

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Acesso de Banda Larga em Regiões Desfavorecidas

Luís Pedro Alves de Sá

Tese submetida no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major de Telecomunicações

Orientador: Mário Jorge Leitão (Professor Doutor)

Co-orientador: Paulo Monteiro (Engenheiro)

Junho de 2008

Resumo

Actualmente, assiste-se a um interesse crescente nas tecnologias de banda larga à escala mundial, de forma a expandir o conhecimento e a potenciar a utilização da Internet. Para um crescimento global mais sustentado é necessário que todas as regiões tenham os mesmos meios para acompanhar esse mesmo crescimento. As regiões que sofram de um maior atraso em termos de desenvolvimento - regiões desfavorecidas - necessitam de encontrar respostas para conseguir alcançar as regiões mais desenvolvidas. Neste sentido, começam a emergir alguns projectos importantes a implementar nestas zonas desfavorecidas, nomeadamente em Portugal.

Na estruturação deste trabalho foram concebidos três objectivos. O primeiro objectivo tem a ver com o estudo do estado das tecnologias de banda larga em Portugal, verificando se existe igualdade na sua disponibilização aos agregados populacionais. Na sequência desta análise, surge o segundo objectivo que se prende com a exposição de formas alternativas de combate às eventuais necessidades de acesso à Internet de banda larga. Para isso são apresentadas duas possíveis soluções: as redes comunitárias e o BWA. Cada uma destas soluções será analisada ao pormenor, explicitando as suas potencialidades e limitações. Por fim, o último objectivo tem uma vertente mais prática na medida em que se efectuou um planeamento, a partir do software WinProp, em duas regiões com necessidades a nível de tecnologias de banda larga.

Abstract

Currently, there is a growing interest in broadband technologies on a global scale, in order to expand knowledge and enhance the use of the Internet. For a more sustained global growth is necessary that all regions have the same means to accompany that same growth. The regions suffering from a greater delay in terms of development - unfavourable regions - need to find answers to achieve the more developed regions. In this sense, are emerging some important projects to be implemented in unfavourable areas, including Portugal. In structuring this work, were designed three objectives. The first objective concerns about the study of the state of broadband technologies in Portugal, checking if there is equality in it available to household population. Following this analysis, the second objective is related to alternative ways to combat the potential needs of broadband access. Two possible solutions are presented: the community networks and BWA. Each of these solutions will be examined in detail, explaining their potential and limitations. Finally, the ultimate goal is a more practical aspect. It will be made a network planning with WinProp's help in two regions.

Agradecimentos

Desejo agradecer a todas as pessoas que, directa ou indirectamente, contribuíram para a realização desta Tese de Mestrado. Quero, desta forma, deixar os meus sinceros agradecimentos ao meu orientador Prof. Doutor Mário Jorge Leitão, que me ajudou a compreender e a encaminhar o meu estudo, dando-me a oportunidade de crescer em termos de experiência. Destaco, também, o Eng. Paulo Monteiro, agradecendo-lhe a sua disponibilidade, apoio e paciência em todos os momentos necessários. Não posso também deixar de agradecer ao INESC Porto por me proporcionar as condições necessárias à realização desta Tese de Mestrado. Por fim, agradeço aos meus pais e família todo o apoio dado durante esta fase e, também, em todo o meu percurso académico. Quero destacar, ainda, como um dos mais importantes contributos, a ajuda e apoio da minha namorada Marisa, que sempre me acompanhou durante esta fase e principalmente nestes últimos momentos de escrita.

Luís Sá

Acrónimos

AAA	Authentication, Authorization and Accounting
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ANACOM	Autoridade Nacional de Comunicações
ARRC	Advanced Radio Resource controller
ASN	Access Service Network
ASP	Application Service Provider
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BWA	Broadband Wireless Access
CDC	Caisse des Dépôts
CDMA	Code Division Multiple Access
CEPT	Conferência Europeia das Administrações de Correios e Telecomunicações
CSN	Connectivity Service Network
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	Digital subscriber Line Access Multiplexer
DSP	Delegação de Serviço Público
DST	Domingos Silva Teixeira, SGPS
EAP	Extensible Authentication Protocol
ECC	Electronic Communications Committee
ECTA	European Competitive Telecommunications Association
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
ERNC	Emulator Radio Network Controller
EVDO	Evolution Data Optimized
FA	Foreign Agent
FBSS	Fast Base Station Switching

FDD Frequency Division Duplex

FEDER Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

FWA Fixed Wireless Access

GGSN Gateway GPRS Support Node

GSM Global System for Mobile communication

HA Home Agent

HHO Hard Handover

HO Handover

HSDPA High Speed Downlink Packet Access

HSPA High Speed Packet Access

HSUPA High-Speed Uplink Packet Access

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

IETF Internet Engineering Task Force

IP Internet Protocol

LMDS Local Multipoint Distribution Service

LRRC Light Radio Resource controller

MAC Media Access Control

MDHO Macro Diversity Handover

MIP Mobile Internet Protocol

MTC Mobile Terminal Controller

NAP Network Access Provider

NRM Network Reference Model

NSP Network Service Provider

NUTS Nomenclaturas de Unidades Territoriais

NWG Network Working Group

OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OFDMA Orthogonal Frequency Division Multiple Access

OSI Open Systems Interconnection

PDG Packet Data Gateway

PDN Packet Data Network

PKMv2 Privacy Key Management Version 2

POSC Programa Operacional da Sociedade do Conhecimento

QNAF Quadro Nacional de Atribuição de Frequências

QoS Quality of Service

RAN Radio Access Network

RAN Radio Access Network

RFC Request for Comments

RNC Radio Network Controller

ROI Return On Investement

RSA Ron Rivest, Adi Shamir e Len Adleman

SAID Security Association ID

SGSN Serving GPRS Support Node

SIM Subscriber Identity Module

SLA Service Level Agreement

SOFDMA Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access

TDD Time Division Duplex

TDMA Time Division Multiple Access

TIC Tecnologias de Informação e Comunicação

UIT-R União Internacional das Telecomunicações - Sector de Radiocomunicações

UMTS Universal Mobile Telecommunications System

UTRAN UMTS Terrestrial Radio Access Network

UTRAN UMTS Terrestrial Radio Access Network

UWB Ultrawideband

VoIP Voice over Internet Protocol

WAG Wireless Access Gateway

WCDMA Wideband Code Division Multiple Access

WiMAX Worldwide Interoperability for Microwave Access

WLAN Wireless Local Area Network

*“Eternity is a very long time,
especially towards the end.”*

Woody Allen

Conteúdo

1	Introdução	1
2	Enquadramento	3
2.1	Enquadramento da Banda Larga em Portugal	3
2.2	Enquadramento da Banda Larga na Região Norte	7
2.3	Regiões Desfavorecidas e o BWA	12
2.3.1	Enquadramento Legislativo do BWA	13
3	Arquitecturas	25
3.1	WiMAX	25
3.1.1	WiMAX e Tecnologias Rádio	28
3.1.2	Licenças e Frequências em Portugal	30
3.2	Arquitecturas Rádio	31
3.2.1	Arquitectura WiMAX	31
3.2.1.1	Segurança	34
3.2.1.2	Mobilidade e Handover	37
3.2.1.3	Interoperabilidade Multi-Fornecedor	40
3.2.1.4	Qualidade de Serviço	40
3.2.2	WiMAX e Arquitecturas Rádio	40
3.2.2.1	Arquitectura WiMAX - UMTS	41
3.2.2.2	Arquitectura WiMAX - UMTS - WLAN	44
3.2.2.3	Arquitectura WiMAX - WLAN	48
3.2.2.4	Arquitectura WiMAX - DSL	49
4	Casos de Estudo	51
4.1	Redes Comunitárias	51
4.2	Redes Comunitárias Nacionais	52
4.2.1	Projectos de Redes Comunitárias Nacionais	60
4.2.1.1	Rede Comunitária do Vale do Minho	60
4.2.1.2	Valimar.Net	61
4.2.1.3	Rede Comunitária de Banda Larga da Terra Quente Trans- montana	65
4.3	Redes Comunitárias Internacionais	67
4.3.1	Projectos de Redes Comunitárias Internacionais	71
5	Análise de Solução via Rádio	77
5.1	Parâmetros do Sistema	77
5.1.1	Bandas de Frequência	77

5.1.2	Modulações e Débito	78
5.1.3	Modelo de Propagação	78
5.2	Parâmetros das Simulações	79
5.2.1	Estação Base WiMAX	80
5.2.2	Terminal Móvel	81
5.3	Vale do Minho	81
5.3.1	Conclusões	86
5.4	Região Demarcada Douro	91
5.4.1	Conclusões	94
6	Conclusão	99
A		103
B		111
	Referências	119

Lista de Figuras

2.1	Evolução do Número de Clientes de Banda Larga	5
2.2	Utilização de Serviços de Banda Larga na UE	6
2.3	Localização de Centrais com DSLAM na Zona Norte do País	8
2.4	Localização de Centrais com DSLAM e Densidade Populacional	8
2.5	Cobertura da Rede TMN	9
2.6	Cobertura da Rede Optimus	10
2.7	Cobertura da Rede Vodafone	10
2.8	Cobertura da Rede Zapp	11
2.9	Mapa da Região Norte	12
2.10	Calendário para o BWA	21
3.1	OFDM	27
3.2	OFDMA	27
3.3	Comparação entre <i>Mobile</i> WiMAX, HSPA e 3xEVDO Rev B	28
3.4	Complementaridade entre Tecnologias Rádio	29
3.5	Arquitectura de Rede WiMAX	32
3.6	Entidades do <i>Network Reference Model</i>	33
3.7	Pontos de Referência ASN	34
3.8	Arquitectura de Controlo de Acessos	37
3.9	Processo <i>Hard Handover</i> — Fonte: [14]	39
3.10	Arquitectura UMTS	42
3.11	Grupos Funcionais WiMAX e UMTS	42
3.12	Arquitectura WiMAX - UMTS — Fonte: [17]	43
3.13	Arquitectura UMTS - WLAN — Fonte: [18]	45
3.14	Primeira Proposta de Arquitectura WiMAX - UMTS - WLAN	47
3.15	Segunda Proposta de Arquitectura WiMAX - UMTS - WLAN	48
3.16	Arquitectura WiMAX - WLAN — Fonte: [19]	48
3.17	Alinhamento entre Arquitectura WiMAX e DSL — Fonte: [20]	49
3.18	Arquitectura WiMAX - DSL — Fonte: [20]	50
4.1	Montagem Jurídica Francesa	71
4.2	Elementos Chaves de Projectos de Banda Larga	72
5.1	Comparação entre Modelos de Propagação em Hong Kong (China)	79
5.2	Comparação entre Modelos de Propagação em Albis (Suíça)	79
5.3	Comparação entre Modelos de Propagação no Grand Canyon (EUA)	79
5.4	Diagrama de Radiação da Antena Sira 3.5 WLL 14-120	80
5.5	Parâmetros das Estações Base introduzidos no WinProp	81
5.6	Parâmetros dos Terminais Móveis introduzidos no WinProp	81

5.7	<i>Sites</i> no Vale do Minho	82
5.8	Municípios e Freguesias do Vale do Minho	83
5.9	Topografia do Terreno	84
5.10	Ligação entre Antenas (a)	84
5.11	Ligação entre Antenas (b)	84
5.12	Estações Base no Vale do Minho	85
5.13	Vale do Minho - <i>Best Server</i>	86
5.14	Vale do Minho - <i>Max. Received</i>	86
5.15	Vale do Minho - <i>SNIR</i>	86
5.16	Função Densidade de Probabilidade <i>Max. Received</i>	87
5.17	Função Distribuição Acumulada <i>Max. Received</i>	87
5.18	Vila Nova de Cerveira - <i>Max. Received</i>	88
5.19	Vila Nova de Cerveira - Função Densidade de Probabilidade <i>Max. Received</i>	88
5.20	Vila Nova de Cerveira - Função Distribuição Acumulada <i>Max. Received</i>	89
5.21	Vila Nova de Cerveira - <i>SNIR</i>	89
5.22	Vila Nova de Cerveira - Função Densidade de Probabilidade <i>SNIR</i>	90
5.23	Vila Nova de Cerveira - Função Distribuição Acumulada <i>SNIR</i>	90
5.24	Vila Nova de Cerveira <i>Best Server</i>	91
5.25	Quintas da Região Demarcada do Douro	91
5.26	Estações Base na Região Demarcada do Douro	92
5.27	Região Demarcada do Douro - <i>Best Server</i>	93
5.28	Região Demarcada do Douro - <i>Max. Received</i>	93
5.29	Região Demarcada do Douro - <i>SNIR</i>	93
5.30	Região Demarcada do Douro - Amostra de <i>Max. Received</i>	94
5.31	Região Demarcada do Douro - Função Densidade de Probabilidade <i>Max. Received</i>	95
5.32	Região Demarcada do Douro - Função Distribuição Acumulada <i>Max. Received</i>	95
5.33	Região Demarcada do Douro - <i>SNIR</i>	96
5.34	Região Demarcada do Douro - Função Densidade de Probabilidade <i>SNIR</i>	96
5.35	Região Demarcada do Douro - Função Distribuição Acumulada <i>SNIR</i>	97
5.36	Região Demarcada do Douro - <i>Best Server</i>	97
A.1	<i>Sites</i> no Vale do Minho	104
A.2	Municípios e Freguesias do Vale do Minho	105
A.3	Estações Base no Vale do Minho	106
A.4	Vale do Minho - <i>Best Server</i>	107
A.5	Vale do Minho - <i>Max. Received</i>	108
A.6	Vale do Minho - <i>SNIR</i>	109
B.1	Quintas da Região Demarcada do Douro	112
B.2	Estações Base na Região Demarcada do Douro	113
B.3	Região Demarcada do Douro - <i>Best Server</i>	114
B.4	Região Demarcada do Douro - <i>Max. Received</i>	115
B.5	Região Demarcada do Douro - <i>SNIR</i>	116

Lista de Tabelas

2.1	Número de Operadores de Serviço de <i>Internet</i>	3
2.2	Evolução do Número de Clientes de Acesso Fixo à <i>Internet</i>	4
2.3	Evolução do Número de Clientes de Acesso Fixo de Banda Larga	4
2.4	Evolução das Cotas de Mercado	5
3.1	Perfis WiMAX	26
3.2	Frequências Disponíveis para o BWA	30
3.3	Preocupações de Cliente e Operador	35
3.4	Resposta às Preocupações de Cliente e Operador	37
5.1	Esquemas de Modulação e Débitos Associados — Fonte: [34]	78
5.2	Parâmetros das Estações Base	80
5.3	Municípios do Vale do Minho	82
5.4	Percentagem da População Coberta nos Municípios do Vale do Minho . . .	83

Capítulo 1

Introdução

Numa economia mundial cada vez mais competitiva é necessário delinear estratégias capazes de criar condições para que os países mais atrasados consigam atingir níveis de competência e requalificação em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), próximas dos países mais avançados.

No quadro da União Europeia (UE) foram definidos objectivos para que a sua economia, baseada em conhecimento, se torne na mais competitiva e dinâmica do mundo, capaz de evoluir de forma sustentada com mais e melhor coesão social. Estando Portugal inserido na UE terá que contribuir para esses objectivos. A estratégia nacional passa por promover a utilização generalizada de TIC em todos os sectores empresariais, instituições (públicas e privadas) e cidadãos, garantida pelos seguintes pontos:

- A Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável;
- As Grandes Opções do Plano;
- O Plano Nacional de Acção para o Crescimento e Emprego;
- O Plano Tecnológico.

Como base das estratégias supracitadas está a utilização generalizada da *Internet*.

A *Internet*, nomeadamente a *Internet* de banda larga, terá um papel central na inovação de todos os sectores da sociedade, possibilitando uma rede de informação e de conhecimento a nível nacional e mundial, promovendo uma cidadania moderna e garantindo a competitividade do mercado, estimulando o desenvolvimento científico e tecnológico.

Com base nesta tecnologia será efectuado um levantamento do estado das comunicações em Portugal e de forma mais pormenorizada a nível do norte do país. A partir deste conhecimento generalizado serão analisadas opções a ter em conta para suprir as eventuais necessidades existentes nesta área em termos de cobertura do acesso à *Internet* de banda larga. Entre essas opções encontram-se os projectos de redes comunitárias e as tecnologias rádio. É com base nestas últimas tecnologias que se realiza um planeamento nas regiões do Vale do Minho e Douro.

Para este efeito, a tese está estruturada em quatro capítulos. No primeiro capítulo é efectuado o retrato actual das comunicações nacionais, salientando-se possíveis lacunas na sua disponibilização aos agregados populacionais mais desfavorecidos. No segundo capítulo é apresentada e analisada uma das tecnologias rádio que mais tem suscitado interesse a nível internacional, de forma a compreender as suas características e as potenciais vantagens na sua introdução em regiões desfavorecidas. Por sua vez, no terceiro capítulo aborda-se o tema das redes comunitárias a nível nacional e internacional, com especial enfoque para os modelos utilizados para a sua implementação. Para finalizar, no quarto capítulo, é realizado um planeamento recorrendo à tecnologia rádio nos dois cenários supracitados. Nas conclusões finais são explicitados alguns pontos-chave que emergiram de todo o trabalho levado a cabo.

Capítulo 2

Enquadramento

No presente capítulo é realizado um levantamento de tecnologias de banda larga a nível nacional e com maior incidência no norte do país. Esta pesquisa visa apresentar o estado das tecnologias de comunicação e informação, sendo essencial reconhecer eventuais falhas que surjam na sua disponibilização e utilização por parte dos agregados populacionais. Posteriormente, é acompanhado e analisado o processo de introdução de um grupo de tecnologias de banda larga em Portugal, a par do que se tem efectuado a nível europeu e mundial.

2.1 Enquadramento da Banda Larga em Portugal

Numa perspectiva nacional e de acordo com o relatório de Informação Estatística do Serviço de Acesso à *Internet* referente ao quarto trimestre de 2007 - elaborado pela autoridade nacional de comunicações ANACOM - o número de prestadores de serviço de acesso fixo à *Internet* têm vindo a aumentar face aos anos anteriores (tabela 2.1), estando em actividade 25 operadores de acesso fixo à *Internet* de banda larga.

	4T06	1T07	2T07	3T07	4T07
Número de Prestadores Registrados – Tecn. Fixas	38	38	42	42	42
Número de Prestadores em Actividade – Tecn. Fixas	28	29	33	34	35

Fonte: ICP-ANACOM

Tabela 2.1: Número de Operadores de Serviço de *Internet*

No que diz respeito ao serviço móvel, existe também a oferta de banda larga, estando três operadoras habilitadas a fornecer o serviço recorrendo à tecnologia UMTS¹ e uma

¹Para além da tecnologia UMTS, está a ser fornecida *Internet* de banda larga de mais alto débito através de HSDPA (High Speed Downlink Packet Access).

operadora recorrendo à tecnologia CDMA2000².

Quanto ao número de assinantes dos tipos de acesso acima citados, tem-se verificado um aumento em ambos, mas com um ritmo de crescimento mais acentuado para o acesso móvel. Para além do crescimento verificado para a *Internet* móvel, a sua utilização por parte dos clientes também aumentou.

Em sentido contrário ao verificado, aparece o acesso *dial-up* que tem revelado um decréscimo desde há alguns anos, resultado da migração dos utilizadores para o acesso em banda larga. Dos clientes de serviço fixo de acesso à *Internet*, cerca de 94% utiliza a banda larga. A tabela seguinte ilustra a evolução do número de clientes de acesso fixo à *Internet*:

	2007		Variação	
	3º Trim.	4º Trim.	4T07/ 3T07	4T07/ 4T06
Número Total de Clientes	1.672.660	1.727.374	3,3%	9,2%
Clientes de banda larga (fixa)	1.567.016	1.628.050	3,9%	14,2%
Clientes de acesso <i>dial-up</i>	105.645	99.324	-6,0%	-36,5%

Fonte: ICP-ANACOM

Tabela 2.2: Evolução do Número de Clientes de Acesso Fixo à *Internet*

Em termos de banda larga fixa a tecnologia ADSL representa cerca de 62% do total e a tecnologia por cabo cerca de 37%.

	2007		Variação	
	3º Trim	4º Trim	4T07/ 3T07	4T07/ 4T06
Total de Clientes, dos quais:	1.567.016	1.628.050	3,9%	14,2%
Clientes de acesso ADSL	971.188	1.007.234	3,7%	14,0%
% do Total de banda larga fixa	62,0%	61,9%		
Clientes de acesso modem por cabo	585.066	605.887	3,6%	12,7%
% do Total de banda larga fixa	37,3%	37,2%		
Outros	10.762	14.929	38,7%	223,1%
% do Total de banda larga fixa	0,7%	0,9%		

Fonte: ICP-ANACOM

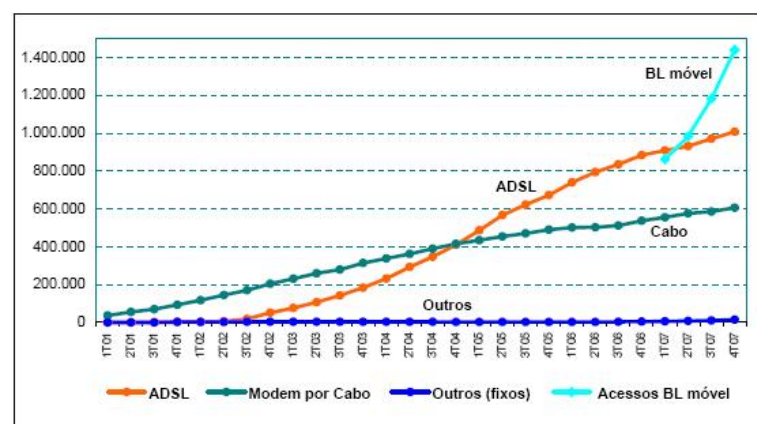
Tabela 2.3: Evolução do Número de Clientes de Acesso Fixo de Banda Larga

Na tabela anterior as ofertas de circuitos alugados e FWA³ estão incluídas na última linha ("*Outros*").

²A tecnologia disponibilizada pela empresa é também designada por CDMA2000 Band Class 5.

³*Fixed Wireless Access*, em português, Acesso Fixo Via Rádio disponibiliza o acesso sem fios na rede local. Suporta débitos variáveis e funcionalidades idênticas ao acesso por par simétrico ou cabo.

A evolução do número de clientes de banda larga pode ser visualizada na figura seguinte:



Fonte: ICP-ANACOM

Figura 2.1: Evolução do Número de Clientes de Banda Larga

No que diz respeito a operadores em território nacional e relativamente às cotas de mercado de acessos em banda larga fixa tem-se vindo a verificar, ao longo dos anos, um decréscimo do Grupo PT (Portugal Telecom) face à concorrência. A tabela seguinte demonstra a evolução das cotas de clientes de banda larga no acesso fixo:

	2006	2007			
	4º Trim.	1º Trim.	2º Trim.	3º Trim.	4º Trim.
Grupo PT	70,8%	70,2%	69,7%	69,1%	68,5%
PT.COM	45,2%	44,8%	44,1%	43,9%	42,1%
TV Cabo ⁵	23,8%	23,6%	23,3%	22,8%	22,7%
PT Prime	0,3%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%
CaboTV Madeirense	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%
CaboTV Açoreana	0,0%	0,0%	0,3%	0,4%	0,5%
PT Wi-Fi	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
PT Comunicações	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%
Prestadores Alternativos	29,2%	29,8%	30,3%	30,9%	31,5%
Cabovisão	10,3%	10,5%	10,5%	10,3%	10,1%
Novis	9,2%	9,6%	10,1%	14,7%	14,5%
ONITELECOM	6,1%	5,5%	4,9%	0,6%	0,3%
Outros Prestadores Alternativos	3,5%	4,2%	4,9%	5,3%	6,6%

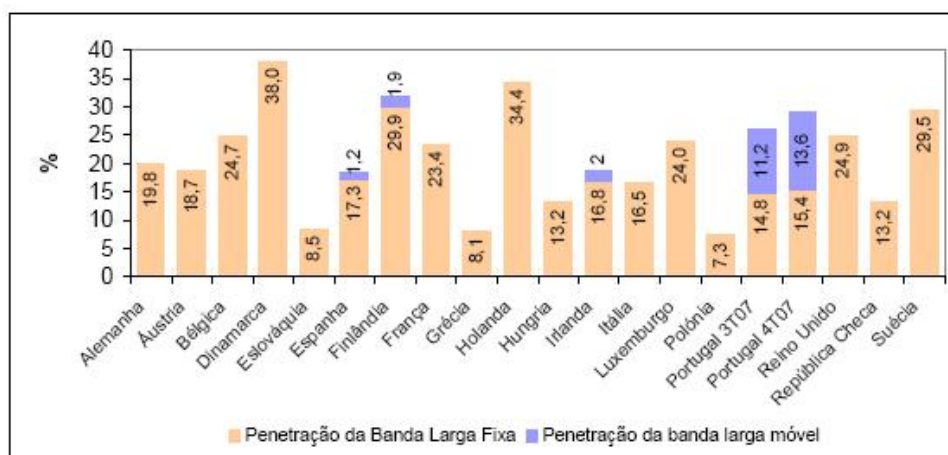
Fonte: ICP-ANACOM

Tabela 2.4: Evolução das Cotas de Mercado

É importante referir que o aumento das cotas dos prestadores alternativos de banda larga fixa é suportado em lacetes locais desagregados, reflexo da melhoria da Oferta de

Referência de Acesso ao Lacete Local (ORALL)⁴.

