p. 2. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [18] Lei do Cabo. Lei nº 8.977, de 6 de janeiro de 1995. p. 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8977.htm.
- [19] Decreto nº 2.197, de 8 de abril de 1997, que aprova o Regulamento de Serviço Limitado – SLP. Norma nº 13/97. p. 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2197.htm.
- [20] Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. p.1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm.
- [21] Regulamento de Bens Reversíveis – RBR, aprovado pela Resolução 447, de 19 de outubro de 2006. p. 2. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [22] Novo Dicionário Eletrônico Aurélio. v. 7.0, 2011. Palavra encontrada por consulta interativa.
- [23] DI PIETRO, Maria Sylvia Z. Direito Regulatório: Temas Polêmicos. 2ª Ed. Belo Horizonte: Forum, 2009. ISBN: 9788589148513. p. 19-47.
- [24] Secretaria de Direito Econômico do Ministério da Justiça – SDE. Disponível em: <http://www.mj.gov.br/sde>. Acesso realizado em 7 de fevereiro de 2013.
- [25] Lei nº 12.529, de 30 de novembro de 2011. Lei de Defesa da Concorrência. p. 1-2, 24. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12529.htm.
- [26] GOMES, Carlos Jacques; MATTOS Miguel. Módulo Defesa da Concorrência em Telecomunicações. Curso de Formação para candidatos ao cargo de Especialista em Regulação de Serviços Públicos de Telecomunicações na Anatel. Cespe. Universidade de Brasília – UnB, junho de 2005. p. 50-51, 62-68.
- [27] Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações – Fust. Instituído pela Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000. p. 1-2. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9998.htm.
- [28] Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD. Statistics Portal. Disponível em: <http://www.oecd.org/statistics>. Acesso realizado em 17 de agosto de 2012.
- [29] ITU World Telecommunications. ICT Statistics Home Page. Disponível em: <http://www.itu.int/en/ITU-D/statistics/Pages/Default.aspx>. Acesso realizado em 17 de agosto de 2012.
- [30] ALEXIOU, A.; BOURAS, C.; PAPAGIANNPOULOS, J. and PRIMPAS, D. Metropolitan Broadband Networks: Design and Implementation Aspects, and Business Models. In I. Bose (Ed.). Breakthrough Perspectives in Network and Data Communications Security. Design and Applications, 2009. p. 286-301.

- [31] GANUZA, J. J.; VIECENS, M. F. Deployment of high-speed broadband infrastructures during the economic crisis: the case of Xarxa Oberta, *Telecommunications Policy*, v. 35, n. 9-10, 2011. p. 857-870.
- [32] Plano Geral de Atualização da Regulamentação das Telecomunicações no Brasil – PGR, aprovado pela Resolução Anatel nº 516, de 30 de outubro de 2008. p. 5-7. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [33] Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br>. Acesso realizado em 13 de setembro de 2012.
- [34] Regulamento sobre Gestão da Qualidade do Serviço Móvel Pessoal – RGQ-SMP, aprovado pela Resolução nº 575, de 28 de outubro de 2011. p. 2. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [35] Portal Teleco. Disponível em: http://www.teleco.com.br/scm_prest.asp. Acesso realizado em 18 de fevereiro de 2013.
- [36] Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita, aprovado pela Resolução nº 506, de 1º de julho de 2008. p. 2, 24-26. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [37] Regulamento sobre Condições de Uso de Radiofrequências na Faixa de 2.400 MHz a 2.483,5 MHz por Equipamentos Utilizando Tecnologia de Espalhamento Espectral ou Tecnologia de Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequência, aprovado pela Resolução nº 397, 6 de abril de 2005. p. 4. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [38] Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil – PDF. Edição 2011, aprovada pelo Ato nº 2.282, de 15 de abril de 2011. p. 3, 42-52, 66, 90, 96. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Planos – de atribuição de faixas de frequências.
- [39] Regulamento de Cobrança de Preço Público pelo Direito de Exploração de Serviços de Telecomunicações e pelo Direito de Exploração de Satélite, aprovado pela Resolução nº 386, de 3 de novembro de 2004. p. 9. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [40] BREDA, G. D.; CAPUCIN, T. W.; MENDES, L. S.; ZARPELÃO, B. B. Applied architectures to Brazilian's Open Access MANs. *International Journal of Computer Science and Network Security*, v. 11, n. 9, September 2011. p. 29-34 .
- [41] QIANG, C. Z. W.; ROSSOTTO, C. M.; KIMURA, K. Economic Impacts of Broadband. Information and Communications for Development: Extending Reach and Increasing Impact, World Bank, 2009. p. 35-50.
- [42] GÓMEZ-BARROSO, J. L.; FEIJÓ, C. A conceptual framework for public-private interplay in the telecommunications sector. *Telecommunications Policy*, Elsevier - ScienceDirect, 2010, 34. p. 487-495.
- [43] BOURAS, C.; GKAMAS, A.; PAPAGIANNOPOULOS, J.; THEOPHILOPOULOS, G.; TSIATSOS, T. Broadband municipal optical networks in Greece: a suitable business model. *Telematics and Informatics*, Elsevier - ScienceDirect, 26(4), 2009. p. 391-409.
- [44] RAMOS, S.; ARCOS, M.; ARMUÑA, C. The role of public administrations in developing electronic communications infrastructures in Spain. *Info*, v. 11, n. 6, 2009. p. 69-81.

- [45] TADAYONI, R.; SIGURÐSSON, H. M. Development of alternative broadband infrastructures: case studies from Denmark. *Telematics and Informatics*, Elsevier - ScienceDirect, 24(4), 2007. p. 331-347.
- [46] HAWKINS, E. T. Creating a national strategy for Internet development in Chile. *Telecommunications Policy*, Elsevier - ScienceDirect, 29, 2005. p. 351-365.
- [47] GILLET, S. E.; LEHR, W. H.; OSORIO, C. Massachusetts Institute of Technology, One Amherst Street, E40-234, Cambridge, MA 02139-4307, USA: local government broadband initiatives. *Telecommunications Policy*, Elsevier - ScienceDirect, 28, 2004. p. 537-558.
- [48] FUENTES-BAUTISTA, M.; INAGAKI, N. Reconfiguring public Internet access in Austin, TX: Wi-Fi's promise and broadband divides. *Government Information Quarterly*, Elsevier - ScienceDirect, 23, 2006. p. 404-434.
- [49] REINWAND, C. C. Municipal broadband: the evolution of next generation wireless networks. EarthLink, Inc., EarthLink Municipal Networks, Pasadena, CA, 91107, USA. *IEEE Xplore*, 2007. p. 273-276.
- [50] HUDSON, H. E. Municipal wireless broadband: lessons from San Francisco and Silicon Valley. *Telecommunications Policy*, Elsevier - ScienceDirect, 27, 2010. p. 1-9. i2010. Challenges for Europe's Information Society beyond 2005: starting point for a new EU strategy (2004). Retrieved October 13, 2011. Disponível em: <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/04/1383>.
- [51] SADOWSKI, B. M.; NUCCIARELLI, A.; ROOIJ, M. Providing incentives for private investment in municipal broadband networks: evidence from the Netherlands. *Telecommunications Policy*, Elsevier - ScienceDirect, 33(10-11), 2009. p. 582-595.
- [52] SEDOYEKA, E.; HUNAITI, Z. Low cost broadband network model using WiMAX technology. *Government Information Quarterly*, Elsevier - ScienceDirect, 28, 2011. p. 400-408.
- [53] LIM Y.; KIM, T. S. Enabling systems for KT's residential Ethernet solutions. In ISSLS 2002, Seoul, Korea, April 2002.
- [54] LEE, Y-K; LEE, D. Broadband access in Korea: experience and future perspective. *IEEE Communications Magazine*, v. 41, n. 12, 2003. p. 30-36.
- [55] PICOT, A.; WERNICK, C. The role of government in broadband access. *Telecommunications Policy*, Elsevier - ScienceDirect, 31, 2007. p. 660-674. PMBOK 2000. Project Management Institute. A guide to the project management body of knowledge. PMI Standard, CD-room.
- [56] MATTOS, C.; COUTINHO, P. The Brazilian model of telecommunications reform. *Telecommunications Policy*, Elsevier - ScienceDirect, 29, 2005. p. 449-466.
- [57] INOCENCIO, A. C. G.; PANHAN, A. M.; TILLI, M.; MENDES, L.S. Bringing together digital cities and Open Access MANs. In: Networking and Electronic Commerce Research Conference - NAEC 2008, September 2008, Riva Del Garda - Italy.
- [58] Regulamento de Uso do Espectro de Radiofrequências, aprovado pela Resolução nº 259, de 19 de abril de 2001. p. 6. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [59] Regulamento sobre Condições de Uso da Faixa de Frequência de 3,5 GHz, aprovado pela Resolução nº 537, de 17 de fevereiro de 2010. p. 2. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.
- [60] Plano Básico de Distribuição de Canais de Televisão Digital – PBTVD, aprovado pela Resolução nº 407, de 10 de junho de 2005. p. 2. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.

- [61] Estudo sobre a utilização do espectro de 700 MHz no mundo e no Brasil. Fundação CPqD. Publicado em 28 de setembro de 2011. p. 19, 23. Disponível em: http://www.telebrasil.org.br/component/docman/doc_download/18-contribuicoes-sobre-o-dividendo-digital-2?Itemid=.
- [62] Regulamento sobre Canalização e Condições de Uso da Faixa de Frequências de 5 GHz, aprovado pela Resolução nº 495, de 24 de março de 2008. p. 2-3. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br> – Documentos e Publicações – Acervo Documental – Resoluções.