Já numa perspectiva europeia e de acordo com dados da ECTA (*European Competitive Telecommunications Association*) citados em [1], Portugal no final do terceiro trimestre de 2007 encontrava-se abaixo da média da UE dos 15 na penetração do serviço de acesso à banda larga fixa. A média situava-se nos 14,8% face aos 16,9% da UE. O gráfico da figura seguinte apresenta a informação disponível da utilização de serviços de banda larga fixa e móvel dos países da UE:



Fontes: ECTA Broadband Scorecard 3T07, ICP-ANACOM (penetrações para Portugal 3T07 e 4T07).

Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (penetração para Espanha, banda larga móvel 3T07). Definição de banda larga móvel: Número total de linhas que tenham sido utilizadas para serviços próprios da rede 3G, pelo menos uma vez nos últimos 90 dias. Por serviços próprios da rede 3G entendem-se: o serviço de acesso à Internet, TV móvel, vídeo-chamadas e downloads de músicas.

Commission for Communications Regulation (penetração para Irlanda, banda larga móvel 3T07). Definição banda larga móvel: N° de subscrições de banda larga móvel via HSDPA.
FICORA (penetração para Finlândia, banda larga móvel 3T07)

Figura 2.2: Utilização de Serviços de Banda Larga na UE

Os dados referentes à banda larga móvel não se encontram disponíveis na totalidade dos países, pois ainda não existe uma entidade responsável pela recolha de dados. No entanto, a Comissão Europeia já demonstrou intenções de mobilizar esforços nesse sentido.

⁴Esta oferta consiste na disponibilização do lacete local, pela Portugal Telecom, aos outros operadores licenciados para que estes procedam, junto do utilizador, à prestação dos seus serviços.

2.2 Enquadramento da Banda Larga na Região Norte

Concluída a caracterização dos serviços de banda larga a nível nacional, a análise recai agora sobre a situação na região norte do país.

De acordo com [2] existem entidades que, com a liberalização do mercado das telecomunicações, aproveitaram os investimentos associados ao seu negócio principal e criaram redes de fibra óptima ou apenas condutas ao longo das suas infra-estruturas, de modo a tornarem-se operadores e/ou prestadores de serviços de telecomunicações. Como exemplo de tal entrada no negócio das telecomunicações, constam empresas como a:

- REN (Rede Eléctrica Nacional);
- REN Gasodutos;
- Estradas de Portugal;
- REFER (Rede Ferroviária Nacional);
- ADDP (Águas do Douro e Paiva).

À semelhança de tais empresas e na sequência do projecto Cidades e Regiões Digitais, as autarquias de certos municípios decidiram também introduzir fibra óptica entre os diversos edifícios públicos de modo a melhorar a sua rede de comunicações. Este projecto das Cidades e Regiões Digitais visa promover o desenvolvimento da sociedade da informação e do conhecimento na região. Recentemente, na sequência de um concurso público, aberto pelo Programa Operacional da Sociedade do Conhecimento (POSC), surgiram alguns projectos de redes comunitárias que podem vir a ter um impacto importante a nível do norte do país. Este assunto será abordado em maior detalhe num capítulo posterior.

Em suma, este tipo de projectos poderá permitir o contínuo aumento da oferta de serviços, criando uma maior concorrência entre fornecedores, resultando assim num decréscimo dos preços praticados. No entanto, até ao momento, as ofertas não permitiram cobrir na sua totalidade a região norte. A zona litoral, Grande Porto⁵, apresenta um maior nível de infra-estruturação, potenciando assim a concorrência da oferta. Em situação inversa está a região interior, particularmente o Douro e Alto Trás-os-Montes, que apresenta zonas de quase inexistência de penetração dos serviços.

Tal como foi referido em termos nacionais, a nível da região norte também se verifica uma quebra de serviços *dial-up*, graças ao crescimento das tecnologias ADSL e de banda larga móvel. Esta quebra é mais acentuada nos meios urbanos e mais suave no interior, onde a cobertura móvel apresenta algumas deficiências. Na região norte e graças à maior densidade de centrais telefónicas, o serviço ADSL consegue cobrir uma vasta área de clientes. Esta tecnologia exige que o cliente se encontre até uma dada distância (que

⁵A zona do Grande Porto engloba as cidades de Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo, Vila do Conde e Vila Nova de Gaia.

varia com a tecnologia ADSL utilizada) da central local e em zonas com menor densidade populacional é natural não ser possível servir os assinantes mais longínquos.

Segundo [2], a chave para uma avaliação da cobertura do serviço de *Internet* de banda larga é analisar a localização das centrais da Portugal Telecom (PT) equipadas com DSLAM⁶, já que a maior parte da oferta de ADSL é efectuada directamente pela PT ou através da sua oferta grossista a operadores concorrentes. No sítio da ANACOM [3] é possível encontrar as centrais locais com DSLAM, até ao terceiro trimestre de 2007 no país. No entanto, como a análise actual incide na região norte, apenas essa é apresentada na figura seguinte:

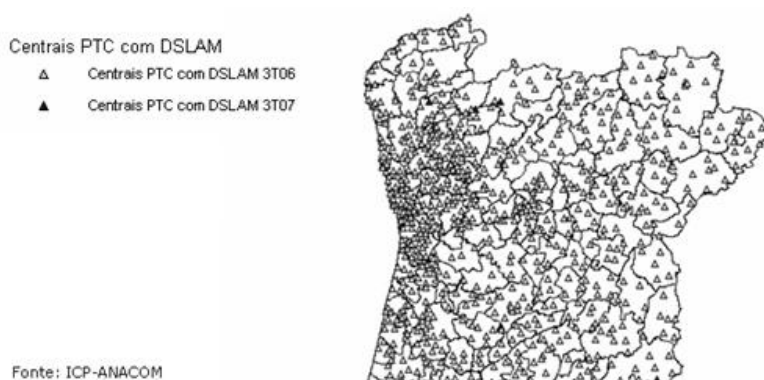


Figura 2.3: Localização de Centrais com DSLAM na Zona Norte do País

A mesma situação anterior está patente na figura que se segue, mas agora inclui-se a densidade populacional:

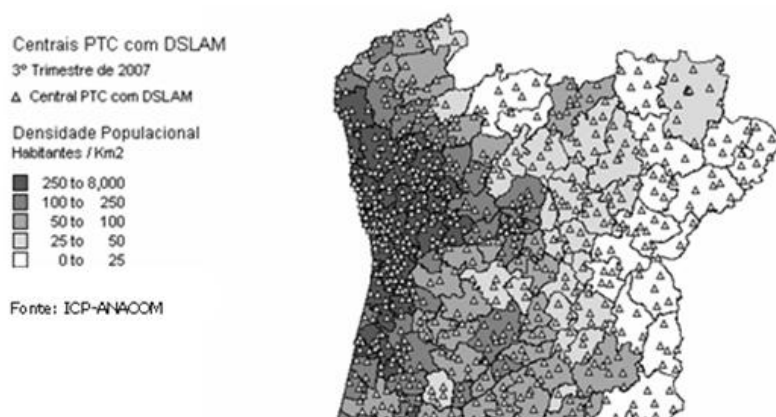


Figura 2.4: Localização de Centrais com DSLAM e Densidade Populacional

⁶ *Digital Subscriber Line Access Multiplexer* está localizado em centrais telefónicas e é responsável por ligar as conexões DSL, dos assinantes, a uma linha ATM de alta velocidade.

Como é fácil concluir a partir das figuras anteriores, a zona litoral - de maior densidade populacional - apresenta uma maior concentração de centrais equipadas com DSLAM e como seria de esperar a zona interior, de menor densidade populacional, apresenta fraca cobertura a nível de centrais locais.

No que diz respeito ao acesso à banda larga móvel, este é disponibilizado pelas tecnologias seguintes:

- GPRS (2.5G);
- UMTS (3G);
- HSDPA e HSUPA (3.5G);
- CDMA2000.

Em Portugal existem quatro operadoras responsáveis por fornecer o serviço de banda larga móvel. As operadoras Optimus, TMN e Vodafone só não disponibilizam o serviço móvel recorrendo à tecnologia CDMA2000, sendo esta apenas fornecida pela operadora Zapp.

Em termos de cobertura do território, as operadoras disponibilizam mapas de cobertura nacional das tecnologias 3G, com a excepção da Vodafone que apenas disponibiliza mapas de cobertura GSM/GPRS. De seguida são apresentados os referidos mapas, mas apenas para a região de interesse, a região norte.

- Cobertura TMN:

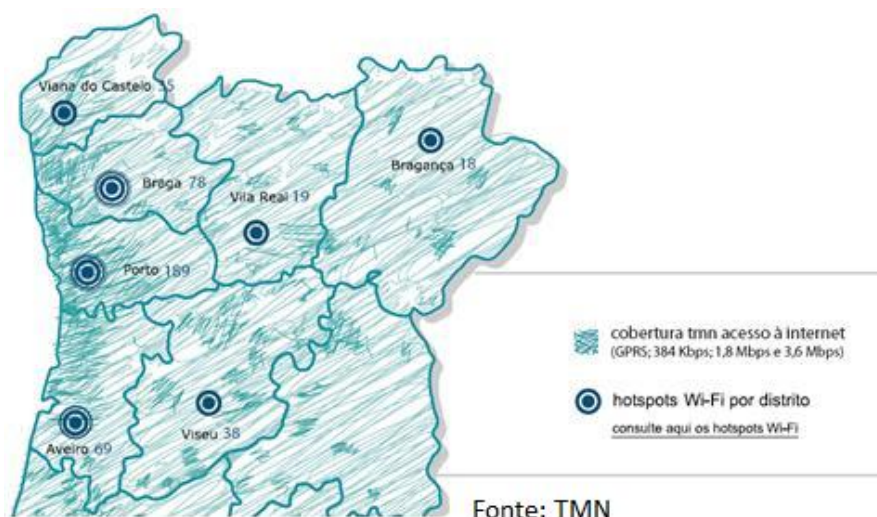


Figura 2.5: Cobertura da Rede TMN

- Cobertura Optimus:

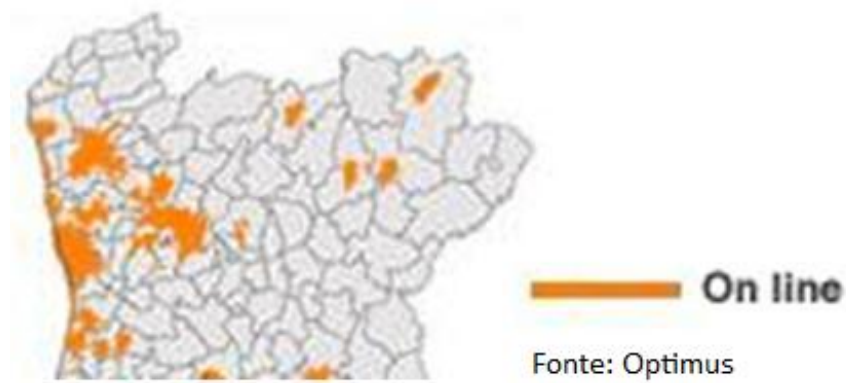


Figura 2.6: Cobertura da Rede Optimus

A imagem apresentada, referente à cobertura Optimus 3G, data de 2005.

- Cobertura Vodafone:

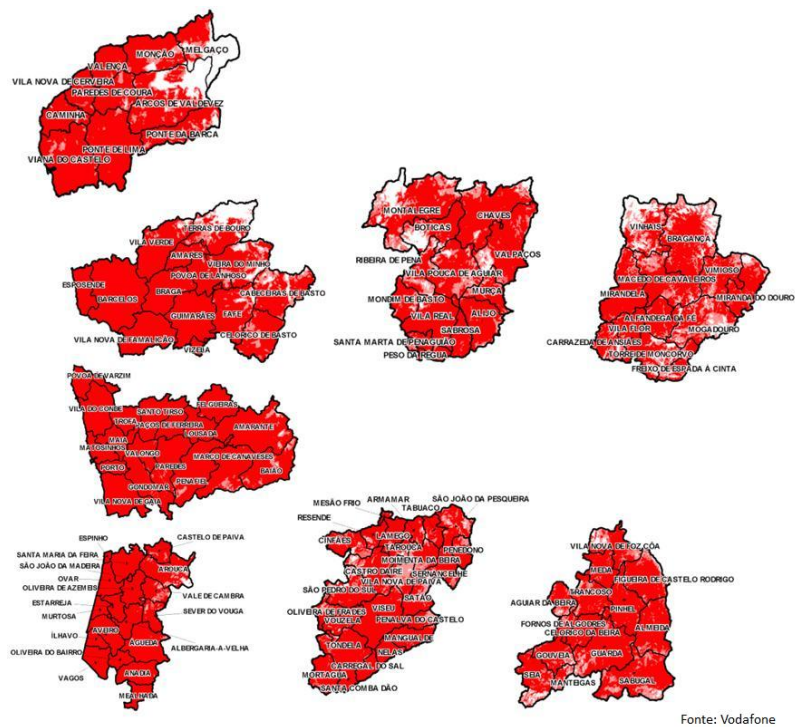


Figura 2.7: Cobertura da Rede Vodafone

- Cobertura Zapp:

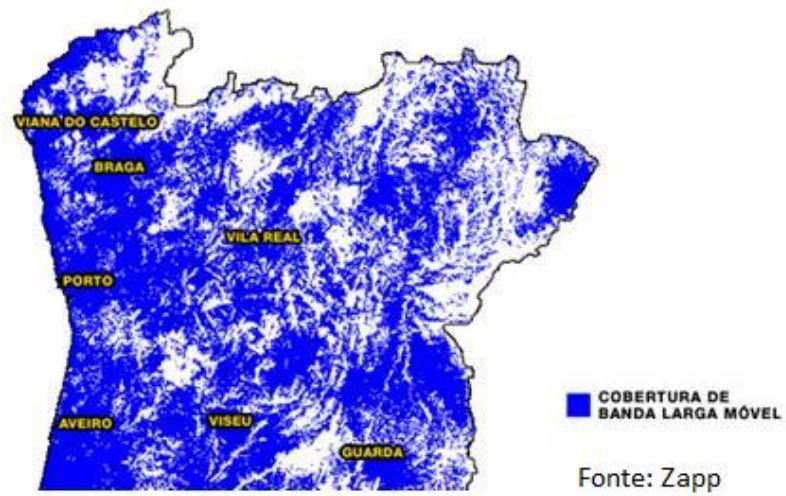


Figura 2.8: Cobertura da Rede Zapp

É visível pelos mapas de cobertura apresentados que as regiões litorais e seus centros urbanos, bem como as capitais de distrito são claramente beneficiados quer em cobertura, quer em mais opções de acesso à banda larga móvel. As regiões do Douro e Alto Trás-os-Montes apresentam-se, mais uma vez, como as mais desfavorecidas.

2.3 Regiões Desfavorecidas e o BWA

Terminada a análise nacional e regional da disponibilidade de tecnologias de informação e de comunicação, é possível extrair algumas conclusões no que diz respeito à sua cobertura e oportunidade de acesso pelos agregados populacionais a nível do norte do país.

Para efeitos de análise e de acordo com o nível NUTS⁷ II, a zona norte é constituída pelas regiões visíveis na figura 2.9. O estudo em cada uma dessas regiões é efectuado a nível NUTS III.



Figura 2.9: Mapa da Região Norte

As regiões do interior, nomeadamente Douro e Alto Trás-os-Montes são as que mais sofrem de problemas de cobertura e falta de oferta a nível de operadores de telecomunicações. No entanto, não são apenas essas as regiões problemáticas, também foram detectadas falhas a nível do nordeste Minho - Lima, nordeste do Cávado, Ave e Tâmega junto à fronteira com o Alto Trás-os-Montes. As regiões do Grande Porto e Entre Douro e Vouga são as exceções.

Embora a região da Guarda, na sua totalidade, não seja abrangida pela região norte, segundo a NUTS II, fica aqui registada como apresentando não só algumas falhas a nível de cobertura na sua zona norte, centro e interior junto a Espanha, como também limitada a nível de oferta de operadores de telecomunicações.

Esta falha na cobertura e oferta de tecnologias de comunicação potencia o aparecimento de regiões infoexcluídas, isto é, regiões onde os agregados populacionais não têm acesso às mesmas condições que os grandes agregados de zonas metropolitanas. Neste contexto pode-se, assim, considerar que estas são regiões desfavorecidas. Por regiões desfavorecidas entende-se, portanto, regiões caracterizadas de um modo geral por dois grandes factores.

⁷A Nomenclatura de Unidades Territoriais para fins Estatísticos define o país em sub-regiões. A NUTS II define para a zona norte, as regiões Minho-Lima, Cávado, Ave, Grande Porto, Entre Douro e Vouga, Tâmega, Douro e Alto Trás-os-Montes.

O primeiro factor prende-se com a baixa densidade populacional comparativamente com outras regiões do mesmo universo de estudo. Normalmente esta situação resulta da migração da população activa para os grandes centros urbanos, ficando estas regiões com a população mais envelhecida. Esta população activa, pretende encontrar condições que lhes permitam um acesso qualitativamente melhor e mais diversificado à informação, potenciando a melhoria da sua qualidade de vida. O segundo factor potenciador prende-se com a falta de investimento em tecnologias de comunicação, por parte de entidades competentes. Estas baseiam-se não só na densidade populacional, mas também no estrato social prevalente. Consideram que investir em locais com tendência a tornarem-se cada vez mais desertificados não produz as tão desejadas margens de lucro que encontram nos grandes centros urbanos. Assim, analisando profundamente esta questão, não é possível atribuir à migração da população ou à falta de investimento um peso maior neste problema, pois o aumento de um deles potenciará naturalmente o aumento do outro. Estes dois factores em conjunto levam a que estas regiões sofram de um grave défice de desenvolvimento, potenciando cada vez mais o abandono da população activa e a falta de investimento.

A questão aqui debatida, das regiões desfavorecidas, não se coloca só a nível regional ou nacional, esta problemática é mundial. Cada vez mais há uma maior necessidade em fornecer acesso à informação e a conteúdos multimédia em qualquer local e em qualquer instante. O acesso à *Internet* está a crescer no sentido da *Ubiquitous Internet*, isto é, a *Internet* em qualquer lado e a qualquer momento. A distribuição massiva de conteúdos implica esforços em desenvolver novas tecnologias. A autoridade de comunicações, ANACOM, tem vindo a acompanhar a nível internacional o debate sobre a introdução de uma tecnologia que tem suscitado um grande interesse. Esta tecnologia faz parte de um grupo de tecnologias, o qual é apresentada no próximo capítulo, onde é abordada a sua introdução em Portugal. Num capítulo subsequente é apresentada, a referida tecnologia, a um nível mais técnico.

2.3.1 Enquadramento Legislativo do BWA

No contexto do acesso de banda larga via rádio - BWA⁸ (Broadband Wireless Access) - a ANACOM, efectuou o lançamento de uma consulta pública para a sua introdução em Portugal. Este lançamento foi aprovado por deliberação de 23 de Novembro de 2006, no contexto do que se debateu na Comissão Europeia e na Conferência Europeia das Administrações de Correios e Telecomunicações (CEPT) no âmbito da iniciativa i2010 e também com vista a reformular os direitos de utilização do espectro atribuído, proveniente dos resultados da consulta pública do acesso FWA.

Com o objectivo de entender os requisitos do BWA e de que forma este poderia suprir eventuais necessidades do mercado das telecomunicações, a ANACOM elaborou um conjunto de questões que considerou essenciais, tendo em conta aspectos como:

⁸Termo descritivo para novas tecnologias de banda larga sem fios, que engloba aplicações fixas, nómadas e móveis.

- Enquadramento do BWA — Com principal destaque para as tecnologias abrangidas, as potências utilizadas, modulações, normas, serviços, aspectos positivos e fragilidades;
- Utilização de Frequências — Que frequências considerar com base no contexto internacional e que comentários resultam das recomendações efectuadas pela CEPT/ECC para o BWA no documento [4];
- Implementação do BWA em Portugal — Como se poderia efectuar a atribuição de direitos e serviços, se a nível nacional ou regional e que critérios seriam os mais adequados;
- Introdução no mercado de sistemas BWA — Aspectos importantes nos sistemas BWA que reuniram as condições para a sua implementação com sucesso e em que intervalo de tempo se perspectivaria que esses sistemas atingiriam essas condições.

Para além destas questões a ANACOM chamou a atenção que a consulta não se restringia apenas a uma tecnologia específica, mas sim a todas as abrangidas pelo sistema BWA. Para esta consulta pública, [5], foi fixado um prazo de 20 dias, para a recepção de respostas de potenciais interessados. Contudo, o prazo foi alargado e a recepção dos comentários terminou a 8 de Janeiro de 2007. Mais tarde, por deliberação de 14 de Junho de 2007, foi aprovado o relatório de consulta [6], ao qual responderam 19 entidades, das quais:

- 9 entidades registadas e habilitadas a prestar serviços de comunicações electrónicas;
- 5 entidades relacionadas com equipamentos;
- 1 entidade consultora;
- 2 entidades não lucrativas;
- 2 entidades particulares.

Responderam, assim, as entidades:

- Sr. António Ferreira;
- Alcatel - Lucent;
- Cabo TV Madeirense;
- EMACOM;
- Ericsson;

- Grupo PT⁹;
- Sr. Hugo Cunha;
- Grupo SGC Telecom (em representação das suas participadas WTS e AR-Telecom);
- Intel Corporation;
- Manuel de Azevedo, U. Lda (em seu nome e em representação da sua parceira Short-cut - Consultadoria e Serviços de Tecnologias de Informação, Lda);
- Neuvox - Telecomunicações, Marketing e Informática, Lda;
- Onitelecom;
- Radiomóvel Telecomunicações, S.A.;
- Samsung Electronics UK;
- SAP/REG (Satellite Action Plan Regulatory Group);
- Sonaecom, SGPS, S.A.;
- Vodafone Portugal - Comunicações Pessoais, S.A.;
- WiMAX Forum;
- ZTE Corporation.

Nas respostas às questões colocadas pela autoridade das comunicações e no que diz respeito ao Enquadramento do BWA, foram salientados como aspectos positivos o facto deste tipo de sistemas poder desempenhar um papel interessante na oferta de serviços de alto débito e multimédia. A necessidade de haver um controlo das características técnicas e operacionais do espectro não licenciado e o facto de não estarem ainda definidas as suas condições de exploração, são algumas das fragilidades encontradas. Ainda neste enquadramento foram identificadas as tecnologias BWA de interesse, destacando-se:

- As utilizadas nas faixas de frequências dos 3.6 GHz, 5.8 GHz (BFWA), 24.5 GHz e 27.5 GHz;
- GSM (EDGE), WCDMA, HSDPA, HSUPA, CDMA2000 e 1xEVDO;
- WiFi (802.11x), incluindo *meshed* WiFi;
- IEEE 802.16-2004, IEEE 802.16e-2005, IEEE 802.20 (Mobile WiFi) e WiBro;
- ETSI HIPERMAN (*HIgh PErformance Radio Metropolitan Area Network*);

⁹Posição comum das empresas Portugal Telecom SGPS, PT Comunicações, PT Multimédia SGPS, PT Prime, PT Wi-Fi e TMN

- Flash-OFDM, iBurst, T-MAX, UMTS-TDD, RipWare, IPWireless;
- Sistemas ponto-a-ponto nas faixas de 60/70/80/90 GHz e FSO;
- Sistemas UWB (modulação por dispersão);
- Sistemas SDR (*Software Defined Radio*).