Anexo A – CelPlanner – Descrição do Software



CelPlanner - Descrição do Software

Índice

Introdução	3
Características	4
Funcionalidades	5
Base de Dados	5
Topografia	5 - 6
Morfologia	7
Imagem	8
Antenas	9
Referências e Contornos	10
Assinantes	11
Configuração de Projeto	12
Parâmetros de Sistema	12
Modelos de Predição	13
Classes de Serviço	14
Configuração de Estações Rádio Base	15
Link Budget (Balanceamento de Potência)	16
Predições	17
Estudos Individuais	18
Estudos Compostos	19 - 20
Estudos sobre Regiões	21
Detalhamento de Predição	21
Perfil	22
Análise de Medições	23
Estudos de Tráfego	24
Análise Demográfica	24
Distribuição de Tráfego	25 - 26
Estudos de Tráfego	27 - 28
Apresentação Gráfica	29
Sistemas de Coordenadas	30
Projeto de Enlaces	31

CelPlanner - Descrição do Software

Introdução

O *CelPlanner* é o software que permite uma solução completa para projetos de sistemas Wireless. Um extenso conjunto de características tornam o *CelPlanner* a melhor escolha para elaboração de projetos de qualquer porte.

Desenvolvido para operação em múltiplas plataformas (PC, Laptops e Workstations), o *CelPlanner* permite ao usuário toda a versatilidade e potencialidade desses equipamentos, como, por exemplo, emprego de máquinas com multiprocessadores, suportando o uso de tarefas múltiplas e simultâneas além da mobilidade oferecida pelos Laptops. Possui interface gráfica baseada em janelas, compatível com Windows 95/98/2000, Windows NT.

O *CelPlanner* atualmente suporta várias tecnologias: AMPS, TDMA, CDMA, GSM, LMDS, MMDS, WMSG, WCDMA e VÍDEO, permitindo ao projetista executar estudos de predição de cobertura e de interferência sobre conjuntos de estações rádio bases, facilmente agrupados por fases do projeto, por área ou por qualquer outro identificador.

O *CelPlanner* possui um sofisticado modelo de simulação de tráfego responsável pela geração de padrões de chamadas aleatórias ou regulares oferecendo uma precisão nunca antes alcançada na predição de sistemas Wireless. Assim sendo, é possível determinar, com precisão, a quantidade de canais de tráfego ideal para cada setor do sistema.

O *CelPlanner* possibilita a utilização de bases de dados topográficas, morfológicas, de imagens de alta resolução, de vetores de apoio e referência e de antenas.

O *CelPlanner* elimina o trabalho exaustivo e empírico de geração dos parâmetros de propagação, para uma determinada área de interesse, pois é o único software que determina automaticamente os parâmetros de predição diretamente das medidas de campo, oferecendo graus de precisão e resolução nunca antes vistos.

Tratando-se de sistemas celulares, PCS e trunking, atualmente o *CelPlanner* trabalha com cinco modelos de predição: **I** - otimizado de Lee-Picquenard, **II** - Korowajczuk, **III** - de microcélulas, **IV** - macrocélulas modificado e **V** - de Linha de Visada, os quais fornecem os melhores desvios padrão e médio quando comparados às medidas reais obtidas em campo. Relativo aos sistemas LMDS, MMDS e de VÍDEO, que geralmente operam em faixas de frequências mais altas, o *CelPlanner* utiliza modelo matemático para predição de disponibilidade de enlace em situações de visada livre, considerando ainda expressões e dados relacionados à condições climáticas e de precipitação de chuva, observados na área de interesse.

Os estudos de predição gerados pelo *CelPlanner* são executados em tempo recorde, gerando arquivos compactados, facilmente carregados e apresentados na tela do computador.

O conjunto destas entre outras características fazem do *CelPlanner* a ferramenta de software mais completa para projetos de sistemas Wireless.

Características

O *CelPlanner* é uma ferramenta de software diferenciada que fornece os recursos necessários para projeto e planejamento de sistemas Wireless.

Veja a seguir as características básicas do *CelPlanner*:

- Base de dados de projeto dividida em duas partes: uma contendo parâmetros globais e outra, parâmetros individuais de cada setor de estação rádio base (ERB);
- Geração automática de distribuição de tráfego a partir de dados demográficos, ou de cada setor do sistema, permitindo a execução de estudos de tráfego para definição da quantidade de canais de tráfego de cada setor para atendimento de uma determinada probabilidade de bloqueio, ou grau de serviço;
- Em sistemas CDMA, possibilidade de execução de estudos de predição de E_c/I_o , E_b/I_o e de handoffs, juntamente com estudos de tráfego para predição de cargas (dBm/Hz) e tráfegos principal e de soft/softer handoff por setor;
- Localização da célula baseada no tráfego e guiada pela grade de hexágonos;
- Estudos de predição de cobertura de RF (individual, composta, melhor servidor, handoff, BER, enlace reverso, número de servidores, e outros) realizados através de algoritmos clássicos e rápidos em várias resoluções. Disponibilidade de estudos de predição de interferência co-canal, de canais adjacentes e total;
- O *CelPlanner* destaca-se também pela extrema facilidade para importação e exportação de diversas informações em formato texto (campos separados por Tab) e em formato manipulado pelo software *MapInfo*™. Além disso, existe a possibilidade de geração apenas dos contornos dos estudos de predição previamente executados e, estes, por sua vez, podem também ser exportados para o *MapInfo*™.
- Excelente apresentação gráfica (na tela ou impressão), com emprego de diferentes escalas e projeções;
- Utilização e processamento de dados provenientes de medições de campo para análise destes dados e para comparação e validação dos estudos de predição executados;
- Constante desenvolvimento da ferramenta e de suas características, sempre com o intuito de aprimorar as funções e características já existentes e acompanhar as novas tendências tecnológicas e necessidades dos projetistas;
- O *CelPlanner* é parte integrante de um pacote de software que provê soluções wireless denominado *CelPlanner Suite*. Este pacote possui ferramentas diferenciadas e especializadas para outros serviços, como o *CelOptima* e o *CelTools*, que são ferramentas para otimização de sistemas wireless e para calibração de modelos de predição.

Funcionalidades - Base de Dados

Como elemento de fundamental importância em projeto, a base de dados geográficos é composta por informações da topografia, morfologia e atributos da região, obtidas através da digitalização de mapas topográficos oficiais.

Os mapas e respectivos arquivos passam por processos de linearização, através de algoritmo próprio, permitindo assim a obtenção de um banco de dados sem descontinuidades, ideal para a obtenção de alta resolução nos projetos sistêmicos.

Bases de dados de alta resolução, basicamente destinadas ao planejamento de microcélulas e/ou ao planejamento celular em áreas de especial interesse estratégico, representam a ocupação de solo com detalhamento das edificações existentes na região em estudo.

Gerada a partir de mapas georeferenciados e/ou fotos aéreas, em escala 1:5.000 ou melhor, pode-se identificar até 16 elementos morfológicos, chegando a resoluções da ordem de 0,03" (aproximadamente, 1 metro).

Apesar da importância da base de dados para propiciar resultados precisos a um projeto, o *CelPlanner* oferece a opção de desabilitar seu uso, permitindo ao usuário definir altitude, tipo e altura do terreno.

Topografia

Através das informações de topografia e morfologia, cada ponto existente no caminho de propagação entre ERB e estação móvel é analisado com intuito de verificar a existência de obstrução à passagem de sinal, determinação do ponto de reflexão no solo e obtenção da altura efetiva da antena da ERB.

Nessa base de dados, o atributo utilizado para a descrição de cada ponto do terreno é a sua localização e respectiva altitude em relação ao nível médio do mar. Os arquivos, com extensão .TPG, de formato proprietário da *CelTec*, possuem resolução no plano horizontal de até 0.03 segundos geográficos, ou seja, cada ponto existente no arquivo representa uma área de até, aproximadamente, 1 x 1 metros. A resolução vertical em altitude fornecida por esta base de dados é de até 1 metro, podendo indicar as pequenas variações no terreno que exercem influência sobre a atenuação do sinal.

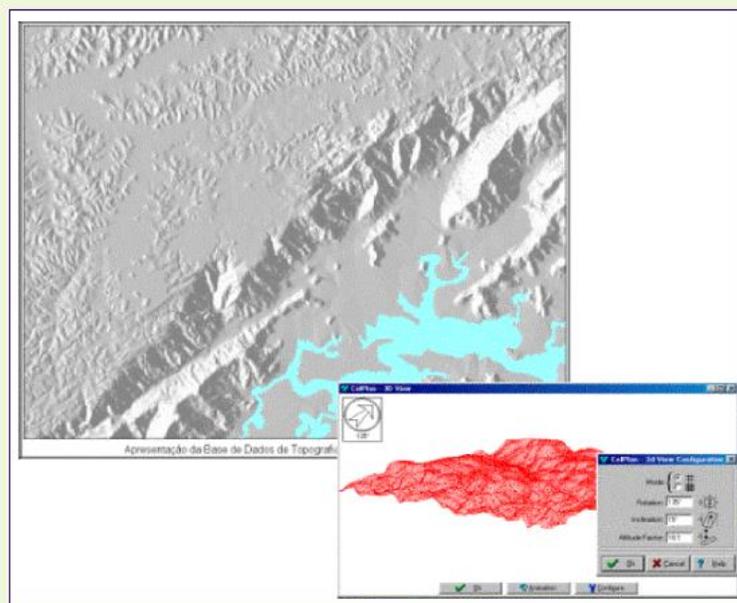
A qualidade da bases de dados topográfica é dada em função da fonte de onde os mesmos foram retirados. Quando tais fontes são mapas, a qualidade dos dados depende também do algoritmo de interpolação de altitudes para os pontos existentes entre curvas de nível traçadas. O *CelPlanner* oferece dois modos de interpretação de base de dados: no modo tradicional, cada ponto da base de dados é considerado como uma superfície plana, com o tamanho da resolução; no segundo modo, é utilizado um processo de interpolação que considera os pontos da base de dados apenas como localização, calculando a altitude da localidade requerida através da interpolação dos quatro pontos ao redor da mesma.