Foram tecidos alguns comentários a certas faixas de frequência, nomeadamente as faixas dos 3.6 GHz, 5 GHz, 24.5 GHz e 27.5 GHz. No que diz respeito aos parâmetros radioelétricos dos sistemas BWA, apenas se destaca o realce para que os equipamentos respeitem as decisões e recomendações da União Internacional das Telecomunicações - Sector de Radiocomunicações ([UIT-R](#)) e da CEPT.

Nas questões abordadas no tema Utilização de Frequências e no que concerne às decisões e recomendações da CEPT/ECC, houve unanimidade nas respostas, concordando com o documento. Já no que diz respeito às frequências que se consideram adequadas para os sistemas BWA, as respostas foram variadas, destacando-se vários comentários para as faixas:

- 2.3 - 2.4 GHz;
- 2.5 - 2.69 GHz;
- 2.7 - 2.9 GHz;
- 3.4 - 3.8 GHz;
- 3.8 - 4 GHz;
- 5.8 GHz (5.725 - 5.850 GHz).

Destas, destacam-se as faixas 3.4 - 3.8 GHz e 5.725 - 5.850 GHz, que motivaram mais comentários por partes das entidades.

Quanto ao grupo de questões sob o tema Implementação do BWA em Portugal e à questão *"Considera que o acesso às frequências BWA deverá ser restringido a determinadas entidades? Em caso afirmativo, indique quais e as razões que podem motivar a imposição de restrições."*, o documento destaca as respostas de 11 entidades, as quais:

- Grupo PT — Considera o acesso livre para a faixa dos 5.8 GHz a todas as entidades que respeitem as condições de utilização estabelecidas; acesso limitado para todas as faixas sujeitas à atribuição de direitos, afirmando que este regime deve ser aplicado à faixa dos 3.6 GHz;
- Onitelecom — Esta entidade entende que o acesso às faixas BWA deve ser limitado a operadores de telecomunicações e a operadores que não detenham plataformas próprias de acesso (redes fixas incumbentes de cabo e cobre);

- Emacom — Refere que deve ser dada prioridade às entidades que usem as tecnologias BWA no seu modelo de negócio principal;
- Grupo SGC Telecom — Segundo esta entidade, as frequências não devem ser atribuídas a detentores de infra-estruturas de cabo ou cobre;
- Sonaecom — Entidade com maior participação nesta questão, refere que é benéfico para o desenvolvimento do mercado nacional se a entidade que controla a rede de cobre e cabo não tiver acesso às frequências BWA. Para justificar esta posição dá o exemplo de Espanha e Noruega onde a Telefónica e NPT foram excluídas dos concursos de atribuição de licenças BWA e na faixa dos 3.5 GHz, respectivamente. Refere ainda o exemplo de Itália, em que a Telecom Itália foi autorizada a participar nos leilões das frequências, mas nos 4 anos seguintes ficou restringida na prestação de serviços. No que diz respeito aos operadores móveis, esta entidade refere que estes devem ter direito à participação no licenciamento, pois se posicionam para as utilizar de forma eficiente;
- Vodafone — Refere que entidades como o Grupo PT ou qualquer outra entidade dominante em serviços de banda larga não devem ter acesso a direitos BWA, de forma a criar ofertas concorrentes por operadores alternativos. Refere ainda que o mercado BWA não deve ser restringido, mas que as frequências devem ser atribuídas a entidades que demonstrem capacidades técnicas e financeiras para operar tais infra-estruturas;
- Radiomóvel — Defende que devem ser privilegiadas as entidades que possam oferecer um serviço inovador e competitivo e que não possuam espectro para o fazer. Defende ainda que o acesso a tais frequências não deve ser permitido a operadores de UMTS;
- Neuvex — Considera que as restrições devem ser efectuadas a nível dos serviços prestados e não à obtenção das licenças;
- WiMAX Fórum, Alcatel - Lucent e Intel Corporation — Afirmam ter preocupação com a excessiva fragmentação do espectro, resultante do processo de licenciamento.

Nas respostas à pergunta efectuada é compreensível que o Grupo PT não tenha qualquer interesse em discutir aspectos relacionados com a restrição de alguma entidade ou sector em particular. Já o mesmo não se verifica com algumas entidades, aparentemente lideradas pela Sonaecom e que expressam a vontade de que o modelo de atribuição das licenças exclua o Grupo PT, por este já ter grande peso nas outras infra-estruturas de comunicação. Nas questões relacionadas com a inclusão das operadoras móveis, as opiniões dividem-se e como seria de esperar a Sonaecom e Vodafone partilham da mesma opinião, apresentando argumentos como a experiência tecnológica e conhecimento do mercado para a sua inclusão.

Ainda no que diz respeito à Implementação do BWA em Portugal, as respostas à questão da oferta de serviços ser a nível nacional ou a nível regional, diferem. É de referir que há uma maior tendência dos fabricantes considerarem mais adequada a solução nacional. Quanto à solução regional ou à possibilidade de desagregação em áreas geográficas, esta foi manifestada por cinco entidades, entre elas, a Sonaecom e o Grupo PT. Este último refere que a faixa de frequência mais adequada para esse fim seria a dos 3.6 GHz, no entanto refere que a faixa dos 5.8 GHz poderá ser de âmbito nacional.

Quanto ao procedimento de atribuição de direitos/critérios de selecção, as opiniões tendem para a atribuição mediante concurso público. O Grupo PT considera que as entidades detentoras de direitos FWA possam instalar e explorar sistemas BWA. Refere também que a realização de um concurso público constitui um cenário possível, mas que ainda não estão reunidas as condições para ser bem sucedido, devido à falta de estabilização das especificações dos equipamentos e às condições de exploração do BWA. Considera, ainda, que a atribuição possa passar pela solicitação de interessados que apresentem projectos concretos a ser avaliados pela entidade reguladora. Por fim, refere que a atribuição de direitos através de leilão de blocos de frequências é desadequada. Outras entidades referem a importância de incluir como critérios, os conhecimentos técnicos e de negócio.

Finalmente, neste contexto de Implementação do BWA em Portugal, é de referir que a maior parte das entidades considera que uma oferta suportada em BWA irá complementar ofertas de outras tecnologias, nomeadamente, o Wi-Fi, DSL, 2G e 3G.

No que diz respeito à Introdução no mercado de sistemas BWA, foram colocadas algumas questões importantes. A primeira questão prende-se com as condições que as entidades consideram relevantes para que a implementação do BWA e tecnologias associadas sejam implantadas com sucesso. As respostas foram agrupadas segundo quatro categorias, as quais:

- Aspectos Tecnológicos;
- Questões Regulamentares;
- Cobertura;
- Condições de Mercado.

Quanto aos Aspectos Tecnológicos, as entidades, realçaram a necessidade de harmonização das faixas de frequência quer a nível nacional, quer a nível internacional. Preocupações como a quantidade de espectro mínima a atribuir, a certificação de equipamentos e a sua normalização fizeram também parte dos comentários.

No que concerne às Questões Regulamentares, para além de realçada a não imposição de restrições no modelo de utilização de tecnologias, foram referidas as seguintes posições:

- Licenças atribuídas por períodos de 15 a 20 anos;
- Obrigações menos restritivas para os operadores;
- Regulamentação nas áreas de instalação das antenas, nos municípios e condomínios;
- Controlo e fiscalização dos direitos de propriedade intelectual associados às tecnologias.

Para a cobertura salientaram-se as seguintes posições:

- Disponibilização justa e equitativa do espectro;
- Garantia da existência de interoperabilidade;
- Atribuição de direitos de frequências numa base de neutralidade tecnológica;
- Custos reduzidos relativamente aos direitos de utilização do espectro.

Na última categoria foram referidos como factores importantes para uma implementação bem sucedida, a sensibilização da população na correcta utilização das tecnologias rádio, nomeadamente ao nível dos riscos e impactos na saúde pública.

A finalizar o tema da Introdução no mercado de sistemas BWA foram apuradas as entidades que se mostraram interessadas na utilização e exploração comerciais das tecnologias, as quais se encontram na seguinte lista:

- Emacom;
- Neuvex;
- Onitelecom;
- Grupo PT;
- Sonaecom;
- Vodafone;
- Grupo SGC Telecom.

A finalizar a consulta foram tecidas algumas considerações adicionais para a introdução do BWA em Portugal, as quais retiradas do documento em análise e apresentadas de seguida:

- *"Nível de harmonização internacional das faixas de frequência";*

- *"A utilização extensiva das faixas em apreço";*
- *"Duração e custos da consignação do espectro";*
- *"Necessidades de disponibilidade de espectro no futuro";*
- *"Neutralidade Tecnológica";*
- *"Interoperabilidade e roaming são factores essenciais para o sucesso em grande escala";*
- *"A transmissão da titularidade dos direitos de utilização é uma questão do âmbito do comércio secundário do espectro que é um processo complexo e de elevado risco que, para ter sucesso, requer a participação e empenho de todas as partes interessadas, nomeadamente do ICP-ANACOM".*

Estudadas as respostas e considerações fornecidas pelas entidades, a ANACOM elaborou o plano de acção para o sistema BWA a introduzir em Portugal. Este plano de acção foi dividido em três grandes categorias:

- Faixas de Frequências, Tecnologias e Tipo de Utilização;
- Modo de Atribuição do Espectro;
- Cronograma.

Nestas categorias a entidade reguladora salientou o facto de serem disponibilizadas as faixas de frequência 3.4 - 3.8 GHz para aplicações fixas nómadas e móveis e a faixa dos 5.725 - 5.875 GHz limitada aos modos fixo e nómada, baseando-se sempre no princípio de neutralidade tecnológica para todas as faixas.

Para o primeiro agrupamento (3.4 - 3.8 GHz), a ANACOM pretende associar a cada direito de utilização, uma quantidade de espectro de 2x28 MHz, sendo privilegiado o modelo de atribuição de direitos por zonas. Ainda no que concerne a este agrupamento, a entidade considera que a atribuição de direitos deve ser limitada, estando na base desta decisão o interesse suscitado na consulta pública e a quantidade de espectro disponível. No processo de selecção de entidades a quem serão atribuídos os direitos de utilização, a ANACOM considera que este deva decorrer em regime de leilão, pois afigura-se como sendo um processo mais transparente para todos os interessados e menos interferente nos seus planos de negócio. A entidade reguladora espera, com estas medidas, estimular a utilização mais eficiente do espectro.

Por considerar que a introdução do BWA poderá potenciar a concorrência de ofertas de redes e serviços e abrir a possibilidade de entrada de novos operadores no mercado, a ANACOM refere que o processo de leilão deverá ocorrer em duas fases. Na primeira fase, deverão ser colocadas restrições às entidades:

- "Que já detenham espectro na faixa 3400 - 3800 MHz";
- "Que tenham sido designadas com poder de mercado significativo no mercado de banda larga";
- "Que disponham de direitos de utilização de frequências para a prestação do serviço móvel terrestre público".

Na segunda fase do leilão, não haverá qualquer restrição de acesso e serão colocadas as frequências não atribuídas na primeira fase.

Quanto à faixa dos 5.725 - 5.875 GHz, esta não deverá ter qualquer restrição de acesso.

Ainda no plano de acção é feita a referência às faixas de frequência 27.5 - 29.5 GHz e à utilização das faixas de frequência 3.4 - 3.8 GHz pelos operadores FWA.

No que diz respeito à faixa de frequência 27.5 - 29.5 GHz, a ANACOM, advertiu que ainda não estão criadas condições para se disponibilizar espectro adicional para as aplicações BWA, de um modo harmonizado. No entanto, esta considera que o caso deva ser acompanhado de perto e acrescenta que, tal como indicado no Quadro Nacional de Atribuição de Frequências (QNAF), as faixas 24.5 - 26.5 GHz foi submetida ao regime de acessibilidade plena.

Quanto aos operadores de FWA na faixa 3.4 - 3.8 GHz, é possível prestarem serviços segundo uma abordagem de neutralidade tecnológica, mas não abrangendo o modo móvel.

No plano de acção ainda foi definido o seguinte calendário para o BWA:

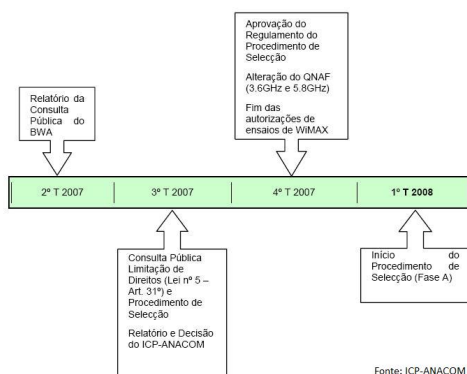


Figura 2.10: Calendário para o BWA

De acordo com a calendarização e por deliberação de 31 de Outubro de 2007, ficou aprovado o projecto de decisão [7] relativo à limitação do número de direitos de utilização de frequências reservadas para o BWA nas faixas 3.4 - 3.8 GHz e respectivo procedimento de atribuição.

No referido documento a ANACOM afirma que será considerado um prazo de 20 dias para a recepção de respostas dos interessados, sendo posteriormente disponibilizado o conteúdo de tais respostas se assim for o entender de cada um dos respondentes. Por fim serão analisadas todas as respostas e disponibilizado um relatório final. A finalizar [7] constam os termos do projecto de decisão:

”Face ao exposto, o Conselho de Administração do ICP-ANACOM, no âmbito das atribuições previstas nas alíneas c) e f) do artigo 6.º dos seus Estatutos, aprovados pelo Decreto-Lei n.º 309/2001, de 7 de Dezembro, na prossecução dos objectivos de regulação previstos no artigo 5.º da Lei n.º 5/2004, de 10 de Fevereiro, em especial na alínea a) do n.º 1 do referido artigo 5.º, e ao abrigo dos artigos 8.º, 15.º, 16.º e 31.º da mesma Lei n.º 5/2004, delibera o seguinte:

1. Limitar o número de novos direitos de utilização de frequências reservadas para o Acesso de Banda Larga Via Rádio (BWA), tendo em conta a divisão territorial por zonas conforme definido no anexo à Portaria n.º 1062/2004, de 25 de Agosto, da seguinte forma:

a) Dois direitos de utilização de frequências, em cada zona geográfica, correspondentes a 1 bloco de 2x28 MHz cada, na subfaixa 3400-3600 MHz;

b) Dois direitos de utilização de frequências, em cada zona geográfica, correspondentes a 1 bloco de 2x28 MHz cada, na subfaixa 3600 - 3800 MHz.

2. Definir que o procedimento de atribuição dos direitos de utilização de frequências referidos no número anterior será o de leilão.

3. Alterar o QNAF em vigor, de forma a reflectir em conformidade o disposto nos números anteriores.

4. Fixar em 20 dias úteis o prazo de resposta por escrito dos interessados no âmbito do procedimento geral de consulta a que se submete o presente projecto de decisão, devendo a informação considerada confidencial ser expressamente identificada pelos mesmos.

Lisboa, 31 de Outubro de 2007.”

Na sequência desta consulta, foram disponibilizados os comentários das seguintes entidades:

- G9 SA Telecomunicações, S.A.;
- Grupo Portugal Telecom;
- Grupo SGC Telecom;
- Inquam Broadband GmbH;
- Onitelecom - Infocomunicações, S.A.;
- Radiomóvel - Telecomunicações, S.A.;

- CATVP - TV Cabo Portugal, S.A.;
- Vodafone Portugal - Comunicações Pessoais, S.A.

Na generalidade os comentários, disponíveis em [8], concordam com a maioria dos termos do projecto de decisão. No entanto, as entidades Grupo PT e Vodafone apresentaram algumas observações, nomeadamente ao facto de serem excluídas da primeira fase do leilão, por terem grande peso no mercado nacional e também por, no caso do Grupo PT, terem já direitos FWA nas faixas 3.4 - 3.8 GHz. A TV Cabo também teceu alguns comentários no que diz respeito ao facto do modelo contemplar a divisão em regiões, ao invés do modelo nacional. Adverte ainda para o facto da faixa 2.5 GHz ter um grande potencial para o BWA.

Mais tarde, neste ano de 2008, a 24 de Janeiro foi aprovado o relatório de consulta.

Já a 7 de Fevereiro foi aprovado o lançamento de uma consulta para a selecção de uma entidade que proceda à análise, definição e suporte à implementação do sistema de leilões a realizar.

Neste momento e já ultrapassado o primeiro trimestre de 2008 a ANACOM refere que se encontra em fase inicial de definição do modelo de leilão e respectivas regras. Terminada esta fase, o modelo, o leilão e cronograma associado serão submetidos a consulta pública.

Capítulo 3

Arquitecturas

Neste capítulo é analisada uma das tecnologias rádio que mais tem suscitado interesse a nível internacional, de forma a compreender as suas características e as potenciais vantagens na sua introdução em regiões desfavorecidas.

3.1 WiMAX

WiMAX advém da contracção dos termos *Worldwide Interoperability for Microwave Access* e é conhecido por ser uma tecnologia de banda larga sem fios, cujos débitos se assemelham aos obtidos pelas tecnologias DSL e Modem Cabo (*Cable Modem*). É baseada na norma IEEE 802.16¹ e a sua primeira versão surgiu em 2001 com a publicação do IEEE 802.16-2001. Actualmente, existem duas normas de referência para esta tecnologia, embora a última a ser lançada seja considerada uma emenda. Assim, apresentam-se, respectivamente, a IEEE 802.16-2004² e a IEEE 802.16e-2005³.

Na literatura e de modo a facilitar a sua referência, a IEEE 802.16-2004 é muitas vezes designada por *Fixed* WiMAX e por 802.16d. Por sua vez, a IEEE 802.16e-2005 é designada por *Mobile* WiMAX e também por 802.16e. Esta utilização, por vezes um pouco descuidada, dos termos *Fixed* e *Mobile* pode induzir em erro e serem apenas consideradas as aplicações fixas ou móveis nas respectivas normas. Assim, de acordo com [9], são apresentados os perfis existentes em cada norma:

¹O IEEE 802.16 é uma unidade do IEEE 802 LAN/MAN *Standards Committee* e desenvolve standards e recomendações práticas de modo a suportar o desenvolvimento e implementação de *Broadband Wireless Metropolitan Area Networks*.

²IEEE 802.16-2004 *Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems* - engloba as versões anteriores (802.16-2001, 802.16c de 2002 e 802.16a de 2003).

³IEEE 802.16e-2005 *Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1*.

Perfil	Handover	802.16-2004	802.16e-2005
Fixo	Não	Sim	Sim
Nómada	Não	Sim	Sim
Portátil	<i>Best-effort</i>	Não	Sim
Móvel	Sim	Não	Sim

Tabela 3.1: Perfis WiMAX

Para cada perfil o [9] define também o respectivo tipo de acesso:

- Acesso Fixo — O terminal do utilizador pode aceder à rede numa única e determinada localização geográfica;
- Acesso Nómada — O terminal do utilizador é assumido como fixo, mas pode aceder à rede numa qualquer localização geográfica, sendo o terminal reconhecido em qualquer ponto de acesso;
- Acesso Portátil — O terminal do utilizador pode manter a conexão enquanto se movimenta a uma velocidade tipicamente reduzida (3 - 4 kmph), pois é esperado um *handover*⁴ em *best-effort*⁵;

- Acesso Móvel — Pode ser dividido em:

Simples – O terminal do utilizador mantém a sessão enquanto se movimenta a velocidades moderadas (até 60 kmph). A sessão não inclui aplicações em tempo real e o processo de *handover* assegura a continuidade do mesmo tipo de aplicações;

Completo – O terminal do utilizador mantém a sessão enquanto se movimenta a velocidades superiores (até 120 kmph). A sessão agora inclui aplicações em tempo real e o processo de *handover* assegura a continuidade do serviço e de todas as aplicações.

No que diz respeito à técnica de multiplexagem de dados, existem diferenças entre as duas normas, estando a 802.16-2004 associada à técnica OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) e a 802.16e-2005 associada à técnica SOFDMA (*Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access*).

OFDM, já utilizada na norma IEEE 802.11 (vulgarmente conhecida por WiFi), consiste numa técnica de multiplexagem que divide a largura de banda em N sub-portadoras diferentes. O fluxo de informação é, assim, dividido em pequenos fluxos paralelos de dados de débito reduzido, sendo modulado e transmitido em sub-portadoras ortogonais. A

⁴Em redes de comunicação móvel, nomeadamente em gestão de mobilidade de terminais, o sistema tem de assegurar a continuidade da ligação, permitindo ao utilizador movimentar-se na área coberta pela rede. A existência de *handover* significa que há transferência de canais entre células.

⁵*Best-Effort* é um termo utilizado para afirmar que um dado serviço não tem garantias de ser bem sucedido.

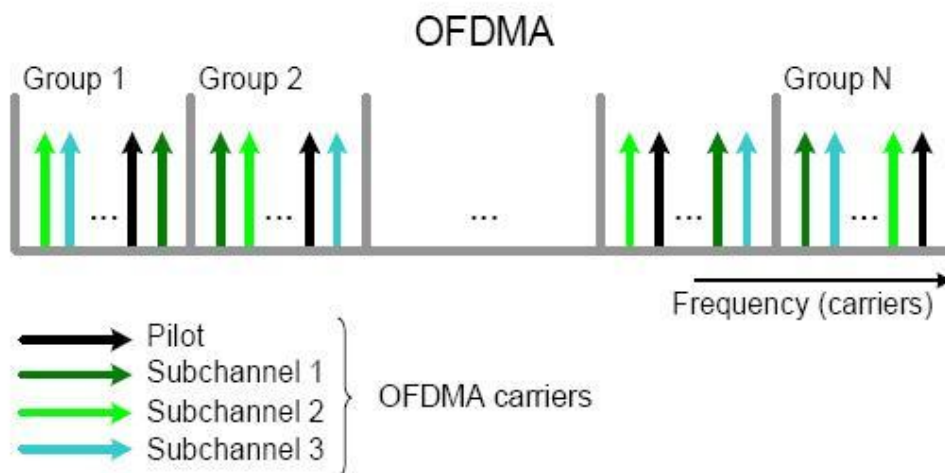
ortogonalidade entre as sub-portadoras permite minimizar o espaçamento entre elas e por sua vez maximizar a capacidade do sistema.



Fonte: WiMAX Forum

Figura 3.1: OFDM

OFDMA, considerada a versão multi-utilizador de OFDM, permite, então, operações de multiplexagem de dados provenientes de múltiplos utilizadores em canais ascendentes e descendentes. A 802.16e-2005 admite ainda a possibilidade de atribuição de canais de diferentes larguras de banda, com variações na ordem dos 1.25 MHz a 20 MHz (daí o termo *Scalable* - Escalável - OFDMA).



Fonte: WiMAX Forum

Figura 3.2: OFDMA

Segundo [10] a adoção de OFDMA possibilita atingir melhores performances nos multi-percursos em ambientes sem linha de vista (*non-line-of-sight*).

Na tabela 3.1 é feita também a referência ao processo de *handover* (HO). Este processo, comum em redes de comunicações móveis, assegura a continuidade da ligação do terminal

à rede enquanto este se movimenta entre estações base. Como exemplo destacam-se as tecnologias GSM e UMTS, onde o processo de HO é crucial. Existem dois tipos de HO, o horizontal e o vertical. O *handover* horizontal é um HO nível 2 (L2HO) e é também conhecido como micro-mobilidade, pois ocorre sem a alteração da informação IP e apenas a estação base é alterada. Para a mobilidade de terminais dentro da mesma tecnologia, é utilizado este tipo de HO. Para situações onde a mobilidade exigida seja ao nível de mais do que uma tecnologia, é necessário um HO diferente, pois o nível de complexidade torna-se superior. Assim, o *handover* vertical é um HO nível 3 (L3HO) também conhecido como macro-mobilidade, pois ocorre com a alteração da informação IP e também com a alteração do ponto onde essa informação é obtida.

3.1.1 WiMAX e Tecnologias Rádio

Segundo alguns autores, a nível de *Internet* móvel o WiMAX deverá competir com a versão actualizada das duas tecnologias CDMA, mais utilizadas hoje em dia. Na base desta premissa estão alguns resultados como os que são apresentados em [11]. Neste documento constam as simulações entre as três tecnologias, de modo a qualificar as suas diferenças. A figura seguinte ilustra a eficiência espectral e débito do WiMAX 802.16e-2005 em comparação com HSPA⁶ e 3xEVDO⁷ Rev B (versão de três portadoras de 1xEVDO Rev B) para condições de tráfego idênticas:

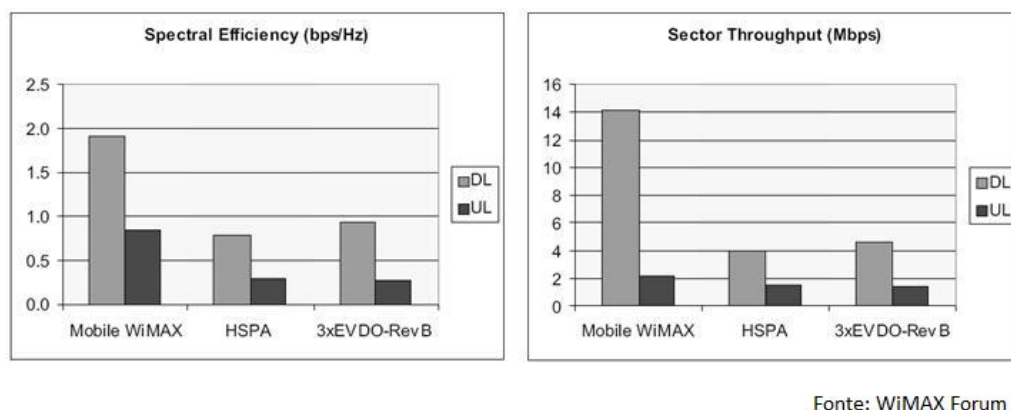


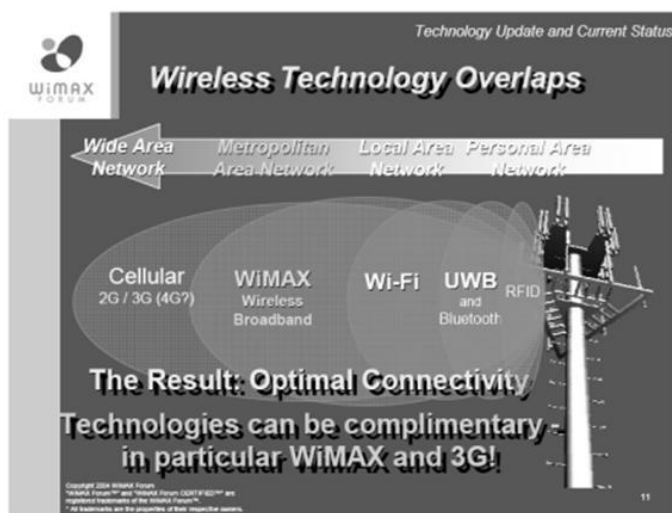
Figura 3.3: Comparação entre *Mobile* WiMAX, HSPA e 3xEVDO Rev B

De facto, de acordo com a presente simulação, o WiMAX revela resultados muito superiores às restantes tecnologias. No entanto, estes resultados são apenas teóricos e em determinadas condições os resultados práticos podem apresentar diferenças consideráveis.

⁶ *High Speed Packet Access*, cujo lançamento foi anunciado para este ano de 2008, é a versão UMTS que apresenta maiores débitos nos seus canais ascendente e descendente. De acordo com a literatura apresentará débitos na ordem dos 14.4 Mbps no canal descendente e 5.8 Mbps no canal ascendente.

⁷ *Evolution Data Optimized* Rev B está também anunciado para este ano e os débitos assemelham-se aos obtidos com a tecnologia HSPA.

Mais recentemente o WiMAX Forum⁸, de acordo com o seu documento [12], acredita que seja possível a coexistência de tecnologias móveis como WiFi, WiMAX e 3G, pois estas aparentam ser complementares. Através da combinação das tecnologias será possível fornecer ao utilizador um melhor serviço e cobertura de rede baseando-se na ligação mais apropriada à circunstância.



Fonte: WiMAX Forum

Figura 3.4: Complementaridade entre Tecnologias Rádio

Numa tentativa de aumentar a sua aceitação global, tem vindo a ser notório o esforço dos fabricantes e fornecedores de serviços em tornar possível a interligação entre as normas IEEE 802.16 e IEEE 802.11. Sendo o 802.11 (WiFi) uma das tecnologias mais disseminadas a nível mundial, aparenta ser uma estratégia não só importante ao nível de atingir uma cota de mercado satisfatória para o WiMAX como também importante do ponto de vista do cliente e operador.

Do lado do cliente será possível usufruir de conectividade à *Internet* de banda larga para além dos *hotspots* WiFi. Na maioria das vezes o cliente subscreve um serviço de WiFi *hotspot* a um fornecedor que apenas lhe permite aceder à rede em determinados locais, mas se este necessitar de aceder num outro local onde o fornecedor é diferente tem que subscrever outro serviço. Para aceder, então, aos mesmos conteúdos, mas apenas em locais diferentes o utilizador pode ter que assinar mais de um contrato com operadores diferentes. Esta é uma das principais razões que inibe o cliente a assinar este tipo de serviços. Com a interligação das tecnologias será possível contornar esta situação, permitindo ao cliente usufruir de uma maior área de cobertura de rede.

⁸ "The WiMAX Forum® is an industry-led, not-for-profit organization formed to certify and promote the compatibility and interoperability of broadband wireless products based upon the harmonized IEEE 802.16/ETSI HiperMAN standard. ..." - Excerto retirado da sua página oficial.

Sob o ponto de vista dos fornecedores de serviço, o WiMAX permitirá expandir a cobertura da rede de banda larga para além dos *hotspots*. A alternativa aparentemente mais eficiente, em termos de investimento e complexidade, poderá passar pela utilização do WiMAX em *backhaul*⁹. No contexto das regiões desfavorecidas, onde os custos de expansão da rede tornam o investimento pouco apelativo, o WiMAX poderá permitir aos fornecedores de banda larga fixa (DSL e Cabo) expandir a sua rede oferecendo a mais-valia de mobilidade que as opções fixas não permitem. Esta tecnologia poderá ser útil também em grandes áreas urbanas em que a passagem de linhas ou cabos seja uma tarefa complexa.

Com esta solução de integração das duas tecnologias os benefícios, que inicialmente tendiam apenas para o WiMAX, parecem agora estar a estender-se também para o WiFi, dando origem a uma nova geração de disponibilização de *Internet* de banda larga móvel. Esta junção não só potenciará a criação de novos modelos de fornecimento de acesso à *Internet* para os actuais operadores, como também permitirá o aparecimento de novos operadores com capacidades de concorrer com os actuais e de prestar serviços de banda larga a um nível superior ao esperado para novos entrantes no mercado das telecomunicações.

3.1.2 Licenças e Frequências em Portugal

De acordo com o capítulo Enquadramento e segundo a ANACOM, são apresentadas em seguida as frequências disponibilizadas para o BWA (onde se insere o WiMAX):

Frequências (GHz)	Aplicações
3.4 - 3.6	Fixas, Nómadas e Móveis
3.6 - 3.8	Fixas, Nómadas e Móveis
5.725 - 5.875	Fixas e Nómadas

Tabela 3.2: Frequências Disponíveis para o BWA

⁹Em telecomunicações o termo *backhauling* significa que o transporte de tráfego entre pontos de acesso é assegurado de alguma forma. Neste contexto significa que o WiMAX é responsável por assegurar o transporte de tráfego, fornecimento de rede, entre *hotspots* WiFi.

3.2 Architecturas Rádio

Neste capítulo é abordada a questão da arquitectura de rede WiMAX. Numa primeira fase apresenta-se o seu modelo e posteriormente realiza-se uma análise a possíveis arquitecturas entre esta e outras tecnologias de banda larga.

O IEEE apenas definiu as camadas física (PHY) e MAC (*Media Access Control*) na norma 802.16 e a falta de especificações e protocolos nas camadas superiores motivou a formação de grupos de trabalho de modo a preencher essa lacuna. A especial atenção vai para o *Network Working Group* (NWG), pois este está focalizado no desenvolvimento de especificações nas camadas superiores para os quatro perfis do WiMAX. O seu trabalho permitiu desenvolver a arquitectura de rede ponto-a-ponto WiMAX e que, de acordo com [10], tem o nome de *Mobile WiMAX End-to-End Network Architecture*. Segundo o mesmo documento foram seguidos vários princípios no desenvolvimento desta arquitectura, baseada na plataforma IP¹⁰, destacando-se:

- A preocupação em definir uma arquitectura baseada não só nos procedimentos do IEEE 802.16 e suas emendas, como também nas normas IETF RFCs apropriadas;
- Garantir uma gama alargada de ambientes WiMAX que contemple todos os seus perfis (fixo, nómada, portátil e móvel);
- Permitir o suporte de serviços e aplicações de voz, dados e de serviços de emergência;
- Permitir alcançar a interoperabilidade e *roaming*¹¹ entre diferentes tecnologias de banda larga.

Estando a base conceptual definida, foi possível avançar para a criação de um modelo de arquitectura WiMAX. Este modelo é conhecido como *WiMAX Network Reference Model* (NRM) e apresenta-se de seguida.

3.2.1 Arquitectura WiMAX

O NRM consiste numa representação lógica da arquitectura de rede, sendo a sua estrutura a seguinte:

¹⁰No original All-IP based Architecture.

¹¹Capacidade de obter conectividade através da rede visitada.

Proxy Authentication, Authorization and Accounting (AAA);

Network Discovery;

- CSN — É a entidade responsável por fornecer conectividade IP e todas as funções do núcleo da rede. É constituída essencialmente por *routers*, servidores, *proxies* e *gateways*. Algumas das funções desta entidade são agora apresentadas:

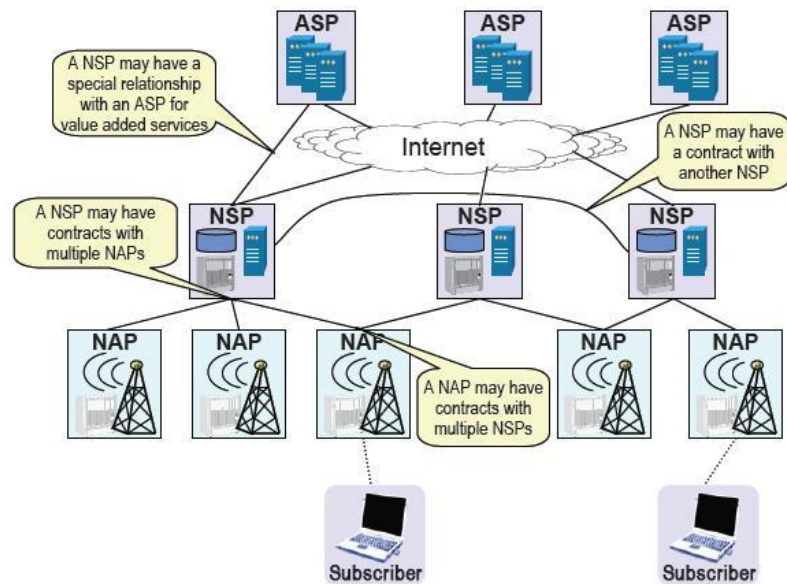
Servidor ou *proxy* AAA;

Políticas e gestão da Quality of Service (QoS) baseado no SLA;

Facturação do cliente;

Tunneling entre CSNs de modo a suportar *roaming* entre NSPs;

Gestão de mobilidade entre ASNs.



Fonte: WiMAX Forum

Figura 3.6: Entidades do *Network Reference Model*

No que diz respeito aos pontos de referência, estes são descritos da seguinte forma:

- R1 — Implementa as especificações PHY e MAC da norma 802.16 entre a SS/MS e a ASN;
- R2 — Procedimentos de autenticação, autorização e gestão de configurações IP entre a SS/MS e a CSN;
- R3 — Procedimentos de controlo entre a ASN e CSN e *tunneling* de dados do utilizador entre as duas entidades;

- R4 — Procedimentos de controlo entre ASNs;
- R5 — Procedimentos de controlo de modo a suportar o roaming entre o *home* NSP e o *visited* NSP.

Na ASN ainda é possível encontrar mais dois pontos de referência, tal como ilustra a figura seguinte:

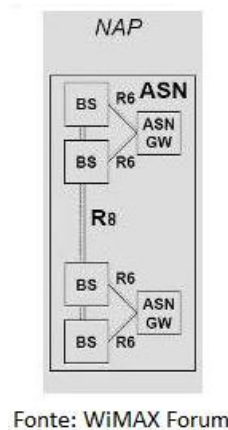


Figura 3.7: Pontos de Referência ASN

- R6 — Protocolos/Procedimentos de controlo entre a estação base (BS) e a ASN-GW (ASN-Gateway);
- R8 — Fluxos de informação de controlo e dados de modo a assegurar o *handover*.

Apresentada a estrutura do modelo de referência da arquitectura WiMAX é necessário referir, também, como é que questões que se prendem com a segurança, *handover*, interoperabilidade e qualidade de serviço, se traduzem no referido modelo.

3.2.1.1 Segurança

A segurança é uma das questões que gera maior preocupação em sistemas de telecomunicações. Em comunicações móveis é ainda mais pertinente, pois na generalidade estes são tidos como mais fáceis de atacar que os sistemas por cabo. Sendo um assunto importante, tanto o cliente como o operador têm uma visão sobre esta matéria que se prova ser complementar.

A seguinte tabela ilustra algumas preocupações das partes interessadas:

Stakeholder	Security Concern	Comment
Network User	Privacy	Protect from eavesdropping
	Data integrity	Protect user data from being tampered in transit
	Access to services	User has the correct credentials
	Correct accounting	Accuracy and efficiency of accounting
Network Operator	User authentication	Is the user who he says he is?
	Device authentication	Is the device the correct device?
	Authorization	Is the user authorized to receive a particular service?
	Access control	Only authorized users have access to services

Fonte: Airspan

Tabela 3.3: Preocupações de Cliente e Operador

De acordo com o documento [16], elaborado por um fabricante de equipamentos WiMAX, a segurança pode ser mapeada em diferentes camadas do modelo Open Systems Interconnection (OSI), embora na IEEE 802.16e-2005 a subcamada de segurança apenas está definida na Ligação de Dados. Nesta camada a segurança engloba funções de autenticação, autorização e encriptação entre os terminais do utilizador e as estações base.

Segundo o mesmo documento, a autenticação é conseguida através de um protocolo de troca de chaves públicas (PK - *Public Keys*). Cada utilizador está também caracterizado por uma chave privada (*Private Key*) que é mantida em segredo. Este protocolo de troca de chaves públicas assegura não só a autenticação como o estabelecimento de chaves de encriptação (*Encryption Keys*).

A norma 802.16e-2005 estabelece um protocolo de gestão de chaves públicas (PKM - *Privacy Key Management*), em que há uma partilha de chaves de autorização (AK - *Authorization Key*) entre a estação base e o terminal de utilizador, resultando dessa partilha a KEK (*Key Encryption Key*).

O PKM permite os seguintes três tipos de autenticação:

- Autenticação baseada em RSA¹² — Certificados digitais X.509 em conjunto com encriptação RSA;

¹²Ron Rivest, Adi Shamir e Len Adleman são os nomes dos responsáveis pela criação deste algoritmo de encriptação.

- Autenticação baseada em Extensible Authentication Protocol ([EAP](#));
- Autenticação baseada em RSA e EAP.

Na autenticação baseada em RSA, a estação base autentica o terminal através do certificado digital X.509, fornecido pelo seu fabricante. Este certificado é único e contém uma chave pública (PK) e endereço MAC.

No caso da autenticação baseada em EAP, o terminal pode ser autenticado através de uma credencial emitida pelo operador, o SIM (*Subscriber Identity Module*), ou através de um certificado X.509, estando esta escolha associada a um método de autenticação particular. Se a escolha recair sobre o SIM é utilizada a autenticação EAP-AKA (*Extensible Authentication Protocol - Authentication and Key Agreement*), se for escolhido o certificado X.509 já é utilizado o método EAP-TLS (*EAP - Transport Layer Security*).

Baseando-se nos métodos descritos, a estação base associa a identidade do terminal a um subscritor do seu domínio e posteriormente associa os serviços a que este está autorizado a aceder.

Posterior ao processo de autenticação, está o processo de autorização. Neste processo o terminal do utilizador pede autorização à estação base que pretende aceder, sendo enviado o certificado X.509, algoritmos de encriptação e uma identidade criptográfica (*Cryptographic ID*). Em resposta a este pedido a estação valida a informação recebida, junto do servidor AAA. Após a validação bem sucedida é enviada para o terminal a autorização contendo a chave de autorização (AK) encriptada, uma lifetime key e um SAID¹³.

No decorrer da sua ligação à estação base, o terminal é periodicamente autorizado pelo servidor AAA.

Ainda no que diz respeito à segurança e de modo a responder a uma das principais questões do cliente, existe a preocupação de proteger os dados recebidos e enviados de e para a rede. Assim, no tráfego de dados é utilizada a chave de encriptação TEK (*Traffic Encryption Key*). Esta chave é gerada, na estação base, através de um número aleatório, usando o algoritmo de encriptação TEK, onde a KEK é usada como chave de encriptação.

De forma a resumir toda a informação acima descrita e também como forma a responder às preocupações dos clientes e operadores no que diz respeito à autenticação e autorização, é apresentada a seguinte tabela:

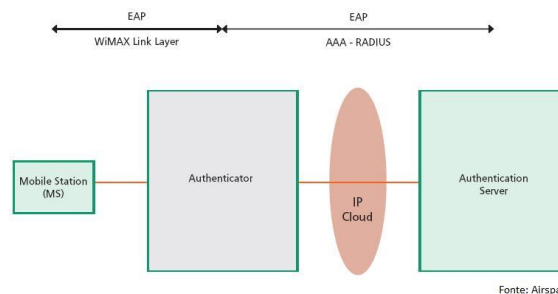
¹³Security Association ID é definida como o conjunto de informações de segurança partilhadas pela estação base e um ou mais terminais a ela ligados.

Stakeholder	Security Concern	Comment	How does WiMAX address it?
Network User	Privacy	Protect from eavesdropping	RSA encryption, EAP-TLS, PKM protocol
	Data integrity	Protect user data from being tampered in transit	RSA encryption, EAP-TLS, PKM protocol
	Access to services	User has the correct credentials	X.509, EAP
	Correct accounting	Accuracy and efficiency of accounting	AAA architecture
Network Operator	User authentication	Is the user who he says he is?	X.509, EAP-TTLS
	Device authentication	Is the device the correct device?	X.509, EAP-TTLS
	Authorization	Is the user authorized to receive a particular service?	RSA, EAP, PKMv2 protocol
	Access control	Only authorized users have access to services	RSA, EAP, PKMv2 protocol

Fonte: Airspan

Tabela 3.4: Resposta às Preocupações de Cliente e Operador

Tal como o documento [16] sugere, após considerar os aspectos relacionados com a segurança e protocolos entre a estação base e terminal, é necessário considerar os procedimentos ao nível da rede. A figura seguinte ilustra uma arquitectura de controlo de acessos:



Fonte: Airspan

Figura 3.8: Arquitectura de Controlo de Acessos

Neste contexto o [16] define o EAP (IETF - RFC 3748) como uma estrutura flexível, que permite a troca de protocolos de autenticação entre o utilizador e a entidade autenticadora. Entre o terminal e a estação base o EAP utiliza o PKMv2¹⁴, transmitido através da norma RADIUS¹⁵ entre a entidade autenticadora e o servidor de autenticação.

3.2.1.2 Mobilidade e Handover

Em redes de comunicações móveis, a necessidade de manter a conexão do terminal à rede enquanto este se movimenta entre estações base diferentes torna o *handover* (HO),

¹⁴Privacy Key Management Version 2 lançado na norma IEEE 802.16e-2005, como forma de resposta a problemas encontrados com a versão anterior.

¹⁵RADIUS é uma norma que utiliza mensagens UDP sobre a sua arquitectura de cliente/servidor.

uma questão fundamental. No que diz respeito à tecnologia WiMAX, apenas o HO horizontal é contemplado na norma 802.16e-2005 e no contexto do modelo de referência da arquitectura apresentado tem interesse explorar e apresentar as várias opções possíveis. É de interesse avaliar também o HO sob o ponto de vista do operador e do cliente.

Para o operador uma das questões principais é o facto da transição entre estações base efectuar-se de forma a manter a qualidade de serviço contratada pelo cliente. Se o serviço contratado incluir aplicações em tempo real (VoIP, videoconferências e *streaming* de áudio e vídeo) fará todo o sentido haver uma preocupação especial em manter a latência e a perda de pacotes durante a transição, o menor possível. Se pelo contrário, o serviço não incluir esse tipo de aplicações, pode ser admitido algum atraso, não comprometendo a qualidade de serviço contratado.

Para o cliente o serviço deverá ser o mais transparente possível. Não faz qualquer sentido haver, por parte do cliente, preocupação com a transição de estações base, a não ser a de lhe ser oferecido um serviço contínuo em qualquer ponto geográfico da cobertura de rede.

De acordo com [14] o processo de HO pode ser iniciado se forem verificadas as seguintes condições:

- Posição e velocidade do terminal móvel — Diferentes velocidades resultam em diferentes decisões de HO;
- Qualidade da ligação — Uma estação base vizinha pode permitir melhor qualidade na ligação;
- Sobrecarga da estação base — Quando uma estação base estiver no máximo da sua capacidade de alocação de terminais, a rede pode decidir transferir alguns desses terminais para outra estação base;
- Economizar bateria — Um terminal pode decidir transferir-se para uma estação base mais próxima;
- Contexto e requisitos — Quando são requeridos serviços diferentes, um terminal móvel pode ter necessidade de trocar de estação base.

De acordo com [10] existem três métodos de HO suportados na norma IEEE 802.16e-2005, sendo estes o *Hard Handover* (HHO), o *Fast Base Station Switching* (FBSS) e o *Macro Diversity Handover* (MDHO), sendo os dois últimos opcionais.

Em termos gerais e segundo [14], o HHO é caracterizado por duas etapas, sendo uma delas, Aquisição da Topologia de Rede¹⁶, prévia ao processo de HO. Esta etapa é caracterizada pela troca de informação entre a estação base e o terminal móvel de modo a que este último seleccione uma estação base de acordo com essa informação, recebida via

¹⁶No original *Network Topology Acquisition*

broadcast, através de mensagens MAC. Esta informação é guardada pelo terminal móvel de modo a ser utilizada em futuros *handovers*.

Após esta etapa inicia-se o processo de HO, de acordo com a figura seguinte:

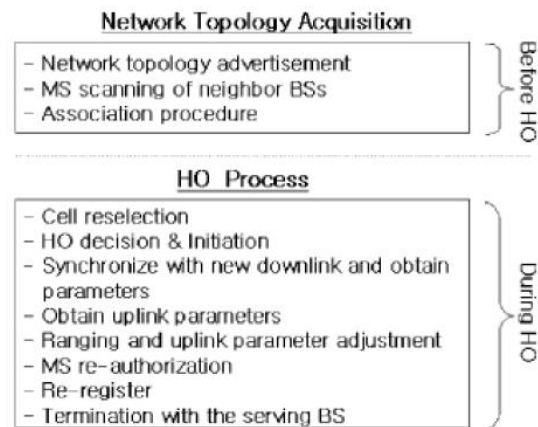


Figura 3.9: Processo *Hard Handover* — Fonte: [14]

De notar que sendo este um processo de *hard HO*, também conhecido por *Break-Before-Make*, não é possível ao terminal móvel manter a conexão entre a estação base a que está ligado e a estação base a que se pretende ligar. Portanto, primeiro é quebrada a ligação com a estação base actual e só depois o terminal móvel se liga à estação base pretendida. Este método é crítico, pois a quebra da ligação potencia o aumento da latência e a perda de pacotes que podem ser um factor bastante penalizador para aplicações em tempo real, como já referido. Noutros casos este método de HO poderá ser suficiente.