CelPlanner - Descrição do Software

A base de dados de topografia pode ser representada na tela de três maneiras diferentes:

- **Código de cores:** As altitudes existentes são representadas em 32 cores diferentes, onde cada cor representa uma faixa de altitudes,
- **Tons de cinza:** As altitudes existentes são representadas em 32 tons de cinza, onde cada tom representa uma faixa de altitudes,
- **Representação sombreada:** As altitudes existentes são representadas através de sombreamentos, provendo sensação de tridimensionalidade.

Também é possível a representação tridimensional real desta base de dados de topografia, onde a parte do terreno representada pode ser rotacionada de forma a facilitar a análise.



Funcionalidades - Base de Dados

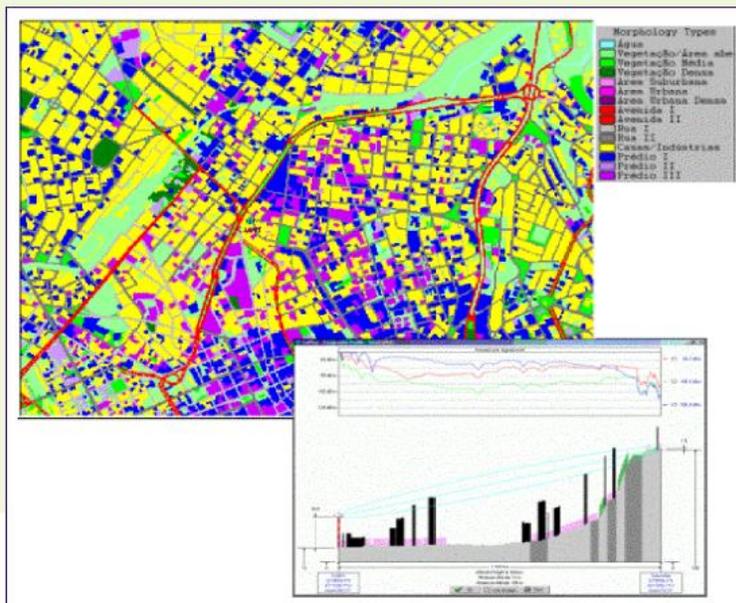
Morfologia

Devido à proximidade da antena do terminal de usuário ao solo e às grandes distâncias que percorrem as ondas de RF, todos obstáculos presentes sobre o terreno contribuem de forma específica na atenuação do sinal. Assim, cada ponto de terreno da área sob estudo necessita, também, de atributo que identifique o tipo de cobertura sobre o terreno, como, por exemplo, árvores, edifícios, água, avenidas, praças, etc. O conjunto de pontos com esse tipo de atributo forma a base de dados de morfologia.

Os arquivos, contendo dados de morfologia do terreno, com extensão .MFL, possuem formato proprietário da *CelTec*, apresentando a possibilidade de designação de até 16 elementos morfológicos distintos, sendo associados parâmetros de atenuação e de altura morfológica a cada um deles.

O *CelPlanner* permite a utilização de até 32 conjuntos diferentes de parâmetros de atenuação por morfologia. Dessa maneira, pode-se configurar no mesmo projeto até 512 tipos morfológicos. Para cada site no sistema, é possível associar um conjunto de parâmetros dos 32 possíveis.

Graças ao avanço tecnológico, dispõe-se hoje de dados de morfologia obtidos de fotos de satélites de monitoramento ambiental. Através desse recurso, pode-se viabilizar a montagem de bases de dados bastante refinadas e de altíssima qualidade.



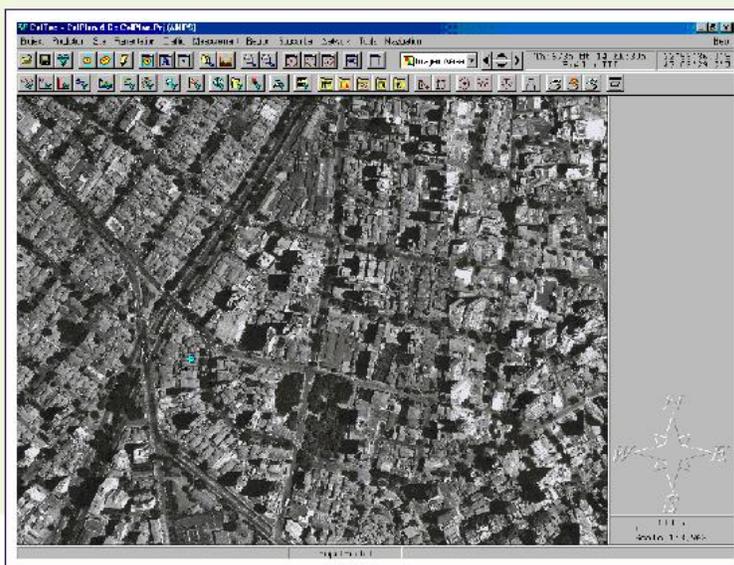
Apresentação de base de dados de morfologia detalhada

CelPlanner - Descrição do Software

Funcionalidades - Base de Dados

Imagem

O requisito de qualidade de recepção de sinal associado à cobertura e prestação de serviço é geralmente relacionado à importância de cada área específica sob estudo. A definição da importância de certa área geográfica pode ser realizada através da visualização e análise de sua imagem representativa, por exemplo, obtida de mapas, fotos aéreas ou de satélites.



CelPlanner - Descrição do Software

Funcionalidades - Base de Dados

Antenas

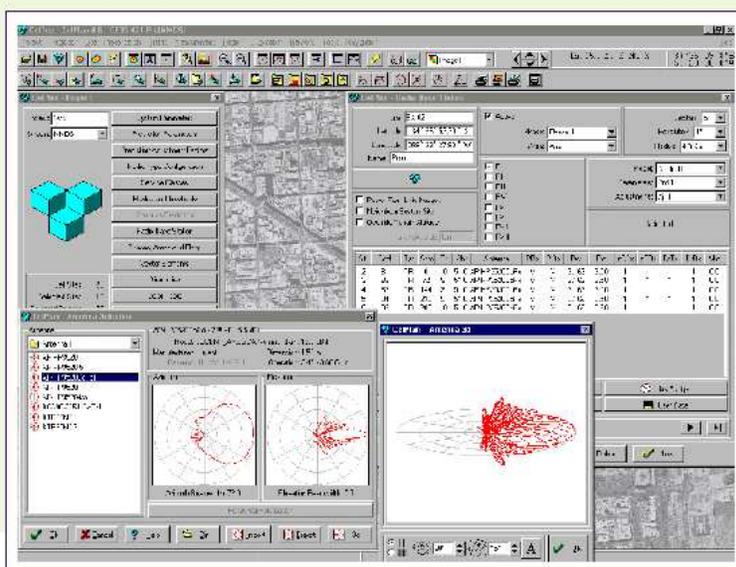
Existem hoje no mercado uma infinidade de antenas projetadas para aplicações em sistemas de comunicações, cada uma possuindo padrões específicos de irradiação de sinal, tanto no lóbulo vertical como no horizontal. Cada setor de estação rádio base sob estudo pode ter designado um tipo específico de antena, dependendo das características de irradiação desejadas.

O *CelPlanner* utiliza arquivos com extensão .ANT, cujo formato é proprietário da *CelTec*, apresentando informações como modelo da antena, fabricante, ganho máximo, potência máxima, relação frente-costas, entre outras. Esses dados são utilizados para cálculo da potência efetivamente irradiada (PEI) para qualquer direção em que se encontre a estação móvel em relação à ERB.

Além do formato proprietário, o *CelPlanner* permite a importação e exportação de arquivos de configuração de antenas em formato texto, possibilitando edição e conversão de formatos distintos.

No arquivo descritor de antena em formato texto apresentam-se informações tabulares para cada ângulo a partir do feixe central, tanto no lóbulo horizontal como no vertical, o ganho específico daquela direção.

O *CelPlanner* dispõe de facilidades de visualização tridimensional do diagrama de irradiação, que enormemente facilita a escolha da antena mais adequada a cada setor.



CelPlanner - Descrição do Software

Funcionalidades - Base de Dados

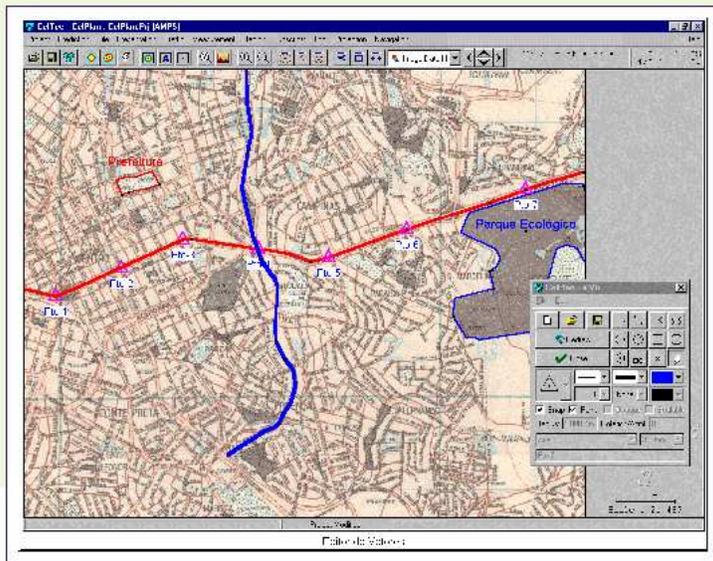
Referências e Contornos

Muitas vezes, a visualização gráfica de algumas referências especiais sobre a área de interesse do projeto facilita bastante a tarefa do projetista. São exemplos de referências: a localização de estações rádio-base e de estações repetidoras, contornos de áreas políticas e de áreas de serviço, hexágonos de células, traçados de estradas e de linhas férreas, aeroportos, etc.

O *CelPlanner* permite incorporar esse tipo de base de dados gráfica em seus diversos modos de apresentação. Basicamente, este tipo de informação pode ser representada através de arquivos vetores e arquivos de região, respectivamente, com extensões .VTR e .RGN. Estes dois tipos de arquivos podem ser facilmente criados ou editados pelo usuário, e/ou ainda importados do software *MapInfo*[®], de forma a estabelecer as representações desejadas.

Os arquivos de região oferecem ainda a possibilidade de cálculo de nível de atendimento para uma área específica definida pelo usuário. Pode-se determinar, por exemplo, a porcentagem da área delimitada pelo arquivo RGN que apresenta níveis de sinal acima de certos limiares, ou atendimento a classes de serviço pré-definidas. É também possível utilizá-los na geração de diagramas de distribuição de tráfego.

O *CelPlanner* dispõe de editores integrados, específicos para a criação e alteração de arquivos de elementos vetores e de regiões. Um recurso extremamente útil é a criação de regiões e vetores baseados em dados das estações, como raio de cobertura, azimute das antenas, entre outros.



Funcionalidades - Base de Dados

Assinantes

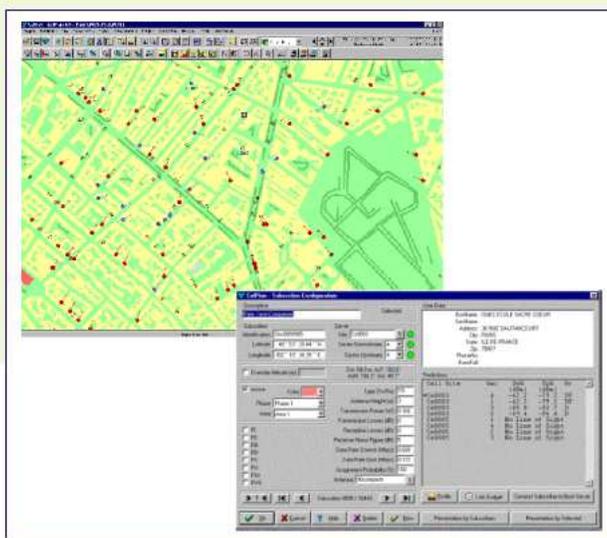
O *CelPlanner* permite a criação de um banco de dados de assinantes com os parâmetros tradicionais, tais como identificação, coordenadas, dados de antena e setor servidor, e ainda outros dados a critério do projetista.

Com esta base, é possível realizar previsões para cada um dos usuários, estudar o efeito do apontamento dos usuários para um determinado site, analisar os efeitos da utilização de diversas antenas e alturas nas quais estão instaladas, análise de tráfego de uma maneira mais pontual e precisa, entre outros estudos. Além disso, é também possível a utilização de parâmetros específicos para cada um dos usuários, que são independentes dos parâmetros de Classes de Serviço.

A previsão de assinantes é realizada muito rapidamente. Esta nova função permite que o projetista tenha uma visão muito mais rápida de qualquer problema relacionado a qualquer assinante em especial. Isto é de grande importância para sistemas wireless ponto-multiponto, pois, nestes casos, o conhecimento imediato de qualquer problema pode levar a uma solução imediata, e assim, garantir a satisfação dos clientes.

E mais, como é possível manipular dados provenientes das ERBs, como níveis de sinal de cada assinante, e importá-los para o *CelPlanner*, pode-se sempre atualizar a base de dados, avaliar a qualidade do sistema e conseguir melhores resultados de calibração do sistema.

Com a Previsão de Assinantes, é possível ao projetista pedir ao *CelPlanner* que faça o alinhamento automático dos assinantes ao melhor servidor. Ele pode também indicar a orientação a outro site (segundo melhor servidor, por exemplo) de forma a trabalhar na melhoria da distribuição de tráfego, pedir que seja traçado um perfil exclusivo para o assinante em estudo, analisar o seu Link Budget, entre outras coisas.



CelPlanner - Descrição do Software

Funcionalidades - Configuração de Projeto

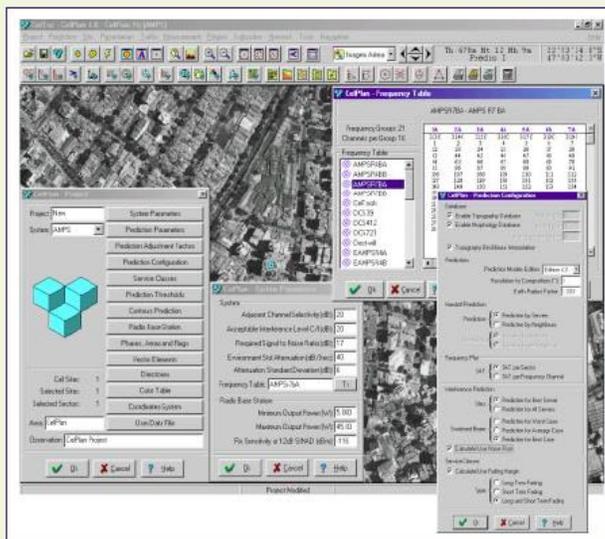
Apresentam-se, a seguir, os parâmetros utilizados pelo *CelPlanner* na configuração de um projeto:

- Parâmetros de Sistema;
- Modelos de Predição;
- Classes de Serviços.

Parâmetros de Sistema

O *CelPlanner*[®] permite ao usuário projetar sistemas Wireless em diferentes tecnologias, tais como: AMPS, TDMA, CDMA, GSM, LMDS, MMDS, WMSG, WCDMA e VÍDEO.

Pode-se configurar de maneira bastante amigável os parâmetros sistêmicos específicos de cada tecnologia, incluindo tabelas de grupos de freqüências personalizadas. Esses parâmetros são geralmente relacionados aos requisitos de qualidade, definidos para prestação do serviço.



Apresentação de Menu e Quadros de Diálogo para edição de Parâmetros do Sistema

As informações sistêmicas são armazenadas em base de dados interna, sendo administradas e editadas diretamente pelo *CelPlanner*, podendo ser acessadas a qualquer momento pelo projetista através de seleção da opção de menu correspondente.

O cálculo para as margens de fading seguem os modelamentos Rayleigh, Suzuki e Log-Normal, e podem ser selecionados através da tela de configuração de parâmetros de predição.

CelPlanner - Descrição do Software

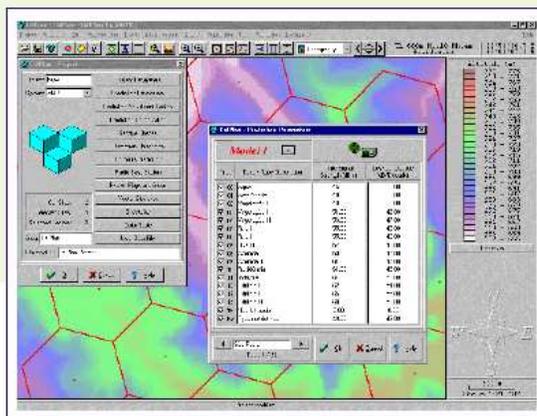
Funcionalidades - Modelos de Predição

O CelPlanner possibilita a seleção de cinco modelos de propagação distintos para a execução dos estudos de predição de cobertura pontual:

- **Modelo I** – emprega expressões para predição do nível de sinal de RF, ponto a ponto, baseada no modelo de Lee – Picquenard - considera atenuação a uma milha e perda por década para cada tipo de morfologia, reflexão, altura efetiva, difração e multipercursos;
- **Modelo II** – emprega expressões para predição do nível de sinal de RF, ponto a ponto, desenvolvidas e validadas experimentalmente pela *CelTec*, considerando fator de obstrução, perda sobre a morfologia e perda de penetração. Trata-se de um modelo proprietário aplicado para sistemas micro e macrocélulas, altamente dependente das medidas, realizadas a priori sobre a área geográfica que se deseja atender;
- **Modelo III** – emprega expressões para predição do nível de sinal de RF, ponto a ponto, desenvolvidas e validadas experimentalmente pela *CelTec*. Utiliza um algoritmo que combina bases de dados de topografia e morfologia de alta resolução com parâmetros de engenharia e arquitetura. É um modelo proprietário mais direcionado à predição de RF para microcélulas situadas em áreas urbanas densas.
- **Modelo IV** – emprega expressões para predição do nível de sinal de RF, ponto a ponto. É mais direcionado à predição de RF para macrocélulas situadas em áreas extensas e com grande diversidade morfológica.
- **Modelo V** – modelo de linha de visada. É mais direcionado à predição de RF para sistemas que utilizam freqüências muito elevadas, como LMDS e MMDS.