No método FBSS, o terminal móvel está apenas a trocar informação com a estação base principal (*Anchor Base Station*), definida entre as estações base do *Diversity Set*. Este *Diversity Set* é um conjunto de estações definidas pelo próprio terminal, que comunicam entre si através do backbone da rede. A informação que é trocada entre as estações servirá de base para a tomada de decisões de HO. Estando todas estações preparadas para comunicarem com o terminal, quando a decisão de HO é tomada, a troca entre estações base é efectuada de forma mais rápida.

À semelhança do método anterior, o terminal móvel e a estação base que suportem o MDHO mantêm uma lista (*Diversity Set*) de estações com quem estão envolvidas. De entre as estações base dessa lista é escolhida, pelo terminal, uma *Achor Base Station*. Ao contrário do que ocorre no caso anterior, o terminal comunica não só com a *Achor Base Station*, como também com todas as outras estações pertencentes ao conjunto. O processo de HO é iniciado com a tomada de decisão de um terminal em trocar informação com várias estações base no mesmo intervalo de tempo. Como neste método está mais do que uma estação base activa simultaneamente, o processo de HO é caracterizado de *soft HO* (*Make-Before-Break*) e é possível diminuir a latência e a perda de pacotes na transição

entre as estações, permitindo agora aplicações em tempo real. É de salientar que este tipo de HO consome mais recursos da rede.

Analisando os três métodos apresentados é fácil concluir que não existe uma solução ideal na sua escolha. Se a opção for a de reduzir os recursos gastos pela rede, escolhendo um método de *hard* HO, o mais provável é o consequente aumento da latência e perda de pacotes, mas que pode ser suficiente para o fornecimento de serviços. Se por outro lado a opção for a de fornecer conteúdos que exijam atrasos mínimos, os recursos da rede, incluindo a economização da bateria do terminal móvel, serão penalizados se for escolhido um método de *soft* HO.

3.2.1.3 Interoperabilidade Multi-Fornecedor

Segundo o WiMAX Forum e documentos por ele produzidos, uma das características mais importantes do modelo de referência da arquitectura, é a interoperabilidade entre equipamentos de diferentes fabricantes. É dito que esta interoperabilidade está patente não só nas estações base e equipamentos de *backhaul* (elementos pertencentes ao mesmo ASN) como também entre elementos de entidades ASN e CSN diferentes e em equipamentos destinados aos utilizadores.

Esta forma de interoperabilidade entre equipamentos pode por um lado ajudar à disseminação do WiMAX como por outro não atrair investimento dos operadores por considerarem não ser um investimento rentável, dado que a venda de equipamentos constitui uma fatia importante no seu negócio. E se assim for, a interoperabilidade entre equipamentos pode ser considerada como desinteressante e acabar por penalizar esta tecnologia.

3.2.1.4 Qualidade de Serviço

No que diz respeito à qualidade de serviço, o WiMAX Forum no documento [10] refere que a arquitectura suporta diferentes níveis de QoS e implementação de políticas de privacidade, tal como estão definidas nos SLA de vários operadores. Segundo o mesmo documento a qualidade de serviço é baseada em esquemas QoS IP ponto-a-ponto e sinalização, permitindo criar mecanismos capazes de otimizar os recursos em termos de espaço, frequência e tempo.

3.2.2 WiMAX e Arquitecturas Rádio

Na actualidade, a entrada do WiMAX no mercado das telecomunicações tem despertado opiniões diversas. Para muitos, esta pode ser a tecnologia do futuro que resolva muitos problemas de cobertura e débito. Para outros, esta tecnologia não irá solucionar quaisquer problemas e será largamente ultrapassada pela introdução da fibra óptica até à

casa do cliente final (*Fiber To The Home*) e pela tecnologia de banda larga móvel 3GPP¹⁷ LTE (Long Term Evolution).

Como o futuro ainda não está definido e ainda há a possibilidade do WiMAX vir a desempenhar um papel importante, nomeadamente em regiões desfavorecidas, será interessante abordar a sua interligação com as demais tecnologias de banda larga. No presente capítulo são orientados esforços na tentativa de propor as arquitecturas conjuntas: WiMAX - UMTS, WiMAX - UMTS - WLAN, WiMAX - WLAN e por fim WiMAX - DSL.

3.2.2.1 Arquitectura WiMAX - UMTS

Na base da construção de uma arquitectura que interligue duas ou mais tecnologias está, entre outras coisas, a vontade de tirar partido do melhor que elas possuem individualmente. Neste caso em concreto pretende-se aproveitar o investimento já realizado nas infra-estruturas UMTS existentes, alargando a sua cobertura e melhorando o débito fornecido, através da integração de uma rede WiMAX.

A par das considerações da arquitectura conjunta que serão abordadas, o documento [17] chama a atenção para o terminal móvel e como este interage com a arquitectura. Assim, antes de estabelecer um modelo é importante caracterizar este elemento.

O terminal, idealmente, deverá possuir duas interfaces rádio activas simultaneamente de forma a detectar as tecnologias quando próximas. No entanto, um dos grandes problemas desta solução será o elevado consumo de energia do dispositivo, anulando o benefício de ter as duas interfaces simultaneamente activas. Assim, a situação mais provável será a utilização de uma interface rádio activa de cada vez. Por sua vez, o *hard* HO será, provavelmente, o método de HO utilizado.

É também de relevante interesse apresentar a arquitectura UMTS, uma vez que já foi descrita a arquitectura WiMAX.

A figura seguinte ilustra a arquitectura UMTS *release* 5:

¹⁷ *3rd Generation Partnership Project* é um grupo formado para produzir especificações e relatórios técnicos para sistemas de terceira geração.

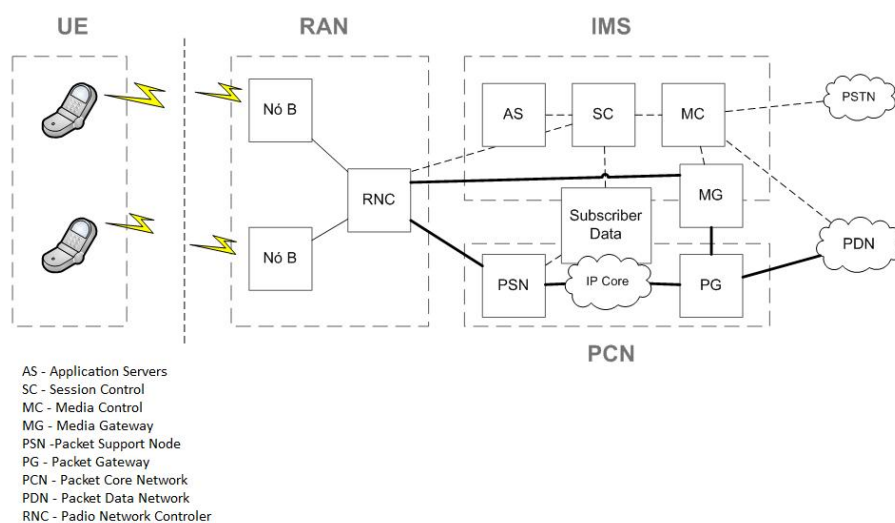


Figura 3.10: Arquitetura UMTS

De modo a compreender como será possível interligar ambas as tecnologias é agora exposto um diagrama com os seus grupos funcionais:

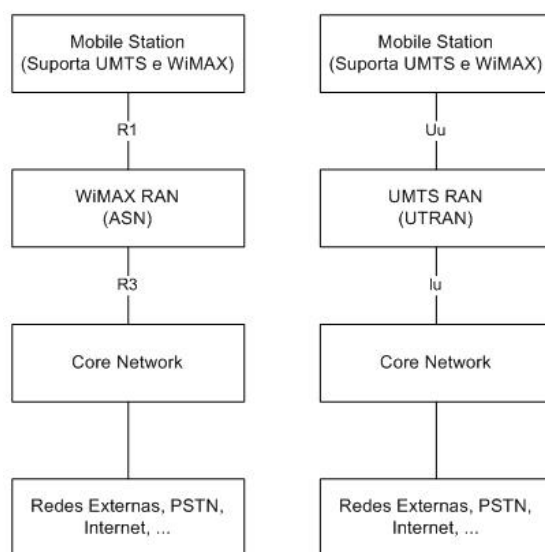


Figura 3.11: Grupos Funcionais WiMAX e UMTS

Pela análise dos grupos funcionais chega-se à conclusão que a interligação das tecnologias pode ser realizada segundo diferentes formas. Na realidade estas formas de interligar já foram estudadas e daí resultam três abordagens possíveis, as quais:

- *Tight Coupling*;
- *Very Tight Coupling*;

Na mobilidade entre as tecnologias o documento refere a escolha do *Mobile IP*, por ser um método que utiliza o protocolo IP e que esconde as heterogeneidades das camadas mais baixas das tecnologias. A introdução de um HA na PDN, que gere os FA de ambas as redes, permite o HO vertical.

Este documento apresenta ainda e de forma detalhada, o processo de HO do WiMAX para o UMTS, e vice-versa. Aqui apenas será abordado de forma sucinta, pois o processo é algo complexo o que poderia alargar em demasia este processo descritivo das arquitecturas, estendendo-se para além do objectivo inicial.

O HO da ASN do WiMAX para a UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) do UMTS ocorre da seguinte forma:

- A estação base WiMAX envia, periodicamente, para o terminal móvel, mensagens com informação sobre a topologia da rede. Com base nessa informação o terminal efectua medições. As interfaces rádio de ambas as tecnologias estarão simultaneamente activas apenas se o terminal for informado da existência de estações UMTS;
- O relatório resultante é enviado para a estação base WiMAX que acciona os procedimentos necessários de modo a iniciar o processo de HO, caso se verifiquem condições que o exijam;
- No interior da rede UMTS haverá troca de informação entre o GGSN e o SGSN de modo a notificar o Nó B candidato, verificando-se se é possível aceitar o HO com a QoS necessária;
- Estando satisfeitas todas as condições o processo de HO é iniciado com a respectiva troca de informação e comandos entre a ASN e a UTRAN;
- É enviada uma notificação (mensagem MIP) para o HA para o tráfego de dados ser interrompido. Após ser interrompido o fluxo de dados, são libertados os recursos da rede WiMAX;
- É feita a autenticação do terminal e atribuído o endereço IP na rede UTRAN. O fluxo de dados é iniciado e a entrega dos dados guardados no HA é enviada para o terminal aquando da recepção de uma nova mensagem MIP.

O processo inverso, isto é, a passagem da UTRAN para a ASN ocorre de forma semelhante ao apresentado.

3.2.2.2 Arquitectura WiMAX - UMTS - WLAN

Apresentada uma possível arquitectura que interliga as tecnologias WiMAX e UMTS e aproveitando o trabalho realizado na tentativa de interligar o UMTS e WLAN, estão reunidas as condições para apresentar uma arquitectura que conjugue as três tecnologias. Numa primeira fase é apresentada a arquitectura UMTS - WLAN tal como é descrita

em [18]. Posteriormente, e com base na arquitetura WiMAX - UMTS são analisadas duas proposta da junção das três tecnologias.

Com base na abordagem *Tight Coupling* já descrita é de seguida apresentada a arquitetura UMTS - WLAN:

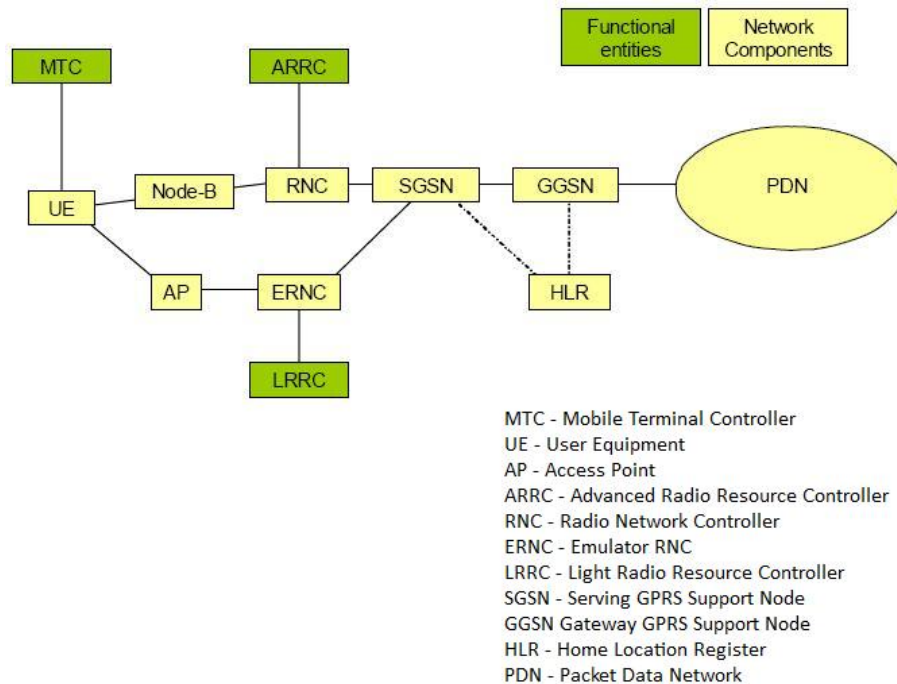


Figura 3.13: Arquitetura UMTS - WLAN — Fonte: [18]

Segundo [18], através de ERNC é possível gerir os recursos da WLAN de forma semelhante à que o RNC gere a rede UMTS. Este componente faz a recolha de informação dos recursos disponíveis pelos pontos de acesso (APs - Access Points) e é responsável pelo estabelecimento de ligações rádio aos terminais móveis. Para além do ERNC, surgem também as entidades funcionais MTC, ARRC e LRRC introduzidas nos componentes e pilhas de protocolo do sistema. O MTC é introduzido no terminal móvel, mais propriamente na RRC¹⁸, sendo responsável pela monitorização das ligações rádio e pelo processamento de parâmetros do terminal. O ARRC, versão alargada do RRC, gere os recursos dos terminais móveis e das estações base UMTS (Nó B), enquanto comunica com o LRRC e adquire informação do fluxo de tráfego. Esta última entidade, LRRC, tem como função reunir a referida informação do fluxo de tráfego e reportá-la ao ARRC.

Terminada a arquitetura é agora analisada a questão do HO. O processo de HO UMTS para WLAN pode ser apresentado sucintamente da seguinte forma:

- O terminal móvel (UE - *User Equipment*) monitoriza periodicamente o meio de forma a encontrar condições que possam desencadear o processo de HO;

¹⁸Radio Resource Control pertence ao plano de controlo da pilha de protocolos UMTS.

- Uma vez encontradas essas condições, o RNC é notificado por meio de um relatório contendo uma lista de redes candidatas. No topo da lista deverá estar uma rede WLAN. No caso de estar a rede UMTS a que o terminal está ligado, a lista é rejeitada;
- Após estar seleccionada a rede WLAN candidata, é iniciada uma fase de preparação da realocação de recursos, sendo trocadas mensagens entre as entidades RNC, SGSN e ERNC;
- De seguida o terminal móvel é informado para se associar à rede WLAN, sendo efectuadas configurações e a reserva de recursos iniciada;
- O processo termina com mensagens de *Release* entre o RNC e o SGSN.

O documento mencionado indica, ainda, que o processo de HO WLAN para UMTS ocorre de forma semelhante.

No processo de HO descrito é visível que o terminal móvel tem um papel mais activo do que é apresentado no processo da arquitectura WiMAX - UMTS. De facto, neste caso a entidade que monitoriza o meio de modo a encontrar estações base presentes, é o terminal móvel. Esta solução implica que o terminal tenha as interfaces de rede, das várias tecnologias, simultaneamente activas, originando por sua vez um consumo de energia que poderá comprometer o seu tempo de vida. Esta solução não será adoptada neste modelo e será seguida a linha de orientação tomada no [17] para a arquitectura WiMAX - UMTS, ou seja, apenas uma das interfaces de rede poderá estar activa de cada vez. Esta opção implica que seja necessária a intervenção da estação base na monitorização do meio e que o processo de HO seja do tipo *hard* HO. Processo idêntico será adoptado nesta nova arquitectura conjunta das três tecnologias. De seguida é apresentada a primeira proposta da arquitectura WiMAX - UMTS - WLAN, sendo caracterizada pela abordagem *Tight Coupling* na interligação UMTS - WLAN e pela abordagem *Loose Coupling* na interligação WiMAX - UMTS:

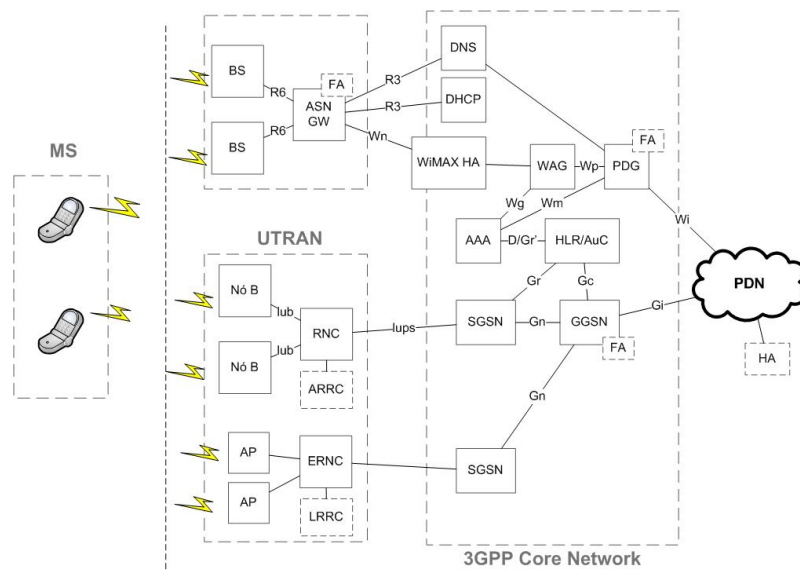


Figura 3.14: Primeira Proposta de Arquitectura WiMAX - UMTS - WLAN

Neste modelo o processo de HO da tecnologia UMTS para a WLAN poderá seguir o descrito em [18], com a penalização do terminal consumir mais energia. O HO do WiMAX para a WLAN segue os mesmos princípios que o descrito no processo WiMAX para o UMTS, visto que existe uma arquitectura semelhante e o ERNC da WLAN tem um papel semelhante ao RNC da UTRAN.

O problema agora reside na transição da rede WLAN para a rede WiMAX ou UMTS. Como se sabe os *Access Points* desta rede não têm habilidade para detectar a existência de outras estações base, mas apenas para responder a pedidos de ligação, por parte dos terminais e de enviar informação ao sistema de distribuição para actualizar a base de dados com a nova localização do terminal móvel. Deste modo, para haver possibilidade de transição entre a WLAN e as outras tecnologias, terá de existir um registo prévio na rede WiMAX ou UMTS existente e a partir daí ser feita a transição para a WLAN. Aquando da necessidade de trocar de tecnologia, isto é, quando deixar de escutar beacons e não conseguir receber *probe response*, o terminal móvel efectua uma solicitação à rede WiMAX ou UMTS à qual fez inicialmente o seu registo.

Após esta apresentação ainda é considerado outro modelo, mas apenas baseado na abordagem Loose Coupling:

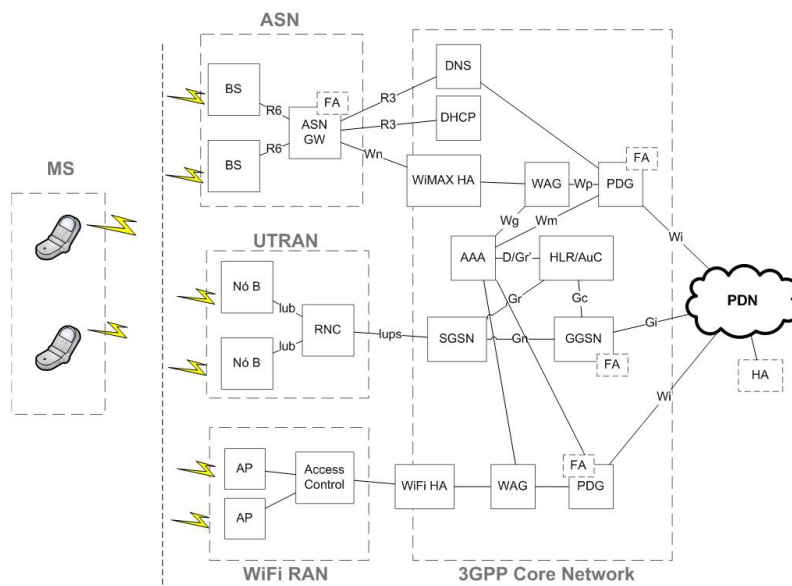


Figura 3.15: Segunda Proposta de Arquitetura WiMAX - UMTS - WLAN

Os mesmos pressupostos utilizados nos processos de HO anteriores, são válidos para este modelo.

3.2.2.3 Arquitetura WiMAX - WLAN

No contexto de interligação das tecnologias em questão, tem-se vindo a falar num modelo um pouco diferente do apresentado. Como já referido num capítulo anterior, na tentativa de impulsionar o WiMAX surgiu um modelo em que esta tecnologia funcionava como *backhaul* aos *hotspots* WiFi. Habitualmente, nestes locais a tecnologia é ligada à *Internet* via cabo, mas com esta solução a ligação será via rádio.

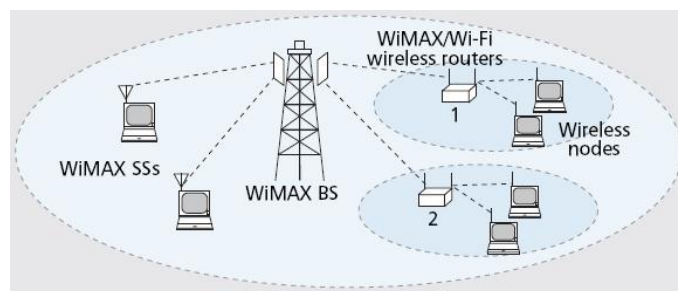


Figura 3.16: Arquitetura WiMAX - WLAN — Fonte: [19]

Como é visível pela imagem, a estação base WiMAX fornece conectividade quer a terminais WiMAX, quer a pontos de acesso WiFi. Na verdade estes pontos de acesso são equipamentos especiais, pois recebem o sinal WiMAX e fornecem o sinal compatível com a norma WiFi. Como os protocolos são diferentes, espera-se que este equipamento

adapte as tecnologias de forma a haver uma gestão da largura de banda que permita a QoS contratada tanto para os terminais WiMAX, como para os terminais WiFi. Segundo [19], cada terminal WiMAX deverá possuir uma largura de banda fixa, enquanto que os pontos de acesso deverão possuir uma largura de banda variável de modo a servir os terminais móveis a ele conectados.

Neste modelo também se pode falar em transição entre tecnologias (*handover*), contudo essa possibilidade dependerá do equipamento que as interligar.

3.2.2.4 Arquitectura WiMAX - DSL

Finalmente é altura de apresentar uma arquitectura conjunta com a tecnologia DSL.