Os modelos empregados no *CelPlanner* são do tipo ponto a ponto, e o tamanho de cada ponto tomado para estudo, ou seja a resolução da cobertura resultante, é definida pelo projetista. É recomendável que tal resolução seja compatível com a resolução das bases de dados de topografia e morfologia.

São verificadas todas as parcelas de atenuação do sinal para cada ponto definido entre ERB e terminal de usuário, através de levantamento do perfil topográfico e morfológico existente no caminho de propagação. Este perfil é realizado entre a ERB selecionada e o ponto elegido, considerando a classe de serviço padrão definida no projeto.



Apresentação de Menu e Quadro de Diálogo para edição de Parâmetros de Predição do Modelo I

Funcionalidades - Classes de Serviço

O *CelPlanner* permite a definição de até três tipos de classe de serviço para a estação móvel, que consideram diferentes tipos de margens de cobertura e de probabilidade de cobertura, além de outros parâmetros genéricos, como potência de transmissão, ganho de antena, entre outros.

É possível determinar e utilizar Margens de Cobertura para atenuação de corpo humano e de penetração em edifícios, sendo estas margens definidas pelo projetista. Por outro lado, as Margens de Probabilidade de Cobertura são definidas em função da porcentagem de atendimento desejada:

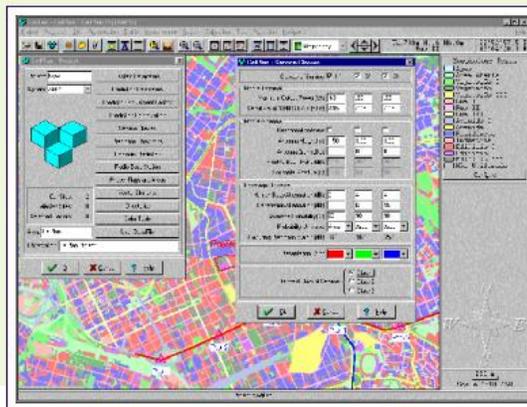
- Probabilidade de atendimento na borda da célula,
- Probabilidade de atendimento na área, ou interior da célula.

Uma vez selecionada a opção desejada de probabilidade de atendimento, o *CelPlanner* automaticamente calcula as margens necessárias para prover o atendimento desejado.

Todas estas margens de cobertura podem ser aplicadas ou não aos níveis de sinal preditos. Esta decisão é feita pelo usuário. Também cabe a ele selecionar a classe de serviço padrão, para a qual são válidos todos estudos de predição efetuados. A definição de três classes de serviço é bastante útil na execução da predição de classes de serviço. Pode-se, por exemplo, verificar a área com atendimento indoor, outdoor e incar com terminais portáteis.

O *CelPlanner* inclui o parâmetro Antena Direcional para todos os sistemas, exceto WMSG (paging). Dessa forma, nas predições de interferência, para cada ponto analisado, o assinante é considerado como atendido pelo melhor servidor, tendo sua antena direcionada a ele. Os sinais provenientes dos demais setores ativos do projeto, dependendo da configuração de canais de frequência de cada setor, são considerados como interferência.

Para sistemas TDMA e GSM é possível configurar as velocidades típicas de usuários de cada classe de serviço.



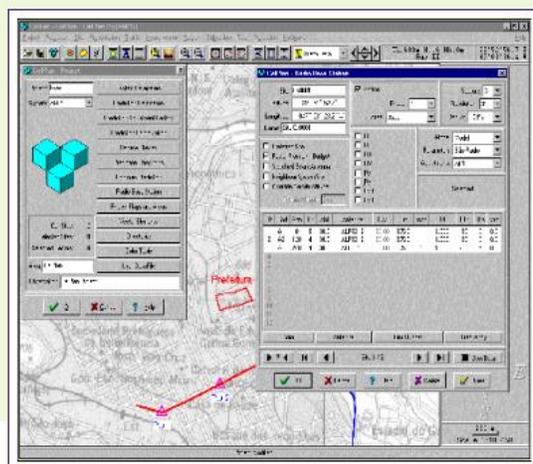
Apresentação de Menu e Quadro de Diálogo para configuração das Classes de Serviço

CelPlanner - Descrição do Software

Funcionalidades - Configuração de Estações Rádio Base

O *CelPlanner* possibilita a edição de vários dados de configuração de estações rádio base. O conjunto total de parâmetros varia de acordo com a tecnologia selecionada no projeto.

O *CelPlanner* administra esta base de dados de configuração das estações rádio base através de recursos gráficos, disponíveis em janelas acessadas por “clicks” no botão esquerdo do mouse, quando o cursor está sobre o ícone (ou nas suas imediações) que representa a ERB, ou através da seleção de opção em menu dos aplicativos de predição e análise. A interação com esses dados pode ser, então, realizada on-line e iterativamente pelo projetista, tornando mais eficiente a tarefa de configuração de estação e análise dos resultados decorrentes da mesma. O sistema oferece ainda a possibilidade de configuração dos setores vizinhos aos setores da estação possibilitando melhores estudos de handoff.



Apresentação de Menu e Quadro de Diálogo para configuração das Estações Rádio Base

Funcionalidades - Predições

Uma das funções primordiais do *CelPlanner* é oferecer ao usuário condições para prever o comportamento do sinal recebido por terminais de usuários ao longo da área de interesse. Utiliza, para tanto, modelamentos matemáticos que levam em conta a morfologia e topografia e também todas as perdas e ganhos de sinal (por exemplo, perdas em conectores e cabos, amplificadores) presentes no caminho de propagação. É possível, ainda, habilitar ou não o uso do nível de ruído térmico no cálculo das predições de interferência.

É claro que a diversidade de parâmetros de entrada nos modelos que predizem a propagação do sinal não é requisito único para determinação da qualidade e confiabilidade dos resultados. O desempenho dos modelos de propagação possuem relação direta com a qualidade e precisão dos dados de entrada. O *CelPlanner* utiliza bases de dados padronizadas que oferecem resolução e flexibilidade ímpares, exatamente para atender os requisitos de qualidade que envolvem a predição de cobertura.

O *CelPlanner* executa estudos de predição diferenciados para cada tecnologia, por exemplo, tratando-se de sistema TDMA ele possibilita o estudo de predição de BER, tratando-se de sistema LMDS, possibilita o estudo de predição de disponibilidade do serviço. Em particular, as predições de cobertura composta direta estão disponíveis para todos os sistemas suportados pela ferramenta. Os resultados exibidos correspondem às cores associadas aos limiares de sinal correspondentes.

Dois modalidades de estudos são contemplados pelo *CelPlanner*: Estudos Individuais e Estudos Compostos.

Os resultados gráficos, obtidos dos estudos de predição, podem ser facilmente carregados, apresentados na tela e impressos sobre fundos de topografia, morfologia, imagem, vetores e regiões, etc.. Os resultados obtidos podem ainda ser exportados em formato *MapInfo*® e gravados como arquivo bitmap (com extensão .BMP).

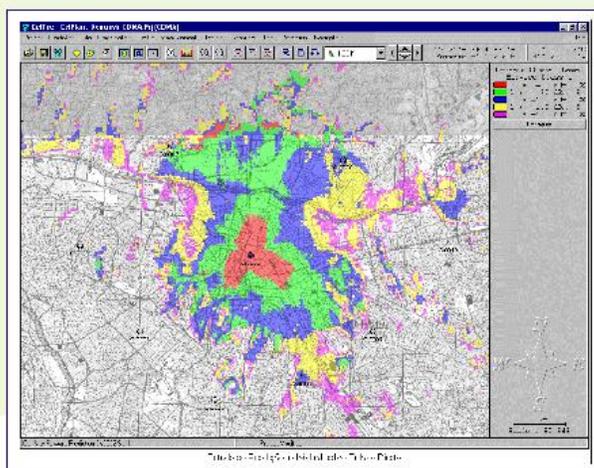
Execução de lote: Para execução de múltiplos estudos de cobertura sem acompanhamento do projetista, o *CelPlanner* permite selecionar a opção de atualização que, ao ser iniciada, comandará a execução seqüencial dos estudos de cobertura. Os resultados são armazenados e podem ser analisados posteriormente pelo usuário.

Funcionalidades - Previsões

Estudos Individuais

Esta modalidade de previsão possibilita a execução, apresentação e impressão do estudo de previsão individual realizado no enlace direto (ERB-usuário) ou no enlace reverso (usuário-ERB) da ERB selecionada pelo projetista.

Durante a execução do estudo, o resultado é apresentado graficamente, em tempo real, na tela do computador, possibilitando ao projetista a alternativa de abortar o processo a qualquer momento.