Segundo [20] a arquitectura DSL e WiMAX estão alinhadas, tal como a figura seguinte ilustra:

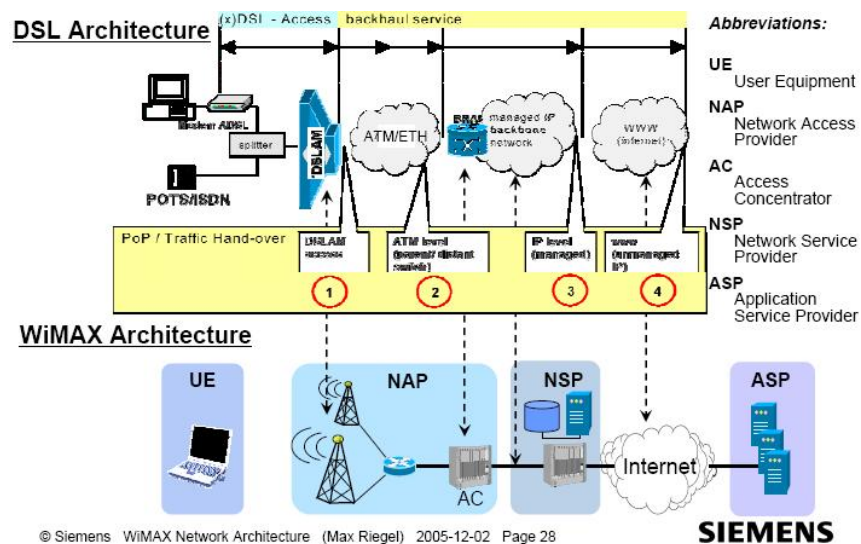


Figura 3.17: Alinhamento entre Arquitectura WiMAX e DSL — Fonte: [20]

Ainda segundo o mesmo autor é possível uma arquitectura WiMAX - DLS de acordo com a seguinte figura:

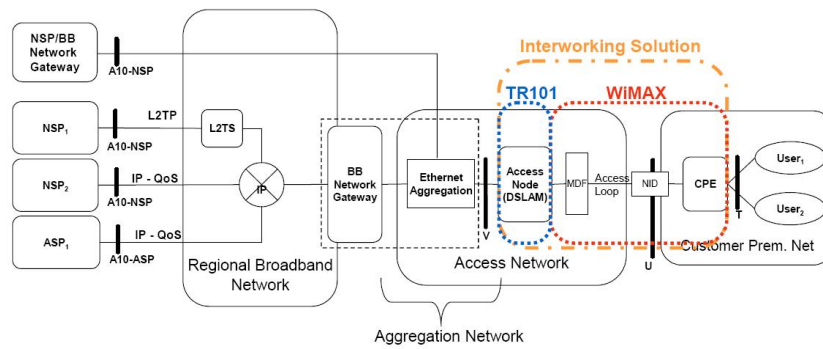


Figura 3.18: Arquitetura WiMAX - DSL — Fonte: [20]

A base da arquitetura anterior está descrita no modelo TR-101 em [21]. A elaboração deste modelo é motivada pela crescente necessidade de fornecer aos utilizadores serviços de alto débito, que requerem QoS elevadas, *multicast* e outros requisitos que as arquiteturas baseadas em ATM não conseguem atingir. Assim, surge este modelo de arquitetura DSL baseado em *Ethernet*. Segundo [21] a *Ethernet* é uma tecnologia de transporte capaz de atingir as necessidades das redes DSL da próxima geração, sendo dotada de um mecanismo mais eficiente de suporte de ligações de alta velocidade, QoS baseada em pacotes, multicast e redundância.

De volta ao modelo de interligação das tecnologias, é necessário salientar que a rede de acesso cablada DSL é substituída pela rede sem fios WiMAX e que esta última apenas faz transporte nível 2.

Capítulo 4

Casos de Estudo

Articulados com o i2010 e com a agenda da Estratégia de Lisboa estão a ser realizados projectos em diversas áreas, nomeadamente na área das novas tecnologias. Estes projectos visam promover a melhoria dos serviços públicos e privados, construindo uma sociedade cada vez mais voltada para o conhecimento e para a utilização de tecnologias de informação e comunicação. Neste âmbito foi aprovado pela UE em 27 de Dezembro de 2004 o Programa Operacional da Sociedade do Conhecimento (POSC), estando contemplados oito eixos prioritários. Um dos eixos, *"Medida 4.1. - Reforçar as Infra-estruturas de Banda Larga"*, visa estimular o desenvolvimento de infra-estruturas de banda larga em regiões desfavorecidas, onde se enquadram projectos de redes comunitárias. No ano de 2006, nomeadamente entre Fevereiro e Abril foi aberto, pelo POSC, um concurso para projectos de redes comunitárias. Os resultados foram divulgados em Abril de 2007 e foram aprovadas quatro candidaturas, correspondentes aos projectos Rede Comunitária de Banda Larga da Terra Quente Transmontana, Rede Comunitária do Distrito de Évora, Rede Comunitária do Vale do Minho e Valimar.Net. Neste capítulo são apresentados e analisados os três projectos aprovados no norte do país. Como existem também projectos desta natureza a nível europeu e mundial são abordados também alguns dos seus aspectos que se consideram mais relevantes.

4.1 Redes Comunitárias

As redes comunitárias são, portanto, projectos de redes públicas de banda larga em regiões desfavorecidas ou em regiões onde existam falhas de mercado de telecomunicações, sendo neste caso aprovadas após uma avaliação em processo de concurso público. Estes projectos têm de se apresentar neutros no que diz respeito a soluções tecnológicas, isto é, a base do projecto de rede comunitária não poderá assentar numa determinada tecnologia, ou num conjunto de tecnologias, em particular. No que diz respeito ao modelo da rede, este deve não só demonstrar sustentabilidade económica, como também disponibilizar o acesso idêntico a todos os operadores em concurso para a sua exploração.

Segundo [22], são dois os objectivos principais a atingir para uma rede comunitária:

- *"Disponibilizar o acesso à Banda Larga à população e a entidades públicas e privadas em zonas infoexcluídas"*;
- *"Racionalizar os custos de acesso à Banda Larga nos organismos públicos (e.g. Administração regional, local, hospitais e escolas públicas) e/ou aumentando a sua qualidade de serviço prestado"*.

Estes objectivos têm como principal finalidade potenciar o desenvolvimento socioeconómico das regiões, nomeadamente nos seguintes aspectos:

- Aumentar o conhecimento em Tecnologias de Informação e Comunicação e consequentemente aumentar a sua utilização por parte dos agregados populacionais;
- Atrair mais e melhor investimento público e privado;
- Aumentar a produtividade e melhoria da eficiência nas empresas e administração pública, promovendo a redução de custos operacionais e a desburocratização;
- Enriquecimento da economia local através da construção de infra-estruturas;
- Projectação das regiões abrangidas pelos projectos das redes comunitárias como possíveis exemplos a seguir para a massificação da banda larga no país e no mundo.

No âmbito da Medida 4.1 - *"Reforçar as Infra-Estruturas de Banda Larga"* - foi elaborado um documento de apoio ao POSC para projectos de redes comunitárias. Este documento inclui requisitos e outras recomendações que se consideram necessárias para orientar as regiões interessadas numa apresentação válida de projectos de redes comunitárias. No próximo subcapítulo são descritas as suas linhas gerais e de que forma este pode ajudar, de facto, as regiões a elaborar um modelo sustentável para o seu projecto, que lhes permita atingir com sucesso os objectivos destas redes. Posteriormente, são apresentados e analisados três dos quatro primeiros projectos que resultaram do concurso público efectuado, numa tentativa de entender se foram encontradas dificuldades no processo de validação da candidatura e se o referido documento teve ou não um papel relevante neste contexto.

4.2 Redes Comunitárias Nacionais

O documento de apoio, *Guião para Apresentação de Candidaturas e Implementação de Projectos*, encontra-se organizado nos seguintes quatro capítulos principais:

- Conceito;
- Modelo de Operação;

- Despesas Elegíveis;
- Implementação.

Existe ainda um capítulo, o qual se encontra no final do guião, que fornece um conjunto de ligações a documentação e outros projectos de relevo no que concerne ao desenvolvimento de infra-estruturas de banda larga a nível internacional.

No primeiro capítulo, e de acordo com o guião, é referido que as redes comunitárias visam apoiar projectos de construção e desenvolvimento de infra-estruturas de banda larga em regiões desfavorecidas. Este apoio pode verificar-se através das seguintes formas:

- Investimento público directo em infra-estruturas de banda larga;
- Partilha de infra-estruturas de domínio público;
- Estabelecimento de parcerias público-privadas.

No que diz respeito ao financiamento, este pretende apoiar a implementação de redes de distribuição robustas e abertas a todas as entidades interessadas na sua utilização, sendo estas as responsáveis pelo desenvolvimento da respectiva rede de acesso aos clientes finais. Ficam, assim, excluídas deste financiamento a construção/desenvolvimento de infra-estruturas de acesso aos potenciais clientes finais.

Este capítulo adverte ainda para o facto do princípio de neutralidade tecnológica ser a base da construção da infra-estrutura, devendo ser definidos previamente os requisitos técnicos mínimos a cumprir. No final a solução poderá combinar diferentes plataformas tecnológicas, desde que cumprindo sempre os requisitos previamente definidos.

As infra-estruturas, neste âmbito de redes comunitárias, devem ser caracterizadas por:

- Assegurar a utilização multi-operador — Em condições transparentes e não discriminatórias, deve ser assegurada a possibilidade de utilização simultânea da infra-estrutura por parte de operadores e/ou prestadores de serviços de telecomunicações;
- Assegurar vários modelos de fornecimento de conteúdos — Em qualquer momento o operador/prestador de serviço pode fornecer vários serviços de banda larga aos seus clientes finais, como por exemplo o *Triple Play*¹ e serviços de transmissão de dados;
- Possuir “... um conjunto de pontos de acesso que permita a ligação dos operadores/prestadores de serviços interessados à infra-estrutura. A sua localização e requisitos técnicos de ligação deverão garantir a ligação da infra-estrutura a outras redes de comunicações existentes na área abrangida e assegurar ainda a efectiva interoperabilidade entre redes e plataformas tecnológicas, não podendo contribuir para a criação ou manutenção de situações de distorção de mercado”;

¹Termo utilizado como forma de marketing para os serviços conjuntos de *Internet*, *Televisão* e *Telefone*.

- Garantir que sejam criadas condições, existência de redundância, para a prestação de serviços sobre a infra-estrutura.

Para além destas características, ainda é referido que estas infra-estruturas devem respeitar o disposto no Regulamento de Acesso à Medida 4.1 - "*Reforçar as Infra-Estruturas de Banda Larga*".

No segundo capítulo, destaca-se o modelo de operação da infra-estrutura a ser desenvolvida, neste contexto de redes comunitárias.

O modelo contempla a existência de três tipologias de entidades:

- A Entidade Proprietária da Infra-Estrutura;
- A Entidade Responsável pela Operação e Manutenção;
- A Entidade Responsável pelo Fornecimento de Serviços.

No que diz respeito à entidade detentora da infra-estrutura, o guião adverte que esta terá de ser obrigatoriamente uma entidade pública, pré-existente ou constituída especificamente para esta situação. Neste âmbito, a entidade, poderá ser parte integrante da administração pública central, regional, local ou ainda do sector empresarial do Estado. Esta entidade será ainda responsável pela gestão da relação entre as tipologias supracitadas, nomeadamente no que respeita a:

- Assegurar a fixação de preços e condições de acesso à infra-estrutura por parte das entidades responsáveis pelo fornecimento de serviços aos utilizadores finais, bem como a sua aplicação corrente;
- Assegurar todas as actividades de construção, gestão, upgrade, expansão e manutenção da infra-estrutura. Estas actividades devem respeitar não só as regras de concorrência e contratação pública, como também o princípio de neutralidade tecnológica.

No que concerne à infra-estrutura, o guião refere que esta terá como base o modelo *Equal Access Networks*, ou seja:

- Toda e qualquer entidade operadora ou prestadora de serviços de telecomunicações, devidamente licenciada para o efeito, terá acesso sem restrições e de forma transparente à infra-estrutura;
- As condições técnicas e financeiras de acesso à infra-estrutura terão que obedecer aos princípios de transparência e não discriminação, sendo sempre garantido o respeito das regras da concorrência.

A propriedade desta infra-estrutura terá de permanecer pública num período de tempo mínimo de 15 anos. Após esse período e durante os primeiros 20 anos, a sua eventual alienação implicará a devolução integral do montante de financiamento atribuído, acrescido dos respectivos juros desde a data de início da sua construção até à data de alienação.

A sua gestão e manutenção, segundo o guião, poderão ser asseguradas por uma entidade pública, privada, por uma parceria público-privada ou mesmo pela própria entidade detentora da infra-estrutura. No caso de ser subcontratada uma entidade externa especializada, por um período máximo de 10 anos, a sua escolha terá de obedecer a regras de concorrência e contratação pública. Neste processo são obrigatoriamente consultadas três entidades potenciais fornecedoras do serviço pretendido.

No que concerne ao fornecimento de serviços de comunicações electrónicas ao cliente final, este poderá ser efectuado por operadores de redes públicas e/ou prestadores de serviços de telecomunicações, sendo o seu acesso à infra-estrutura efectuado de forma aberta e transparente.

Relativamente à fixação de preços, pelo acesso à infra-estrutura, estes devem ser estabelecidos pela sua entidade proprietária, numa óptica que lhe permita apenas assegurar a recuperação de uma parcela do investimento e custos de operação e manutenção não cobertos pelo co-financiamento, acrescida de uma taxa de Return On Investment (ROI) adequada. Assim, o valor a ser estabelecido não tem como objectivo garantir taxas de rentabilidade elevadas, mas sim contribuir para a introdução de desenvolvimento tecnológico na região abrangida, promovendo a disseminação do conhecimento em TIC e a "info-inclusão".

A entidade proprietária será, também, responsável por manter um sistema de contabilidade de todas as actividades desenvolvidas no âmbito da construção e operação da infra-estrutura, de modo a que as entidades reguladoras possam acompanhar todo o processo de forma transparente. Dentro das responsabilidades da entidade proprietária, está, ainda, a obrigatoriedade de:

- Realizar parte do investimento total inicial que não for coberto pelo financiamento atribuído pelo POSC;
- Custear a manutenção e gestão da infra-estrutura;
- Gerir a relação com entidades externas, sejam elas operadores/prestadores de serviços de telecomunicações ou entidades subcontratadas para fornecer algum tipo de serviço específico.

Desta forma, o guião destaca algumas contrapartidas benéficas, tais como:

- *"expectáveis poupanças ao nível dos custos incorridos com a aquisição de serviços de comunicações, designadamente com serviços de comunicação intra-grupo, por parte da entidade detentora da infra-estrutura e das entidades públicas que a constituem,*

no caso de utilização da infra-estrutura desenvolvida igualmente para este efeito, através da criação de uma rede privativa, adstrita a um grupo fechado de utilizadores”;

- *”a obtenção de receitas directas, por parte do detentor da infra-estrutura construída/desenvolvida, correspondentes ao preço pago pela utilização da mesma por parte dos operadores/prestadores de serviços clientes (p. ex. indexado ao volume de tráfego de cada operador/prestador de serviço cliente ou correspondendo a uma renda mensal fixa)”.*

Se a região apresentar um índice de atractividade de investimento inferior ao universo das regiões abrangidas pelas redes comunitárias, o guião admite a adopção de uma variante ao modelo de operação base. Este novo modelo apresenta a seguinte configuração:

- A entidade proprietária continua a ser responsável por garantir todas as actividades de construção/desenvolvimento da infra-estrutura e também pela realização do investimento inicial, tal como no modelo base;
- As actividades de exploração, operação e manutenção serão agora asseguradas por uma entidade gestora, escolhida pela entidade proprietária respeitando as leis da concorrência e contratação pública em vigor;
- A entidade gestora será agora a responsável por assumir os riscos inerentes à exploração da infra-estrutura, mais concretamente por:

Gerir a relação com todas as entidades externas;

Suportar os custos de operação e exploração da infra-estrutura;

Pagar, ao proprietário da infra-estrutura, uma renda por contrapartida à cedência dos direitos de gestão e pelo investimento inicial realizado;

Fixar as condições técnicas e financeiras de utilização da infra-estrutura, respeitando as questões que se prendem com a transparência e a não discriminação na aplicação de tais condições;

Assumir como suas as receitas provenientes dos utilizadores da infra-estrutura, operadores/prestadores de serviços de telecomunicações;

- A entidade proprietária terá, ainda, um papel activo na resolução de eventuais conflitos que surjam entre a entidade gestora e os operadores/prestadores de serviços.

Em suma, no modelo base, a entidade proprietária controlará toda a exploração e operação da infra-estrutura, mas em contrapartida terá de assumir os riscos financeiros da taxa de ocupação da infra-estrutura ser reduzida ou nula. Quanto ao modelo alterado, este aparenta ser menos penalizador para a entidade proprietária da infra-estrutura, visto que não a expõe directamente aos factores de risco (gestão, exploração, operação

e manutenção da infra-estrutura). No entanto, o elevado investimento inicial continua a ser suportado pela entidade detentora da infra-estrutura, o que implica ainda um risco bastante considerável. Estando o contrato com a entidade privada, limitado a 10 anos, a gestão e exploração da rede após esse período podem estar comprometidas, pois o retorno do investimento para este tipo de infra-estruturas só é atingido, em média, após 20 anos do início da sua exploração. Em caso de desistência da entidade, terminado esse período de contrato e se não houver nenhuma entidade interessada em explorar a rede, quem irá continuar o processo de gestão e exploração? A entidade detentora da infra-estrutura? Que conhecimentos tem nesta área? Adquiriu algum conhecimento nesta área durante os 10 anos de gestão e exploração por parte da entidade privada? As respostas a estas questões são cruciais para, no caso de se atingir este cenário, ser possível agir de forma a evitar situações extremamente desfavoráveis.

O guião deveria prever este tipo de situações, alertando e aconselhando, de forma mais clara, para possíveis medidas a tomar, podendo também tornar os modelos de operação menos restritivos para a entidade pública e do seu investimento inicial.

No penúltimo capítulo, o documento, descreve uma lista de despesas que considera elegíveis neste âmbito das redes comunitárias. Assim e de forma mais detalhada as despesas prendem-se com:

- *"Aquisição de material e equipamento, designadamente para a componente de infra-estrutura passiva (condutas, postes, fibra escura, etc.) e, quando aplicável, para equipamento activo (hardware, software) e aplicações"*;
- *"Trabalhos de construção e instalação da infra-estrutura de Rede Comunitária a construir/desenvolver"*;
- *"Formação de recursos humanos, quando directamente associada às actividades a desenvolver pela entidade pública detentora da infra-estrutura"*;
- *"Os procedimentos necessários à implementação do projecto segundo as regras de concorrência e de contratação pública em vigor (ex. estudos, trabalhos técnicos, apoio ao desenvolvimento de termos de referência/cadernos de encargos e programas de concursos, etc.), até um máximo de 7,5% do valor de custo total do projecto"*;
- *"O levantamento exaustivo e actualizado das redes de comunicações existentes na área geográfica abrangida por cada projecto, incorridas durante a fase de elaboração da respectiva candidatura, desde que devidamente individualizadas e justificadas"*.

O documento alerta, ainda, para o facto de poderem ser previstas outras despesas. No entanto, estas serão analisadas segundo os regulamentos da Comissão Europeia.

O último capítulo, Implementação, apresenta-se subdividido em:

- Apresentação e Avaliação de Candidaturas;

- Implementação dos Projectos Aprovados.

O primeiro subcapítulo inicia com uma breve referência aos documentos de apoio das candidaturas às redes comunitárias, que estruturam todo o seu processo de submissão e apreciação. Neste contexto das candidaturas é salientada a existência de entidades promotoras para projectos de redes comunitárias e nesta qualidade devem satisfazer os dois seguintes requisitos essenciais:

- *"encontrarem-se regularmente constituídas e devidamente habilitadas ao exercício da sua actividade, quando legalmente obrigatório";*
- *"terem a situação regularizada em matéria de impostos e de contribuições para a segurança social".*

Num dos documentos para a candidatura, a entidade promotora deverá indicar qual a entidade que será a proprietária da infra-estrutura, podendo ser, esta última, uma entidade pré-existente ou ser constituída apenas num cenário de aprovação da candidatura. Será possível, também, que a entidade promotora seja a detentora da infra-estrutura. Qualquer que seja o caso, o guião adverte que será da responsabilidade da entidade detentora, o lançamento dos procedimentos necessários à implementação do projecto aprovado.

A versão final da candidatura deverá ser constituída por todos os documentos necessários, estando a entidade promotora capaz de desenvolver todas as actividades necessárias à sua elaboração. De seguida são apresentados, de acordo com o guião, os passos importantes na elaboração da referida versão final da candidatura:

- Realizar um estudo pormenorizado e actualizado das redes de comunicação existentes, evitando desta forma a sobreposição com investimentos e infra-estruturas similares existentes na região;
- Realizar um levantamento das localizações das infra-estruturas públicas existentes, podendo permitir a redução do nível de investimento inicial necessário;
- Realizar, também, um levantamento das localizações das obras públicas que possam de igual modo ajudar a reduzir o investimento inicial;
- Identificar e definir os pontos prioritários a ligar pela infra-estrutura. O guião aconselha a serem asseguradas, numa primeira fase, as ligações entre os pontos de prioridade máxima. Entre esses pontos destacam-se os principais edifícios públicos, pólos industriais e empresariais, pontos de ligação da infra-estrutura a outras potenciais redes de saída ou *backhaul* e ainda a redes de acesso local existentes na área abrangida;
- Lançar um convite a todos os operadores e/ou prestadores de serviços de comunicações, para uma primeira avaliação do nível de interesse na utilização da infra-estrutura;

- Lançar uma consulta/pedido de informação a, no mínimo, dois potenciais fornecedores de serviço de construção da infra-estrutura, a fim de se identificar possíveis soluções tecnológicas e de arquitectura de rede, bem como uma aproximação às respectivas estimativas de investimento e custos;
- Identificar possíveis fontes de financiamento que assegurem a componente de participação financeira do promotor e/ou da entidade proprietária da infra-estrutura, na implementação do projecto.

Na sequência das actividades supracitadas, o guião alerta para o facto de não ser permitido *"... o estabelecimento a priori de qualquer tipo de protocolo/aliança entre a entidade promotora (ou entidades públicas com esta relacionadas) e toda e qualquer entidade com potencial para a prestação de qualquer dos vários serviços referidos, considerando os seus possíveis efeitos ao nível da distorção da concorrência na fase de implementação do projecto"*.

Ainda neste subcapítulo, consta no guião que o processo de avaliação e selecção de candidaturas está definido no Regulamento de Acesso à Medida 4.1 - *"Reforçar as Infra-Estruturas de Banda Larga"*. O financiamento, por sua vez, será iniciado quando é assinado e devolvido o *"Termo de Aceitação"*, pelas entidades promotora e detentora da infra-estrutura.

O segundo subcapítulo - Implementação dos Projectos Aprovados - começa por salientar os procedimentos que a entidade promotora deve tomar na criação da entidade detentora da infra-estrutura, após a aprovação do seu projecto de redes comunitárias. Assim, aquando da criação da entidade detentora deve ser incluído:

- O desenvolvimento e aprovação dos estatutos e quadro de pessoal;
- A nomeação de uma comissão instaladora que, entre outras funções, assegure o processo de implementação do projecto.

Após ser constituída a entidade proprietária da infra-estrutura e devolvido o *"Termo de Aceitação"*, devidamente assinado, será de sua responsabilidade o seguinte conjunto de actividades:

- *"Lançamento de procedimento para selecção de fornecedor para os serviços de construção/desenvolvimento da infra-estrutura, e realização subsequente das actividades daí decorrentes"*;
- *"Lançamento, caso aplicável, de procedimento para selecção de fornecedor para os serviços de gestão e manutenção da infra-estrutura construída/desenvolvida. Em alternativa, e especificamente para os casos onde for aplicada a variante Modelo de arrendamento de serviços para a exploração da infra-estrutura construída/ desenvolvida, lançamento de procedimento para selecção da correspondente entidade gestora e realização subsequente das actividades daí decorrentes"*;

- *"Desenvolvimento e manutenção de sistema de contabilidade individualizado para o conjunto de todas as actividades desenvolvidas no âmbito da construção e operação da infra-estrutura";*
- *"Com base na definição final do portfolio de serviços a oferecer, elaboração de contrato tipo com condições técnico-financeiras de acesso à rede por parte dos operadores/prestadores de serviços interessados, respectivos direitos e obrigações, bem como definição de período e mecanismos de revisão das condições estabelecidas".*

4.2.1 Projectos de Redes Comunitárias Nacionais

Finalizada a análise do *Guião para Apresentação de Candidaturas e Implementação de Projectos* é agora iniciada a referida análise aos três projectos de redes comunitárias aprovados no norte do país.

Dos projectos de redes comunitárias a analisar, salienta-se o facto de dois deles serem assessorados tecnicamente pela mesma entidade. Neste contexto será mais simples começar, então, a análise pelos dois projectos, os quais:

- Rede Comunitária do Vale do Minho;
- Valimar.Net.

4.2.1.1 Rede Comunitária do Vale do Minho

O projecto de redes comunitárias do Vale do Minho abrange os cinco concelhos da região (Melgaço, Monção, Paredes de Coura, Valença e Vila Nova de Cerveira), tem como entidade promotora a Comunidade Intermunicipal do Vale do Minho e estende-se por uma área de cerca de 813 quilómetros quadrados.