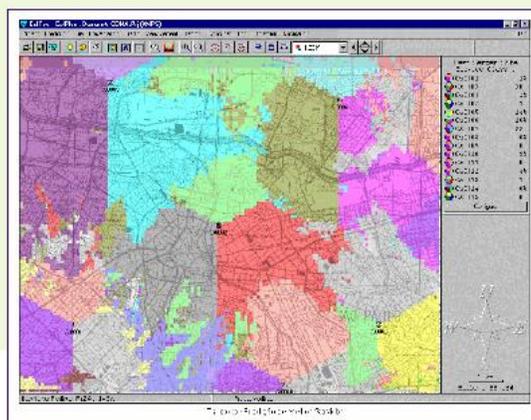
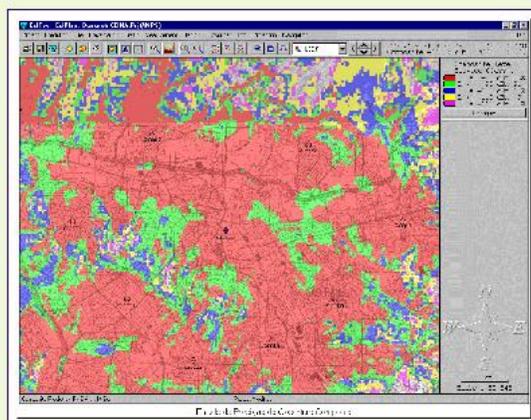
Funcionalidades - Predições

Estudos Compostos

Os estudos de predição por composição apresentam o comportamento combinado, ou global, de todas ERBs ativas no sistema. Para a execução desses estudos é necessária a realização, primeiro, dos estudos de predição individual das ERBs ativas.

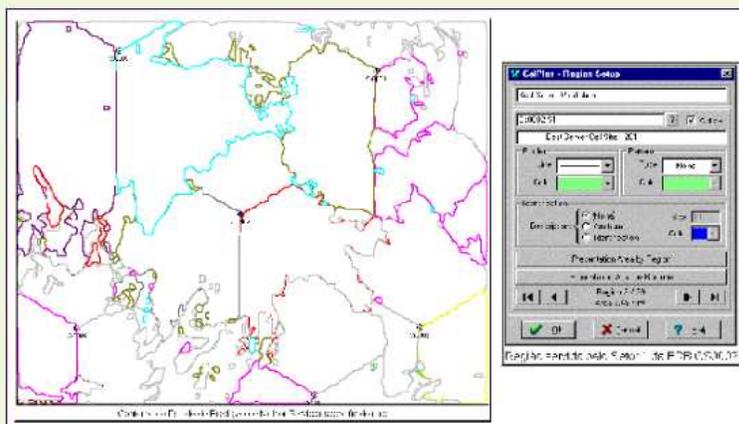
No estudo de predição de cobertura composta, a cada ponto da área de serviço é definido o melhor nível de sinal recebido das estações rádio base ativas existentes. Obtém-se, desta forma, o comportamento global de cobertura no sistema.

Outro estudo de predição presente em todas tecnologias suportadas pelo *CelPlanner* é a de Melhor Servidor. Neste estudo, a cada ponto da área de serviço é definido o setor que melhor nível de sinal oferece ao terminal de usuário. Existem dois modos de visualizar os resultados na tela: no primeiro, a cor apresentada é a cor associada à estação ou setor melhor servidor; no segundo, a definição de cor de apresentação é feita a partir dos parâmetros do servidor.



Funcionalidades - Predições

Estudos Compostos



O *CelPlanner* permite a geração de Regiões a partir dos estudos de predição executados. No exemplo anterior, apresentam-se as características de uma região gerada a partir do contorno da área de melhor servidor de um setor. Observa-se no quadro de diálogo, por exemplo, a informação de área (Km²) atendida pelo setor. Estas regiões podem ser obtidas tanto nos estudos individuais quanto nos compostos.

Exemplos de alguns outros estudos de predição disponíveis no *CelPlanner*, segundo o sistema elegido pelo projetista, encontram-se listados a seguir:

- Predição de BER em sistemas TDMA e GSM em função da velocidade do usuário,
- Predição de cobertura de canal piloto em sistema CDMA,
- Predição de cobertura de canal de tráfego direto em sistema CDMA,
- Predição de serviço direto/reverso em sistema CDMA,
- Predição de probabilidade de serviço de canal de tráfego em sistema CDMA,
- Predição de número de servidores,
- Predição de handoff em sistemas móveis celulares,
- Predição de interferência composta,
- Predição de classes de serviço em sistema,
- Predição de disponibilidade de serviço em sistemas LMDS, MMDS e VÍDEO,
- Predição de contornos de intensidade de campo elétrico (dB μ V/m).

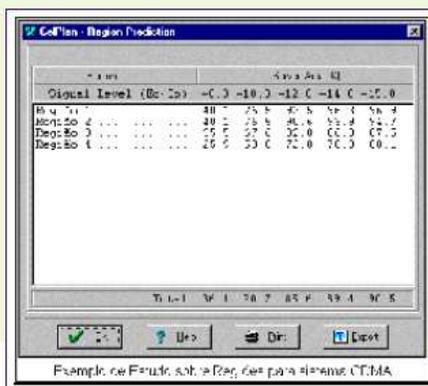
O *CelPlanner* permite também a apresentação do estudo de Predição de Melhor Servidor sobreposto a qualquer outro estudo de predição. Para isso, apresenta-se na tela um código atribuído pelo projetista a cada setor do sistema, capaz de identificar o setor melhor servidor de cada ponto da área de interesse.

CelPlanner - Descrição do Software

Funcionalidades - Predições

Estudos sobre Regiões

Além dos estudos de predição aqui apresentados, o *CelPlanner* possibilita ainda a execução de estudos sobre regiões, fornecendo, por exemplo, a porcentagem de área atendida com determinados níveis de sinal, ou a porcentagem de área com atendimento de cada classe de serviço definida no projeto.



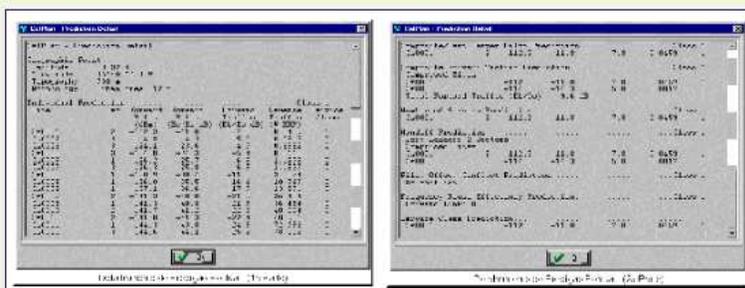
Original Level (Bc:Lo)	-C:3	-10:3	-12:C	-14:C	-15:0
Reg:Bo 1	40	25	40	50	50
Reg:Bo 2	20	25	40	50	50
Reg:Bo 3	25	27	32	32	37
Reg:Bo 4	26	27	32	32	37

Exemplo de Estudo sobre Regiões para sistema GSM

Funcionalidades - Predições

Detalhamento de Predição

O *CelPlanner* possibilita ao projetista verificar todos os resultados de estudos de predição associados a um ponto específico da área de interesse.

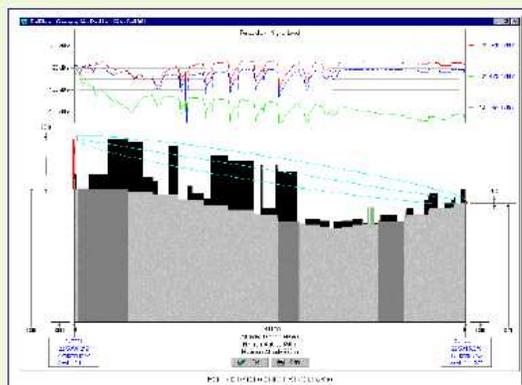


Original Level (Bc:Lo)	-C:3	-10:3	-12:C	-14:C	-15:0
Reg:Bo 1	40	25	40	50	50
Reg:Bo 2	20	25	40	50	50
Reg:Bo 3	25	27	32	32	37
Reg:Bo 4	26	27	32	32	37

Funcionalidades - Predições

Perfil

O *CelPlanner* possibilita o traçado do perfil topográfico e morfológico do terreno entre a ERB selecionada e o ponto elegido pelo projetista.

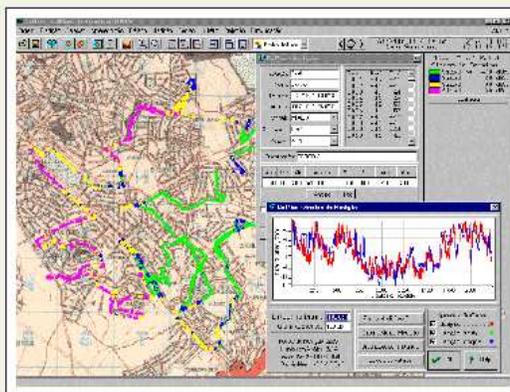


Diversas informações são consideradas, como localização da ERB selecionada, altura das antenas, frequência de operação, fator de curvatura da Terra, etc. Traça-se também a elipse de Fresnel e apresentam-se resultados numéricos.

Funcionalidades - Análise de Medições

A introdução de medidas de nível de sinal para comparação e validação dos estudos de predição executados é realizada de maneira simples e eficiente. Qualquer instrumento de medidas de nível de sinal pode ser utilizado para esta tarefa se, desde que os dados sejam exportados em formato texto.

Durante a realização de medidas em campo, o usuário técnico pode conectar a saída do receptor de GPS à porta serial do microcomputador, que contem o *CelPlanner* carregado. Esse recurso, associado à apresentação na tela de arquivo de elementos vetores, por exemplo, com o percurso das ruas e avenidas presentes na área de serviço, ou de imagem de mapa, proporciona a facilidade de navegação, facilitando bastante a tarefa de coleta de medidas em campo. Assim procedendo, o *CelPlanner* apresenta na tela do microcomputador o trajeto realizado, atualizado à medida que o survey acontece.