Esta candidatura surge na sequência do projecto de Cidades e Regiões Digitais, com o intuito de potenciar e alargar os objectivos propostos, nomeadamente:

- *"Aumentar e facilitar a eficiência da interacção entre os vários níveis de administração, as populações e os agentes económicos";*
- *"Apoiar o sistema de ensino através da criação de conteúdos de apoio à actividade pedagógica";*
- *"Promover o uso das TIC para a prestação de melhores cuidados de saúde";*
- *"Apoiar o desenvolvimento de projectos em núcleos empresariais, nomeadamente no fomento de formas de comércio electrónico";*
- *"Dinamizar a cultura e o turismo na região através da sua divulgação e disponibilização via novas tecnologias";*

- *"Integração na Sociedade da Informação dos cidadãos com necessidades especiais sem quaisquer tipos de restrições nem discriminações".*

Segundo [23] a rede comunitária prevê, ainda, a articulação com a rede de Parques Eólicos, com a Plataforma Logística de Valença e a Rede de Parques Empresariais.

A infra-estrutura, em fibra óptica, tem uma extensão de cerca de 135 km e o custo total do projecto está orçado em 9 milhões de euros. Para se implementar uma rede com um investimento desta dimensão, foi criada uma empresa intermunicipal designada por *"MinhoCom - Gestão de Infraestruturas de Telecomunicações, E.I.M."* em parceria com duas empresas privadas (Domingos Silva Teixeira, SGPS (DST) e CellCraft International Lda), tendo como fim a implementação da rede comunitária.

Esta rede deverá estar terminada até ao final deste ano de 2008.

4.2.1.2 Valimar.Net

O presente projecto de redes comunitárias, de nome Valimar.Net, foi promovido pela VALIMAR ComUrb (Vale-e-Mar Comunidade Urbana) e abrange seis concelhos, a saber:

- Arcos de Valdevez;
- Caminha;
- Esposende;
- Ponte da Barca;
- Ponte de Lima;
- Viana do Castelo.

Este projecto, à semelhança do anterior, prevê a articulação com o projecto de Cidades e Regiões Digitais numa perspectiva de estender os seus objectivos.

Segundo [23], este projecto ainda prevê a articulação com *"... o Plano de Desenvolvimento e Expansão de Infra-Estruturas (Anel Fibra óptica de Viana do Castelo), com o Parquemp - Rede de Parques e Pólos Empresariais, o Parque do Conhecimento Padre Himalaia, o Projectos de Energias Renováveis (biomassa e eólica) e o Campus Virtual do Instituto Politécnico de Viana do Castelo"*.

Quanto à infra-estrutura, em fibra óptica, esta tem uma extensão de cerca de 240 km e o custo total do projecto está orçado em 11 milhões de euros. Para um investimento tão elevado como este, foi adoptada uma solução de parceria público-privada, tal como no projecto anterior. De facto, sendo a assessoria técnica, de ambos os projectos, realizada pelo Instituto Politécnico de Viana do Castelo (IPVC), seria de esperar que o modelo adoptado fosse semelhante, visto que a entidade que detém conhecimento nesta área é a mesma. Assim, foi criada uma empresa intermunicipal designada por *"ValiCom - Gestão*

de *Infraestruturas de Telecomunicações*” em parceria com duas empresas privadas (DST e CellCraft International Lda).

É ainda importante referir que as infra-estruturas, de ambas as redes, se interligam em pelo menos dois pontos.

Finda a apresentação dos projectos, é pertinente analisar o processo de construção de ambas as candidaturas ao concurso público aberto pelo POSC, a par com as recomendações e obrigações impostas no *Guião para Apresentação de Candidaturas e Implementação de Projectos*. Deste modo pretende-se entender se tais recomendações foram ou não importantes no trabalho realizado por todas as entidades participantes e se serviu para consciencializar dos potenciais riscos inerentes a uma construção, gestão e manutenção de uma rede destas dimensões. O modelo de operação é, também, um dos pontos mais importantes a considerar. A nível de documentação, a Valimar ComUrb disponibilizou uma série de documentos, entre os quais o [24] que realizou em parceria com o IPVC, onde é possível encontrar os passos seguidos para a apresentação da candidatura. Como as redes comunitárias do Vale do Minho e Valimar apresentam a mesma assessoria técnica, motivações de base idênticas e as mesmas parcerias público-privadas, entende-se que o modelo de operação da Valimar.Net se pode estender ao modelo utilizado pela rede do Vale do Minho. Assim sendo, basta analisar o projecto Valimar.Net e assumir que o modelo de operação e restantes decisões tomadas pela Rede Comunitária do Vale do Minho são as mesmas.

O documento [24] aborda os temas presentes no guião numa sequência um pouco diferente, no entanto, todos os aspectos fundamentais são focados.

O primeiro capítulo - *“Levantamento prévio das redes de comunicações existentes na região abrangida pela candidatura”* - apresenta a tentativa de obter um mapa de tecnologias de comunicação na região. A Valimar ComUrb enviou um pedido a todas as entidades potenciais detentoras de infra-estruturas de comunicações, no sentido de construir o referido mapa das tecnologias e também de aferir se tais entidades estariam interessadas em lhes conceder a utilização de tais infra-estruturas. Para este pedido obteve-se menos de metade das respostas possíveis, o que inviabilizou o sucesso do principal objectivo. Este levantamento de tecnologias é considerado pelo guião como essencial para não se criarem sobreposições com infra-estruturas e/ou investimentos semelhantes e no caso de existirem infra-estruturas públicas pode permitir a redução do investimento inicial.

No capítulo seguinte é introduzido e explicado o conceito das redes comunitárias na região do Vale-e-Mar, e onde se enunciam os respectivos objectivos, os quais:

- *“Favorecer a inovação e a iniciativa empresarial de base tecnológica”;*
- *“Combater a info-exclusão e a iliteracia digital”;*
- *“Aprofundar o e-government”;*

- *"Promover o conhecimento e a qualificação";*
- *"Rede para o desenvolvimento".*

Neste mesmo capítulo são apresentadas e justificadas as opções técnicas, nomeadamente na utilização da fibra óptica, no uso de condutas de águas pluviais e na abertura de valas. No que diz respeito à fibra óptica, o documento salienta o facto de esta ser *"... um meio transparente ao nível das tecnologias que possam ser usadas a montante e a jusante, com capacidade de transmissão ilimitada, de transmissão em longas distâncias e com capacidade de suportar múltiplos serviços (Internet, Voz, Televisão, etc.). Este tipo de meios de transmissão permitem múltiplos operadores a trabalhar sobre a rede e múltiplos serviços, sendo também uma solução escalável"*. Esta opção vai de encontro às orientações do guião, na medida em que a utilização da fibra óptica possibilita a integração de várias tecnologias e a utilização simultânea de múltiplos operadores/prestadores de serviços, sempre numa óptica de neutralidade tecnológica. No que diz respeito às restantes opções técnicas, estas são caracterizadas por serem soluções eficientes em termos de custos, segurança e qualidade.

O capítulo seguinte aborda o modelo de operação da infra-estrutura e por ser uma questão crítica será analisado em maior detalhe.

Segundo o documento [24], o modelo de operação da rede comunitária Valimar.Net assenta em duas fases. A primeira fase consiste em criar uma empresa intermunicipal, de capitais integralmente públicos, através da participação da Valimar ComUrb e dos municípios que a integram. Esta empresa intermunicipal assumirá a propriedade da infra-estrutura e será responsável por toda a gestão da relação entre as três tipologias, tal como está patente no guião. Na fase posterior, será criada uma segunda sociedade que assenta numa parceria público-privada. A participação pública, de 51% no capital da sociedade, será assegurada pela empresa intermunicipal proprietária da rede. O processo de identificação, selecção e escolha da entidade privada terá de obedecer às leis de concorrência e contratação pública em vigor. Esta última terá uma participação de 49% no capital da sociedade.

Esta sociedade de capitais público-privados será responsável pelo desenvolvimento de todo o processo de levantamento, desenho, planeamento, construção, gestão e manutenção da infra-estrutura. Assim, assumindo a variante do modelo base, esta sociedade público-privada terá o papel de entidade gestora da infra-estrutura. Ficará impossibilitada, por imposição referida no guião, de prestar serviços aos clientes finais e assume a responsabilidade por toda a gestão da relação com entidades externas subcontratadas e com os operadores e/ou prestadores de serviços de comunicações interessados na utilização da infra-estrutura.

Este modelo encontrado pelas redes comunitárias do Valimar e do Vale do Minho vem na sequência de constrangimentos encontrados no cumprimento do modelo apresentado pelo guião. De acordo com as directrizes deste e com um parecer da UMIC, o modelo

de operação obrigava a que fosse efectuado um primeiro concurso para a escolha da entidade responsável pela construção da infra-estrutura e só depois de estar terminada a sua construção é que poderia ser efectuado um segundo concurso para a escolha da entidade responsável pela sua exploração.

De acordo com os responsáveis, esta situação não era a mais indicada para este tipo de projectos com investimentos iniciais muito elevados, pois o tempo de espera para o início da rentabilização da infra-estrutura era longo e incerto. Ainda segundo os mesmos, foi proposto encurtar o tempo de espera, efectuando os dois concursos consecutivamente. Sendo esta situação rejeitada, surgiu, então, este modelo alterado que permite num mesmo concurso encontrar um parceiro privado para a constituição de uma empresa mista que não seja só responsável por construir a infra-estrutura, como também, futuramente, responsável pela sua gestão e exploração. Como a nova empresa tem capitais maioritariamente públicos (51%), sendo uma das empresas com capitais 100% públicos, não existe qualquer incompatibilidade na adopção deste modelo, onde a construção, gestão e exploração fica a cargo da mesma entidade. Quanto ao investimento inicial, este é maioritariamente privado, contando com uma participação de 55% do total. Os restantes 45% são públicos e provenientes de fundos POSC/FEDER. Assim sendo, a entidade pública consegue retirar por completo o peso excessivo da sua participação no investimento inicial.

Outro constrangimento encontrado está relacionado com o tempo de exploração da rede, por parte de uma empresa privada, que se fixava no prazo máximo de 10 anos, o que foi considerado demasiado curto para uma rede destas dimensões. Este novo modelo consegue contornar esta situação, pois sendo a empresa que detém a infra-estrutura também responsável pela exploração, o limite imposto deixa de existir. No que diz respeito a outros aspectos referidos no guião, este modelo cumpre-os na sua totalidade.

O documento da Valimar.Net em análise ainda contempla todos os outros aspectos importantes que o guião exige, nomeadamente:

- Os serviços prestados às entidades interessadas na utilização da rede — *“... disponibilização/aluguer de 1 ou mais fibras desde um ponto de ligação/acesso até um outro ponto. ...”*;
- A interligação a outras redes;
- Os serviços mínimos que o operador pode disponibilizar a partir da infra-estrutura — *“... todos os serviços básicos são permitidos, pois hoje em dia a grande maioria dos sistemas trabalham sobre IP que é totalmente compatível. ...”*;
- A neutralidade tecnológica — *“... no modo de disponibilização de capacidade de transporte estamos a trabalhar ao nível 2. Como a grande maioria dos sistemas trabalham do nível 3 e 4 para cima o operador pode usar WiFi, LMDS, WiMAX, ADSL, VoIP, IPTV, etc que não existe problemas. ...”*;

- A existência de redundância — *“... Esta redundância pode passar desde criação de infra-estrutura própria, interligação com uma eventual rede já existente ou com outras redes do género que possam vir a ser criadas na região.”*;
- A disponibilidade — *“... será uma rede de alta disponibilidade para todos os seus utentes pois terá todo um programa de manutenção preventiva a cumprir ... em caso de possível corte de fibra a reparação levará no máximo 4 horas.”*;
- A elaboração de cenários possíveis para a construção da rede, com a devida análise dos pontos de prioridade máxima e respectivos custos associados, englobando também todos os equipamentos necessários.

É de salientar o estudo de viabilidade económica e financeira realizado, englobando a análise do mercado, a concorrência e custos de investimento, de forma a, mediante o que é estipulado no guião para o ROI, praticar uma tarifa adequada aos operadores/prestadores de serviços ao cliente final. No que foi possível apurar, a tarifa por 100 Mbit situa-se nos 1750 euros, um valor considerado como aceitável no panorama nacional. No entanto, os responsáveis acrescentam que no futuro a tarifa deverá descer até aos 1000 euros.

No decorrer do estudo e candidatura, foi elaborado um caderno de informação técnica que cobre toda a informação respeitante à fibra óptica, nomeadamente, os passos necessários para a sua instalação, cuidados e medidas de segurança e opções técnicas tomadas no âmbito do projecto de redes comunitárias.

Indispensável para uma construção de base sólida e bem estruturada de um projecto de grandes dimensões como este, está o papel importante da Câmara Municipal de Viana do Castelo e do Instituto Politécnico de Viana do Castelo que deram o contributo ao nível da sua experiência e conhecimentos nestas áreas de projectos de telecomunicações.

4.2.1.3 Rede Comunitária de Banda Larga da Terra Quente Transmontana

O terceiro e último projecto, a nível do norte do país, tem o nome de Rede Comunitária de Banda Larga da Terra Quente Transmontana. Tem como entidade promotora a AMTQT (Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana), formada pelos seguintes seis concelhos:

- Alfândega da Fé;
- Bragança;
- Carrazeda de Ansiães;
- Macedo de Cavaleiros;
- Mirandela;
- Vila Flor.

Em comum aos projectos de redes comunitárias apresentados anteriormente, este tem como principais objectivos os seguintes:

- Combater a infoexclusão;
- Promover o acesso à banda larga por parte dos agregados populacionais;
- Impulsionar a iniciativa empresarial de base tecnológica;
- Promover serviços digitais;
- Corrigir assimetrias verificadas na acessibilidade às telecomunicações.

Para a infra-estrutura a ser construída, este projecto prevê ainda a sua utilização para:

- *"Redução de custos em comunicações intra-grupo dos Municípios"*;
- *"Intranet intermunicipal que inclua as juntas de freguesia e permita a deslocalização dos serviços a prestar aos munícipes"*;
- *"Gestão de serviços (telegestão de redes de rega municipais, de redes de abastecimento de água em baixa, telegestão dos sistemas de redução de fluxo das redes de iluminação pública, gestão remota de semáforos e parques de estacionamento, etc.)"*;
- *"Criação de rede Corporate TV (divulgação de conteúdos, informação e actividades com interesse para o cidadão)"*;
- *"Rede de video-vigilância municipal"*, *"Vigilância de espaços florestais para controlo de incêndios"* e *"Vigilância remota de idosos"*;
- Interligação entre Instituto Politécnico de Braga e Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Mirandela e ainda entre os Institutos Piaget de Macedo de Cavaleiros e de Mirandela.

A infra-estrutura, em fibra óptica, tem uma extensão de cerca de 235 km e um custo total de 7.7 milhões de euros. Segundo [25], o financiamento é conseguido através de fundos POSC/FEDER e através de contrapartida nacional (AMTQT e Câmaras Municipais), sendo o peso de 45% e 55%, respectivamente. Portanto, ao contrário do que se sucedeu com os projectos anteriores, não houve qualquer tipo de parceria para o investimento inicial da rede.

A ideia de participar no concurso das redes comunitárias surgiu em 2006, aquando da sua abertura e o primeiro objectivo consistiu em descobrir o estado das comunicações na região, de modo a que o projecto as complementasse. Deste modo, efectuaram os procedimentos necessários para conseguir conhecer as infra-estruturas da região. Apenas e só conseguiram conhecer o estado das comunicações através da ANACOM. Dado o pouco tempo para a entrega da candidatura e também devido à falta de conhecimento no que diz

respeito a matéria de obras desta dimensão ficou decidido seguir a orientação do guião. A apresentação da candidatura ao concurso das redes comunitárias teve como parceiro técnico o Instituto Politécnico de Bragança (IPB).

O primeiro concurso internacional para encontrar a entidade responsável pela construção da infra-estrutura ficou deserto. Posteriormente, foi realizado um segundo concurso, do qual surgiu uma resposta de um consórcio de quatro empresas:

- PT Prime (Chefe do Consórcio);
- NextiraOne;
- Cabelte;
- Ensul Meci.

Actualmente, o modelo de operação ainda não se encontra definido, mas até ao final deste ano de 2008 deve ser apresentado um modelo que se considere mais adequado para a exploração da infra-estrutura.

4.3 Redes Comunitárias Internacionais

À imagem de algumas regiões de Portugal, estão também regiões de outros países, nomeadamente de França, Itália, Suécia, Áustria e Estados Unidos da América, que ainda se deparam com níveis de penetração de banda larga muito abaixo da média nacional. Portanto, o conceito de regiões desfavorecidas não se reporta apenas a Portugal.

Apesar de muito recentes, alguns desses projectos, são considerados como referência para novos projectos a desenvolver, especialmente para regiões com fraco conhecimento a este nível. Neste contexto surgem, também, alguns estudos sobre infra-estruturas, modelos de operação e tecnologias que ajudam a compreender melhor algumas das práticas adoptadas. Assim, numa primeira fase, apresentam-se os estudos efectuados e posteriormente são analisados os projectos nos referidos países.

A nível Europeu surge um estudo, realizado em [26], onde figuram quatro modelos emergentes para a implementação da banda larga, os quais:

- Modelo de Rede e Serviços Explorados pelas Comunidades — *"Community operated network and services"*;
- Modelo do Operador de Operadores — *"Carrier's carrier model"*;
- Modelo da Infra-estrutura Passiva — *"Passive infrastructure model"*;
- Modelo da Agregação da Procura Pública — *"Aggregation of public demand"*.

Estes modelos assentam numa arquitectura em camadas, onde são considerados os vários domínios existentes e respectivos elementos:

- Domínio do fornecedor da infra-estrutura — Elementos passivos (condutas, cablagem, mastros, sites);
- Domínio do operador/prestador de serviços — Elementos activos (rede de acesso, conteúdos, serviços, SLAs);
- Domínio do utilizador — Equipamentos terminais de acesso à rede.

Conhecida a base dos modelos é agora possível apresentar cada um deles bem como as suas vantagens e desvantagens segundo [26].

O Modelo de Rede e Serviços Explorados pelas Comunidades opera ao nível do domínio do utilizador, ou seja, centra o seu investimento em terminais de acesso à rede para os clientes finais. Como vantagem salienta-se o facto de ser uma solução completa, na medida em que consegue fazer chegar os equipamentos a preços mais competitivos a todos os utilizadores, estimulando a procura. No entanto, este modelo detém um risco financeiro para o sector público, pois para investir neste mercado dos equipamentos são necessários grandes conhecimentos técnicos e comerciais, algo que este sector não possui.

O segundo modelo - Modelo do Operador de Operadores - opera no domínio do fornecedor da infra-estrutura e no domínio do operador/prestador de serviços, mas neste último só ao nível da rede de acesso. A única e aparente vantagem deste modelo é a baixa entrada, de fornecedores de serviço neste mercado. Como desvantagens realça-se o possível impacto negativo na competição entre tecnologias, pois o *"know-how"* tecnológico do fornecedor de serviços pode estar restrito a uma tecnologia ou grupo de tecnologias específico. O risco financeiro para o sector público e a necessidade deste encontrar suporte e aconselhamento técnico são também duas desvantagens a ter em conta.

O penúltimo modelo - Modelo da Infra-estrutura Passiva - opera em todo o domínio do fornecedor da infra-estrutura, ou seja, opera no nível mais baixo da cadeia de valor de qualquer rede de telecomunicações, onde os custos de construção da infra-estrutura representam, segundo o autor, cerca de 70% dos custos de toda esta rede. Assim, uma intervenção pública neste domínio é tida como vantajosa para este modelo. Apesar de vantajosa, esta medida é considerada, também, como um factor de risco para o sector público, pois sem o conhecimento técnico necessário é possível que haja falhas graves ao nível da gestão, manutenção e operação em infra-estruturas desta dimensão. Como desvantagem o autor reforça a existência de entraves, ainda consideráveis, à entrada de operadores de rede privados.

Finalmente o Modelo da Agregação da Procura Pública propõe uma parceria público-privada operando no domínio do utilizador, assemelhando-se, assim, ao primeiro modelo apresentado, com a vantagem de haver o suporte técnico do parceiro privado. Neste caso, como a entidade privada detém conhecimento nesta área o risco financeiro é bastante inferior. No entanto, realça-se, como desvantagem, o possível impacto negativo desta parceria sobre a concorrência, onde se favorece o plano de negócio de um operador em detrimento do plano de negócio de outros concorrentes.

Dos modelos aqui descritos não é possível encontrar um que apresente apenas vantagens na sua aplicação em projectos de banda larga. Apenas o último aparenta ser mais seguro para a entidade pública, pois através de uma parceria com uma empresa que detenha conhecimento técnico pode ser possível reduzir o risco de quem apenas tem o capital para investir. Na base desta premissa é sugerido, no documento, um quinto modelo que combina dois dos anteriores, nomeadamente o Modelo da Infra-estrutura Passiva e o Modelo da Agregação da Procura Pública. Assim, em vez da parceria público-privada operar no topo (domínio do utilizador), tal como no último modelo, opera na base (domínio do fornecedor da infra-estrutura) tal como no penúltimo modelo. É possível, então, fundir as vantagens de ambos, num só e colmatar algumas das desvantagens que se encontravam quando a análise recaía sobre cada um separadamente. Como vantagens evidencia-se o facto da intervenção pública ser realizada no nível mais baixo da cadeia de valor, podendo agora ser assegurada pela experiência e conhecimento técnico de uma entidade privada, garantindo um baixo risco financeiro público. Relativamente a desvantagens, este modelo apresenta apenas como factor negativo a possível dificuldade em organizar uma parceria público-privada capaz de sustentar este modelo.

Neste âmbito de investimentos públicos, privados ou de parcerias público-privadas de modo a construir um modelo de operação mais seguro, surge o documento [27] elaborado pela CDC (Caisse des Dépôts²), onde são referidas boas práticas para a implementação de projectos de banda larga locais ou regionais.

Chegando à conclusão da existência de regiões com baixa penetração de tecnologias de acesso à *Internet*, a CDC afirma a necessidade imperativa de haver uma intervenção pública para a implementação de infra-estruturas de banda larga, opinião também partilhada pelo Estado, pelas autarquias locais e pelas entidades privadas. No entanto, esta intervenção coloca algumas questões relacionadas com:

- O acompanhamento financeiro das comunidades locais;
- As entidades que devem formar as parcerias públicas e/ou privadas;
- O modelo económico mais aceitável para todos os intervenientes;
- O papel que uma entidade como a CDC pode ter neste processo.

À questão do papel a desempenhar por uma entidade, como a CDC, capaz de mobilizar capitais e esforços, aparece como resposta o seu dever de vigiar todos os projectos, acompanhando de perto as comunidades, fornecendo-lhes todo o tipo de informação relevante sobre outras experiências semelhantes e incentivos financeiros para estudos na área da engenharia.

² A CDC é uma instituição financeira pública que realiza missões de interesse público em nome do governo central e das autarquias locais e regionais francesas.

No que diz respeito ao modelo operacional a escolha recai sobre a Delegação de Serviço Público (DSP³), que pode ser completa ou parcial. A DSP pode ser completa na concessão da infra-estrutura, sendo então a entidade responsável pela sua construção e exploração, ou pode ser parcial se apenas for responsável pela sua exploração, podendo alugar a infra-estrutura a terceiros. Os procedimentos desta montagem jurídica passam pela:

- Abertura de concursos após negociações;
- Mobilização de entidades privadas;
- Controlo sobre a comunidade:

No que diz respeito à necessidade de construir uma infra-estrutura que respeite a neutralidade tecnológica;

No que diz respeito à harmonização das tarifas praticadas no aluguer da infra-estrutura;

- Contribuição financeira pública e benefícios de retorno.

No que concerne à contribuição financeira, a CDC investe com capitais próprios ou participados, sendo a accionista minoritária, em entidades delegatárias ou em sociedades *ad hoc*, mediante negociação e após lhe ser solicitado. As sociedades *ad hoc* são responsáveis pela gestão da infra-estrutura, que se caracteriza por ser neutra e aberta a todos os interessados. O documento ressalva ainda que em França as autoridades locais são obrigadas a ter a maioria de capitais de uma sociedade anónima.