Apresentação de Quadros de Diálogo para Análise das Medidas realizadas

O *CelPlanner* permite a visualização dos níveis de sinal medidos sobre a imagem da área objeto de estudo. Com esta facilidade, torna-se possível verificar a extensão real da cobertura oferecida pela estações medidas. Também são mostrados o desvio padrão e o erro médio das predições realizadas em relação aos valores medidos reais.

Ajustes dos parâmetros de propagação, utilizados pelo *CelPlanner* na execução dos estudos de predição, através dos modelamentos matemáticos, podem ser realizados por intermédio da análise dos dados medidos. Nesse caso, o *CelPlanner* compara os resultados de predição com os resultados de medidas, determinando correções nos modelos, denominados fatores de ajuste de predição, de forma a obter a melhor precisão nas predições para a área de serviço em questão. Encontram-se disponíveis 32 tabelas de ajuste de predição. Cada ERB do sistema deve estar associada a uma tabela de parâmetros de predição e uma tabela de fatores de ajuste.

Tal como os resultados das predições, os dados de medidas podem ser exibidos na tela, ou impressos, sobre fundos a escolha do projetista, permitindo perfeita visualização dos resultados e posterior análise.

CelPlanner - Descrição do Software

Funcionalidades - Estudos de Tráfego

A análise demográfica é essencial na performance de um sistema Wireless.

O sucesso de um sistema Wireless depende da quantidade de canais oferecidos aos usuários e da qualidade da comunicação a nível de inteligibilidade de voz, ou da taxa de erro de bits, ao longo da área de interesse.

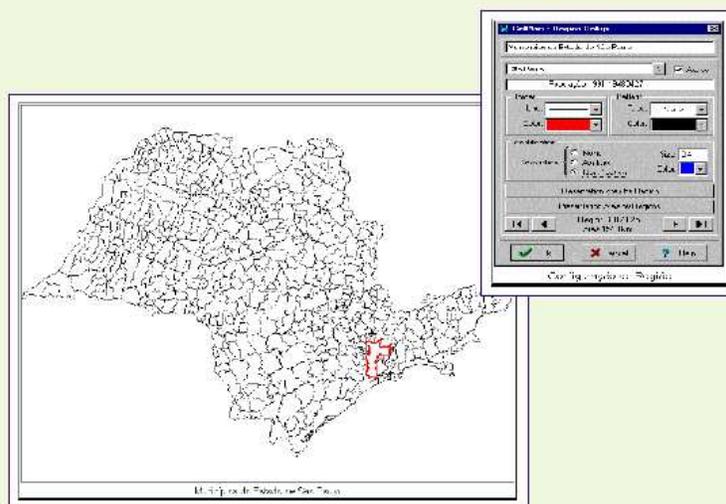
Análise Demográfica

Através da análise demográfica pode-se estabelecer o exato contorno da área de interesse, possibilitando ainda a priorização do atendimento em regiões mais importantes, por exemplo, em áreas com grande concentração de pontos comerciais, aeroportos, estações rodoviárias, etc.

Com o recurso de Regiões, o *CelPlanner* possibilita a associação de um determinado atributo, como por exemplo, população, número de assinantes, quantidade de carros, quantidade de pontos comerciais, etc, a uma dada área geográfica. Além disso, é possível associar diferentes cenários a cada semana, dia ou hora.

Este estudo é essencial para departamentos de marketing nas empresas operadoras, onde as metas do sistema podem ser especificadas, verificadas e corrigidas antes da instalação do equipamento.

Apresenta-se, a seguir, o conjunto de regiões que representam os municípios do estado de São Paulo e o quadro de diálogo de configuração de uma região.



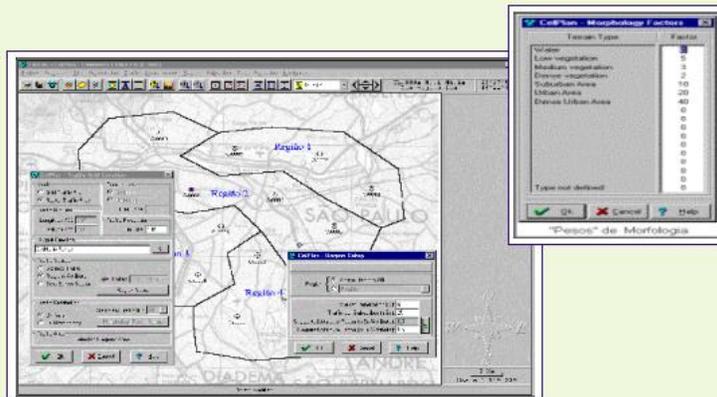
Funcionalidades - Estudos de Tráfego

Distribuição de Tráfego

O *CelPlanner* permite a aquisição de informações de tráfego de distintas fontes, por exemplo, a partir de dados demográficos classificados como residencial, comercial, veicular ou de eventos especiais.

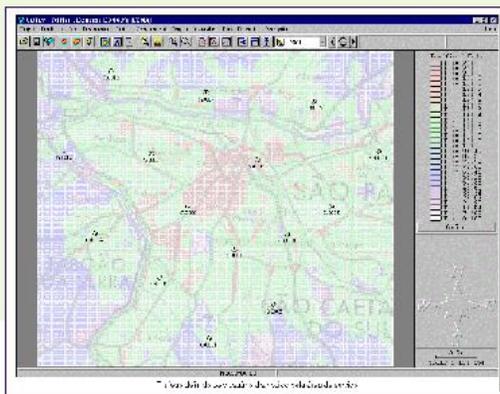
O *CelPlanner* proporciona a facilidade de distribuir o tráfego através de quadriculas com resoluções definidas pelo projetista. A distribuição, propriamente dita, pode ser realizada de maneira uniforme ou ponderada de acordo com "pesos" atribuídos a elementos morfológicos.

O total de tráfego a ser distribuído pode ser configurado diretamente pelo projetista, ou obtido do atributo associado a cada região multiplicado por um fator, expresso em mili-Erlang/por atributo, ou ainda obtido da soma dos tráfegos configurados em cada setor do sistema.



Distribuição de tráfego segundo atributos de Regiões

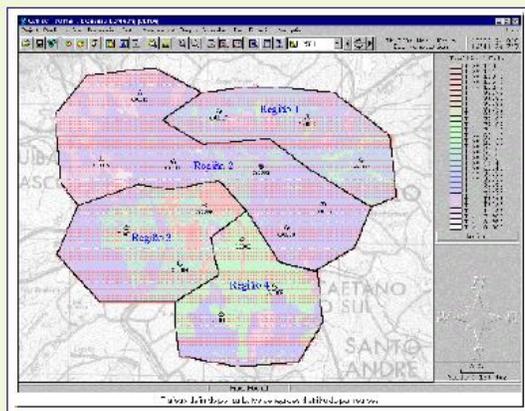
Quando o usuário especifica diretamente o total de tráfego, a distribuição é realizada sobre a área retangular da tela, ou seja, sobre a área de serviço apresentada.



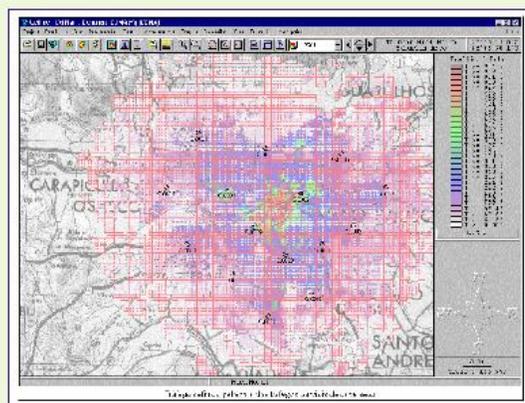
Funcionalidades - Estudos de Tráfego

Distribuição de Tráfego

Optando pelo tráfego total dado pelos atributos de regiões, a distribuição do tráfego é realizada sobre a área definida em cada região ativa.



Por fim, elegendo o tráfego total obtido pela soma dos tráfegos de cada setor, a distribuição de tráfego de cada setor é realizada sobre a correspondente área na qual atua como melhor servidor. Nessa modalidade, o tráfego de cada setor corresponde ao tráfego oferecido, obtido da análise de relatórios de tráfego cursado na HMM (Hora de Maior Movimento) de cada setor.



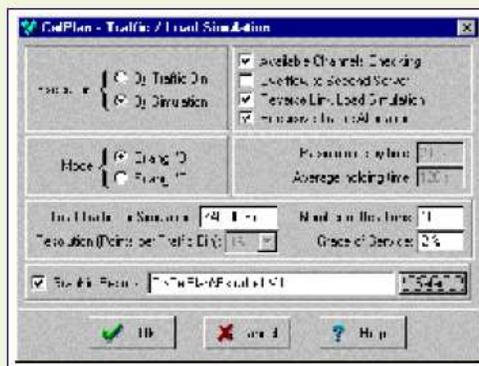
Na verdade, a matriz de distribuição de tráfego é um dado de entrada para o estudo de tráfego. O *CelPlanner*, por se tratar de uma ferramenta de planejamento bastante amigável, permite ainda importar dados de distribuição de tráfego já existentes, por exemplo, provenientes de uma planilha.

Funcionalidades - Estudos de Tráfego

Estudos de Tráfego

Obtidas as predições individuais e a distribuição de tráfego ao longo da área de interesse, pode-se executar estudos de tráfego com o objetivo de obter a quantidade de canais de tráfego necessárias para atendimento com determinado grau de serviço especificado pelo projetista.

O *CelPlanner* oferece a possibilidade de seleção de diferentes opções para execução de “chamadas de teste”. Pode-se, por exemplo, selecionar modelos de tráfego do tipo Erlang B ou Erlang C. Também é possível o estudo de tráfego considerando a utilização do recurso directed-retry que, na prática, permite o redirecionamento da chamada para uma segunda ERB melhor servidora, quando a melhor servidora não tem mais canais disponíveis. A distribuição espacial das “chamadas de teste” pela área de interesse é função da grade de quadriculas de tráfego.



Dados como quantidade de canais por setor, tráfego total do sistema, porcentagem de bloqueio desejada, e quantidade de iterações de simulação podem ser modificados pelo projetista a qualquer momento. Com estas facilidades, o dimensionamento dos equipamentos das ERBs e a planificação de freqüências tornam-se tarefas mais simples, e os resultados obtidos auxiliam na tomada de decisões baseadas em relações custo/benefício.

De forma geral, a cada chamada de teste, o *CelPlanner* tenta designar um canal de voz, ou de tráfego, disponível na ERB servidora do ponto elegido. O *CelPlanner* possibilita, também, a execução de estudos de tráfego sobre sistemas com hierarquia de células.

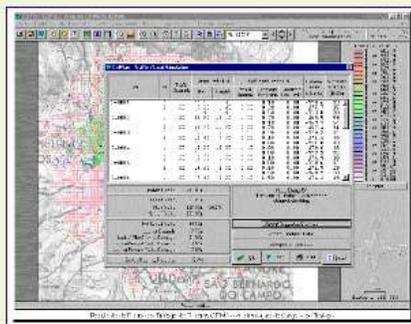
Funcionalidades - Estudos de Tráfego

Estudos de Tráfego

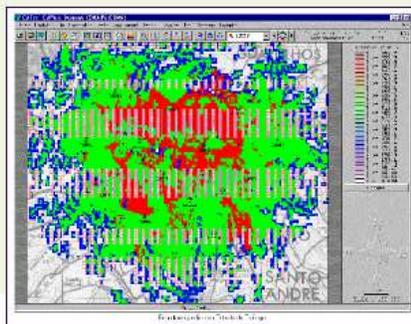
Tratando-se de sistema CDMA, a designação de canais também considera a necessidade de canais para ocorrência de soft-handoff. Ou seja, se uma chamada é gerada em ponto onde há soft-handoff, dois, ou até três, canais são designados nos distintos setores envolvidos. Esse processo é repetido diversas vezes iterativamente, sendo que o ponto, onde a chamada é originada, é escolhido de forma estatística pelo método de Monte Carlo. Três resultados podem ser associados ao sucesso da alocação de canais:

- Chamada atendida,
- Chamada perdida por falta de canais,
- Chamada perdida por falta de cobertura.

Como resultado da simulação, dois tipos de informação são gerados. O primeiro é um relatório tabular informando a quantidade de tráfego gerada na área de serviço de cada setor, as quantidades de canais e de tráfego verificados em cada setor, o bloqueio resultante e a quantidade de canais de cada setor, necessária para atendimento da probabilidade de bloqueio especificada pelo projetista. Também são informados os resultados relativos ao sistema, como quantidade de tráfego atendido, quantidade de tráfego perdido por falta de canais, quantidade de tráfego perdido por falta de cobertura e o bloqueio total do sistema.



Outro tipo de informação oferecida ao usuário é disponibilizada através de representação gráfica das “chamadas de teste” realizadas ao longo da área de serviço. Nesse caso, cada chamada é representada por uma cor identificando o resultado da mesma: atendida, perdida por cobertura, ou perdida por falta de canais.



Apresentação Gráfica

A apresentação dos estudos realizados e dos dados de configuração do sistema é implementada no *CelPlanner* com uso de recursos gráficos do ambiente operacional *Windows*. A organização dos dados exibidos em tela é totalmente apoiada em janelas, menus, e quadros de diálogos com funções específicas. Ícones representativos dos comandos disponíveis podem ser acionados por simples interação via mouse. Janelas podem ser reduzidas, escondidas ou recuperadas de forma a focalizar as informações importantes para o usuário em cada etapa do processamento.

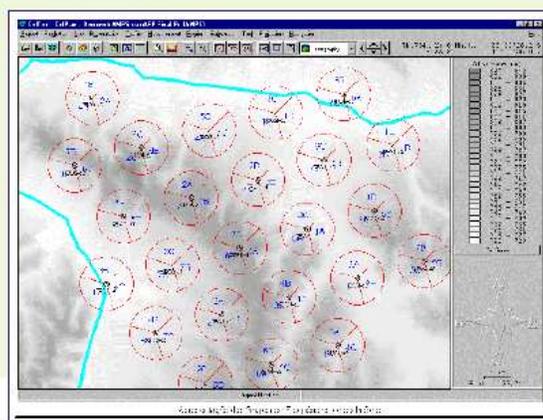
Uma grande vantagem na utilização do *CelPlanner* é a configuração de imagens por camadas de informação. Composições de estudos de cobertura, imagem de área, topografia e morfologia do terreno, topologia da rede, vetores e regiões podem ser carregadas simultaneamente na tela, criando condições para referência entre as diversas camadas de informação, ou bases de dados, envolvidas no projeto do sistema.

Mais versátil ainda são as interfaces *CelPlanner* para geração de apresentações impressas. Qualquer dispositivo de impressão, matricial ou vetorial, compatível com o sistema *Windows* pode ser utilizado como dispositivo de saída do *CelPlanner*. Pode-se apresentar dados ou resultados em escalas de cinza ou em cores, grandes ou pequenos e em papel transparente ou opaco. Para evitar desperdícios e facilitar a tarefa de impressão, o *CelPlanner* oferece um recurso indispensável de visualização de impressão.

Diagramas de cobertura, interferências, topologia, ou qualquer outro, podem ser impressos com correções de escala por projeção geográfica, permitindo a sobreposição dos mesmos a mapas topográficos das regiões em estudo.

Com *CelPlanner*, o usuário seleciona as informações, amplia ou reduz a imagem, define escalas e grades da maneira que mais lhe convier para apresentação dos dados.

O *CelPlanner* possibilita ao usuário, de maneira bastante amigável, criar elementos vetores ao redor de cada estação rádio base com informações de altura de antenas, inclinações, grupos de frequências, SAT, DCC, potências, tráfegos, quantidades de canais, etc. Esse recurso é bastante importante na etapa de otimização do projeto, já que essas informações (vetores) podem ser apresentadas sobre qualquer fundo, ou estudo de predição, ou de tráfego.



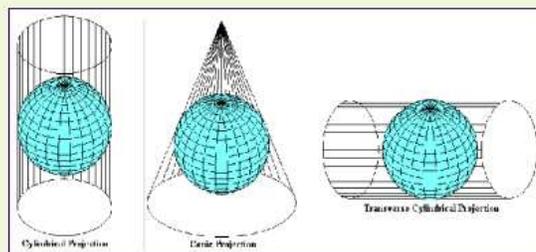
Sistemas de Coordenadas

O *CelPlanner* possibilita ao projetista escolher o sistema de coordenadas que melhor se adequa ao utilizado em seu país ou zona de interesse, possibilitando a utilização opcional de coordenadas cartesianas em substituição ao sistema de coordenadas esférico tradicional. Esta escolha reflete na diminuição dos erros de conversão de coordenadas e consequentemente da localização das ERBs, assinantes, referências, entre outros.

No sistema de coordenadas esférico, a localização geográfica de um ponto, na superfície do planeta, é representada por valores de latitude e longitude. No sistema cartesiano, a superfície esférica do planeta é projetada em um plano, e a localização de um ponto no plano é representada por valores de deslocamento nos eixos x e y.

Toda a implementação feita foi baseada na conversão de coordenadas entre os sistemas esférico e cartesiano.

Há diferentes tipos de projeções para a geração de mapas. Na implementação, cada sistema de coordenadas/zona é composto pelas informações de projeção, elipsóide de referência, ponto de origem, fator de escala ou paralelos de referência e constantes de translação. A seleção do sistema, zona e elipsóide, apenas transfere os valores predefinidos para os parâmetros de conversão.



Os parâmetros de conversão podem também ser inseridos pelo usuário ou pode-se utilizar os conjuntos de parâmetros pré-definidos que foram implementados.

Projeções implementadas

- Albers Equal-Area Conic
- Lambert Conformal Conic
- Transverse Cassini/Soldner
- Transverse Mercator/Gauss-Krüger

Sistemas Pré-definidos

- Argentina Coordinate System - Transverse Mercator
- Austrália Coordinate System - Albers
- Australia Coordinate System - Lambert
- Australia Coordinate System - Transverse Mercator
- Austria Coordinate System - Lambert
- Austria Coordinate System - Transverse Mercator
- Belgian Coordinate System - Lambert
- British Coordinate System - Transverse Mercator
- French Coordinate System - Lambert
- Germany Coordinate System - Lambert
- Germany Coordinate System - Transverse Mercator
- Irish Coordinate System - Transverse Mercator
- Italian Coordinate System - Transverse Mercator
- Japanese Coordinate System - Transverse Mercator
- North American Coordinate System - Albers
- North American Coordinate System - Lambert
- North American State Plane Coordinate System
- Portuguese Coordinate System - Transverse Mercator
- Swedish Coordinate System - Transverse Mercator
- Universal Transverse Mercator - UTM

CelPlanner - Descrição do Software

Projeto de Enlaces

O CelPlanner permite a seleção, criação, apresentação e cálculo de enlaces ponto a ponto.