Este conceito, segundo o documento [28] surgiu em 2001 numa cidade Francesa, Nancy, que construiu a sua própria rede em fibra óptica e aluga a sua capacidade a operadores privados de telecomunicações. Na sequência deste projecto, o Parlamento Francês cria o artigo L.1511-6, o qual institui que as autoridades locais podem construir redes de fibra escura. Mais tarde, em 2004 e após análise de projectos que surgiram na sequência do referido artigo ficou provado que estes eram eficientes apenas nas áreas mais povoadas. Para suprir as necessidades de regiões com menor densidade populacional e com menor capacidade de atrair investimento, o Parlamento aprovou o artigo L.1425-1 e assim, para além de poderem construir as infra-estruturas, as autoridades locais também podem tornar-se operadores neutros da rede. Em [28] é apresentado o seguinte quadro referente a esta montagem jurídica:

³DSP (literalmente Delegação de Serviço Público) é uma noção jurídica francesa que se traduz numa prática de gestão por delegação dos serviços públicos. Trata-se do regime mais frequente de gestão delegada de serviços públicos, podendo a comunidade, por outro lado, optar por uma gestão directa do serviço.

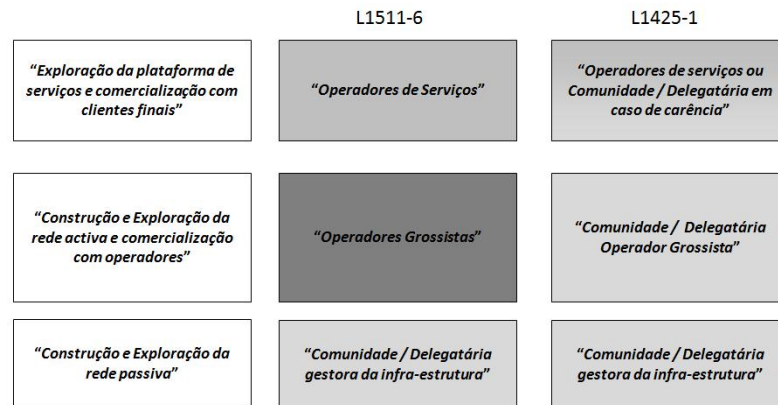


Figura 4.1: Montagem Jurídica Francesa

4.3.1 Projectos de Redes Comunitárias Internacionais

Analizados os modelos de operação, é interessante abordar os projectos realizados na Europa e Estados Unidos da América. Na Europa e no seguimento do estudo anterior, apresenta-se um projecto realizado em França, mais propriamente em Pau, nos Pirinéus. Este projecto contempla três fases, as quais:

- *"Pau Broadband Country"*;
- *"Paulywood"*;
- *"Nano Valley"*.

Nestas três fases, a região pretende criar uma sociedade baseada na informação e comunicação, massificando o uso das novas tecnologias em áreas como a saúde, a educação e a administração pública, potenciando também a criação de novos empregos e empresas ligadas às biotecnologias. Para atingir os objectivos propostos, a autarquia local optou por uma delegação de serviço público parcial, ou seja, ficou apenas responsável pela construção de toda a infra-estrutura (baseada numa arquitectura em fibra óptica) e entregou a sua exploração a uma entidade neutra que gere e explora a infra-estrutura. Esta entidade, por sua vez, abre a infra-estrutura a todos os operadores/prestadores de serviço, sendo estes os responsáveis pela oferta de serviços ao cliente final. Relativamente à oferta de serviços, esta, segundo [29], incluiu acesso à *Internet* a uma velocidade de 100Mbps, VoIP, TV e *Video-on-Demand* por apenas 30 euros mensais.

Para desenvolvimento futuro está programada a cobertura da região através de uma rede sem fios.

No que diz respeito a projectos desta natureza, as abordagens francesas e italianas são, pelos seus modelos de operação e boas práticas, consideradas como referência. Conhecidos os modelos e um exemplo francês, resta apresentar o exemplo italiano segundo o documento [30].

Em Itália foi efectuado um estudo a nível nacional de modo a conhecer o estado das redes de banda larga. Desse estudo resultou o seguinte:

- Acesso a múltiplas tecnologias e ofertas de serviços diversificadas — Representa 3% do país, onde está 26% da população total e 30% das empresas;
- Acesso à tecnologia ADSL e concorrência a nível de operadores grossistas — Representa 34% do país, onde está 48% da população e 49% das empresas;
- Acessos e concorrência reduzidas — Representa 63% do país, onde está 26% da população e 21% das empresas.

Reconhecida a baixa penetração da banda larga em grande parte do território nacional italiano, foi elaborado um plano para contrariar essa situação. Através do eEurope 2005 (nascido no seio da união europeia), de directivas e decretos de lei (*"Direttiva del P.C.M. 3/3/1999"*, *"Legge delega 443/2001"*, *"Legge 166/2002 (artt. 40-41)"* e *"Decreto Legislativo 198/2002"*) foi possível delinear a seguinte estratégia:

- Permitir que as comunidades locais possam ser operadoras de telecomunicações, no entanto têm que criar uma sociedade distinta;
- Efectuar simplificações administrativas para a construção das infra-estruturas;
- Permitir o acesso público às infra-estruturas e reduzir os encargos públicos.

Neste contexto e segundo [30], para atingir com sucesso o objectivo de disseminação da banda larga é necessário considerar os seguintes elementos:

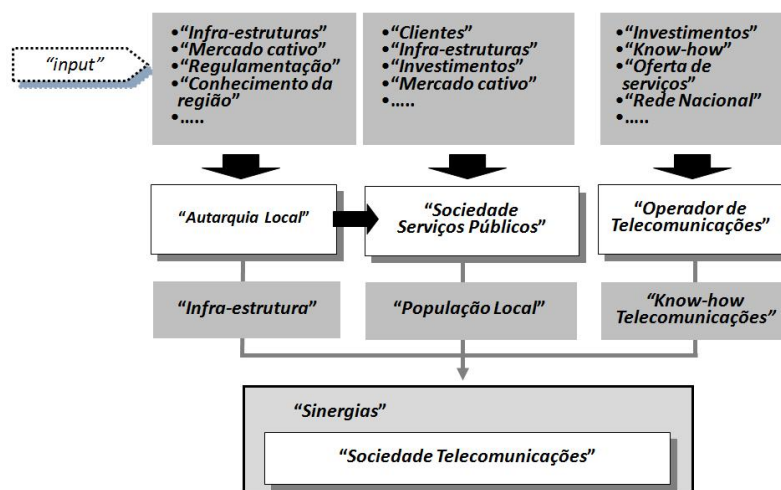


Figura 4.2: Elementos Chaves de Projectos de Banda Larga

Com base nesta estrutura acima ilustrada surgiram quatro modelos de operação, os quais:

- *Joint Venture* entre os serviços públicos e operadores de telecomunicações — Uma sociedade para a rede e uma sociedade para os serviços;
- *Joint Venture* entre os serviços públicos e operadores de telecomunicações — Uma sociedade para a rede e/ou para os serviços;
- Operador Local de telecomunicações — Uma sociedade para a rede e/ou para os serviços;
- Coligação para a criação de um operador de telecomunicações "*multi-local*".

Não há, portanto, um modelo preferido para a implementação dos projectos, nem esse seria o caminho mais correcto, pois cada região tem o seu perfil económico e populacional.

O exemplo que se segue é um pouco diferente dos anteriores, na medida em que não são utilizados os princípios de rede aberta e neutralidade tecnológica. De acordo com [31], Grafenwörth - uma região austríaca - foi uma das mais afectadas pelas cheias de Agosto de 2002. Esta região, com cerca de 2.615 habitantes e 300 empresas, deparando-se com a perda de grande parte da sua actividade económica e reconhecendo que apenas 20% das habitações estavam cobertas pela tecnologia DSL, decidiu pôr em prática um plano de acção para a sua dinamização e revitalização. Esta estratégia tinha em vista os seguintes objectivos:

- Fornecer à região o acesso à *Internet* de banda larga, de forma a sustentar o seu desenvolvimento;
- Incutir, aos seus cidadãos, a importância da participação na sociedade da informação de forma a garantir uma vantagem competitiva, face aos outros países da UE;
- Reforçar as PME's locais.

Como a autarquia local não detinha qualquer conhecimento técnico em projectos e tecnologias de banda larga, reconheceu a necessidade de efectuar uma parceria com uma entidade que não só tivesse conhecimento técnico, como também capital para investir. Com base nestas premissas a autarquia local criou uma parceria com a "*Telekom Austria*", para a implementação de uma rede local baseada na tecnologia DSL e WiFi. O projecto teve a duração de aproximadamente um ano, desde o acordo entre as duas entidades e a disponibilização da oferta de serviços. Segundo [31] os resultados obtidos foram bastante positivos, destacando-se:

- Cobertura das habitações, pela banda larga, atingiu os 100%;
- A sua utilização por parte da população cresceu de 0.6% para os 6%;
- Grande parte da população aderiu ao pacote de serviço ilimitado (*downloads* e *uploads* ilimitados).

No final do documento são realçadas algumas das práticas utilizadas para o sucesso desta iniciativa:

- A criação de uma parceria entre uma entidade local e uma empresa com conhecimentos técnicos e interesse em investir é o primeiro passo para o sucesso da iniciativa;
- A divulgação de informação à comunidade e aos meios de comunicação social é considerada importante para criar confiança e gerar uma maior procura em projectos desta natureza;
- A disponibilização de banda larga em zonas rurais é um passo importante para a sua revitalização, pois o acesso à informação e às novas tecnologias é um critério importante para a fixação de população e empresas.

Um dos exemplos mais conhecidos a nível europeu e mundial, em termos de utilização e disponibilização de fibra óptica, encontra-se na Suécia, em Estocolmo. A estratégia criada pela cidade começa em 1994 com a fundação da empresa *Stokab*, detida pela *Stockholms Stadshus AB* que, por sua vez, é propriedade da cidade de Estocolmo. A criação desta empresa teve como base a necessidade de estimular a utilização das tecnologias de comunicação, criando assim, um crescimento económico mais sustentado para a região. Para atingir este objectivo foi construída uma rede em fibra óptica, ligando as escolas, os edifícios administrativos públicos, os centros hospitalares, os edifícios culturais e recreativos, sendo a *Stokab* a responsável pela sua construção, operação, manutenção e também pelo seu aluguer a outras entidades interessadas. Esta empresa é, então, um operador neutro fornecendo uma infra-estrutura de rede aberta e de acesso indiferenciado a todos. É pertinente, agora, apresentar a organização do modelo do mercado da banda larga em Estocolmo. De acordo com [32] a estrutura é a seguinte:

- "*Detentores da Infra-estrutura*" — A *Stokab* é a única entidade que fornece uma infra-estrutura de rede neutra e aberta, permitindo o seu aluguer a todos os interessados;
- "*Operadores/Prestadores de Serviço*" — Estas entidades fornecem o acesso telefónico, à *Internet* e a outros serviços. Os prestadores de serviços podem ser clientes directos da *Stokab* ou através de outros fornecedores ou operadores de comunicações;
- "*Operadores de Comunicações*" — Estas entidades funcionam como operadores neutros de serviços. Estão incumbidos de fornecer uma plataforma aberta, onde todos os fornecedores de serviço podem aceder à rede de forma equitativa. Esta medida, de acordo com [32], assegura a existência de um mercado competitivo mais justo;
- "*Clientes Finais*" — Considerados como fundamentais na construção de melhores ofertas, pois a sua exigência em termos de liberdade na escolha de prestadores e de serviços é crescente.

Com este modelo foi possível construir uma sociedade baseada na informação e comunicação, atraindo investimentos aliados às novas tecnologias. Para dar continuidade ao seu desenvolvimento foram estabelecidos novos desafios, nomeadamente, a integração de uma rede sem fios para as zonas mais rurais recorrendo às tecnologias FWA e BWA. Realça-se ainda o facto da tecnologia WiMAX estar a ser utilizada e prevista para futura expansão desta rede de banda larga.

Por fim são apresentados os exemplos dos Estados Unidos da América. Segundo [33] as premissas para a utilização da banda larga são comuns às europeias, nomeadamente, no desenvolvimento económico, na educação, na *"telemedicina"*, no *eGovernment* e no entretenimento. Ainda de acordo com [33], se não estiverem criadas as condições para desenvolver estas actividades, isto é, se as redes de banda larga não estiverem disponíveis, há justificações económicas para que os governos locais tomem a iniciativa. A primeira razão que justifica essa entrada é a falha de oferta dos serviços, havendo pouca ou quase nenhuma concorrência, permitindo a monopolização dos preços. A segunda razão prende-se com a necessidade de potenciar os investimentos realizados nas escolas, bibliotecas, segurança pública e nos governos locais adicionando a componente tecnológica.

Tal como nos exemplos anteriormente apresentados, o conceito base para as redes norte-americanas é o *Open/Equal Access Network*, sendo válido quer para os sistemas por cabo, quer para os sistemas rádio. No que diz respeito a este conceito, o documento alerta para a necessidade de alinhamento com a tecnologia, para não existirem distorções no mercado, pois a escolha *a priori* da tecnologia pode limitar o modelo de negócio e vice-versa. Deve haver, também, uma preocupação em encontrar o melhor modelo para a aplicação de taxas pelo acesso à infra-estrutura, podendo ser escolhidas várias abordagens entre os modelos de venda a retalho ou grossista. Quanto aos exemplos de redes de banda larga, destacam-se os seguintes:

- *"Spencer, Iowa Municipal Utility (SMU)"* — Baseado na arquitectura *Hybrid Fibre-Coaxial*⁴. O modelo de operação contempla uma parceria entre a SMU e os ISPs, onde a SMU aluga a largura de banda enquanto que os ISPs cobram pelos serviços;
- *"Grant County Zippnet"* — Arquitectura em fibra óptima até ao cliente final (*Fiber To The Home "Active Star"*). Neste projecto a Zippnet é vendedora grossista e a cobrança ao cliente final é efectuada pelos vendedores a retalho;
- *"Jackson, TN, E-Plus Network"* — Arquitectura em fibra óptica até ao cliente final (*Fiber To The Home "Active Star"*). Modelo é idêntico ao anterior, no entanto, o vendedor grossista recebe também uma percentagem da venda a retalho;

⁴É uma tecnologia de banda larga, utilizada nos Estados Unidos da América e Canada, que combina a fibra óptica e o cabo coaxial. A fibra óptica é utilizada até ao ponto de distribuição mais próximo dos agregados populacionais, sendo posteriormente utilizado o cabo coaxial até ao cliente final.

- *"UTOPIA: Utah Telecommunication Open Infrastructure Agency"* - Considerado o maior projecto de rede aberta nos Estados Unidos da América, é formado por 18 entidades intermunicipais que estudaram, financiaram, desenharam e construíram a rede baseada numa arquitectura em fibra óptica. Esta entidade intermunicipal é, também, responsável por operar e manter a rede, alugando a sua capacidade a terceiros.

Apesar de serem projectos de grande dimensão, o documento realça o facto de ser ainda precipitado tirar conclusões sobre os modelos adoptados, considerando que é necessário desenvolver mais experiências desta natureza para conseguir atingir a fórmula certa.

Capítulo 5

Análise de Solução via Rádio

No contexto da introdução do BWA em Portugal e aproveitando o interesse que tem vindo a ser demonstrado pela tecnologia WiMAX, é pertinente efectuar o planeamento de uma rede rádio na região que apresenta maiores défices de disseminação de banda larga, ou seja, na região norte. Aproveitando os projectos de redes comunitárias e tendo sido disponibilizada informação relevante em termos de localização da rede de fibra óptica no Vale do Minho, será interessante explorar esta tecnologia neste cenário. Reconhecendo também o potencial existente na Região Demarcada do Douro, um segundo planeamento afigura-se como necessário e importante.

Neste capítulo são, então, apresentados os resultados de tais planeamentos. Para isso é utilizado um *software*, de nome WinProp (versão 8.0), adquirido à empresa *AWE Communications*. Este *software* de planeamento foi seleccionado por apresentar um rácio custo/qualidade mais aceitável de entre as outras opções estudadas.

5.1 Parâmetros do Sistema

Antes de iniciar a construção e simulação da rede é necessário configurar o *software* de modo a obter os resultados pretendidos. Nesta secção são, assim, apresentadas as configurações necessárias para o planeamento nos dois cenários referidos.

5.1.1 Bandas de Frequência

Antevendo a introdução do WiMAX em Portugal e de acordo com a autoridade nacional de comunicações ANACOM, as licenças serão disponibilizadas segundo uma divisão territorial por zonas com dois direitos de utilização de frequências em cada sub-faixa. Assim, para os dois cenários é utilizado 1 bloco de 2x28MHz, na sub-faixa 3400 - 3600 MHz. Como o processo de atribuição ainda se encontra em fase de estudo, opta-se por utilizar o bloco 3410 - 3438 MHz e 3510 - 3538 MHz, que corresponde à licença atribuída à Portugal Telecom no âmbito do FWA.

De acordo com [10], o WiMAX baseado no IEEE 802.16e-2005 permite atribuição de canais entre os 1.25 MHz e 20 MHz de largura. Desta forma, são utilizados canais de 3.5 MHz, permitindo cerca de 16 canais na sub-faixa a utilizar. Quanto à utilização dos modos TDD ou FDD, [34] e [12] referem que esta última norma apenas suporta o TDD, por este apresentar claras vantagens face ao FDD.

5.1.2 Modulações e Débito

No que respeita a esquemas de modulação, o WiMAX, segundo [12] compreende de QPSK até 64-QAM. O documento [34] apresenta a seguinte tabela com principais esquemas e débitos associados para os canais de largura 5 MHz, 7MHz e 10 MHz:

	Modulation	Data Rate [Mbps]
5 MHz	QPSK $\frac{1}{2}$	2.016
	QPSK $\frac{3}{4}$	3.024
	16-QAM $\frac{1}{2}$	4.032
	16-QAM $\frac{3}{4}$	6.048
	64-QAM $\frac{2}{3}$	8.064
	64-QAM $\frac{3}{4}$	9.072
10 MHz	QPSK $\frac{1}{2}$	4.032
	QPSK $\frac{3}{4}$	6.048
	16-QAM $\frac{1}{2}$	8.064
	16-QAM $\frac{3}{4}$	12.096
	64-QAM $\frac{2}{3}$	16.128
	64-QAM $\frac{3}{4}$	18.144
7 MHz	QPSK $\frac{1}{2}$	2.736
	QPSK $\frac{3}{4}$	4.104
	16-QAM $\frac{1}{2}$	5.472
	16-QAM $\frac{3}{4}$	8.208
	64-QAM $\frac{2}{3}$	10.994
	64-QAM $\frac{3}{4}$	12.312

Tabela 5.1: Esquemas de Modulação e Débitos Associados — Fonte: [34]

Dada a impossibilidade, por falta de informação, de configurar os canais de 3.5 MHz para os esquemas de modulação apresentados na tabela anterior, a análise para estes esquemas não poderá ser efectuada.

5.1.3 Modelo de Propagação

Segundo [35], o modelo de propagação que melhor se adequa a cenários rurais, como os que serão apresentados, é o "*Dominant Path Model*".

Embora o documento [34] refira que o modelo "*COST 231 Hata*", utilizado para frequências na ordem dos 2 GHz, também possa ser utilizado para frequências de 3.5 GHz, [36] refere que quando comparado com o "*Dominant Path Model*" os resultados são mais precisos para este último.

Uma comparação entre os vários modelos possíveis apresenta-se nas figuras seguintes:

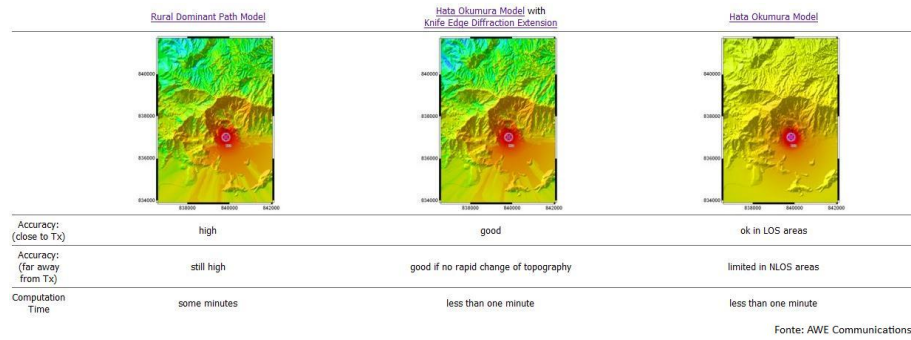


Figura 5.1: Comparação entre Modelos de Propagação em Hong Kong (China)

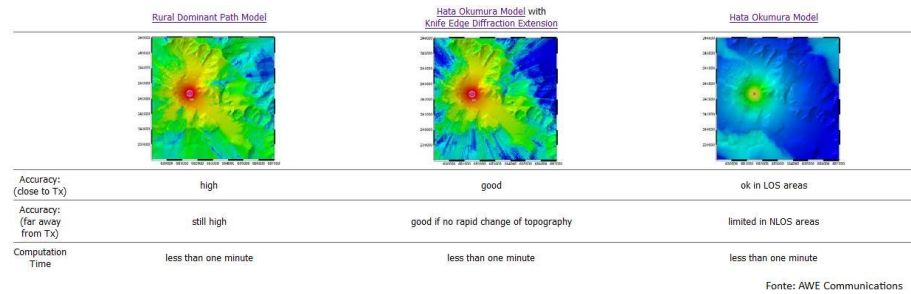


Figura 5.2: Comparação entre Modelos de Propagação em Albis (Suíça)

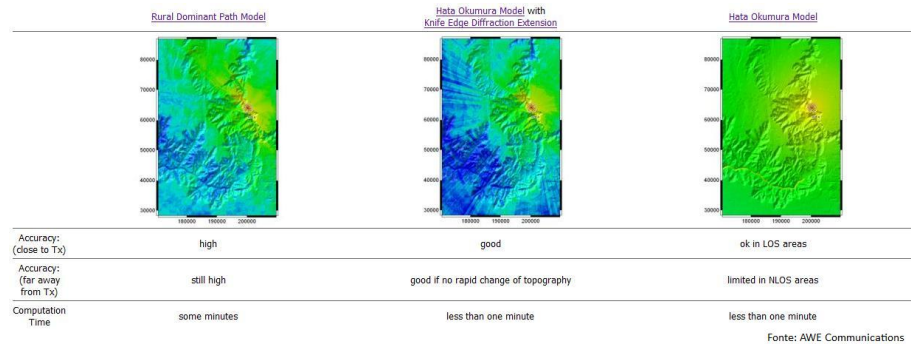


Figura 5.3: Comparação entre Modelos de Propagação no Grand Canyon (EUA)

Assim sendo, o modelo adoptado será o *"Dominant Path Model"*.

5.2 Parâmetros das Simulações

Por fim, apresentam-se as configurações das estações base e terminais móveis, presentes em ambos os cenários, baseadas no documento [10].

5.2.1 Estação Base WiMAX

Parâmetros das Estações Base	
Norma	802.16e-2005
Frequência de Operação	3400-3600 MHz
Duplex	TDD
Largura dos Canais	3.5 MHz
Altura	30 metros
Antena	Sira 3.5 WLL 14-120
Ganho da Antena	14,5 dB
Potência Máxima do Power Amplifier	43 dBm (19.95 Watt)

Tabela 5.2: Parâmetros das Estações Base

A antena utilizada é disponibilizada pela empresa Sira e é caracterizada pelo seguinte diagrama de radiação:

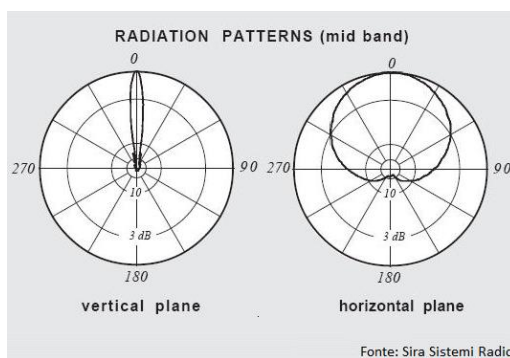


Figura 5.4: Diagrama de Radiação da Antena Sira 3.5 WLL 14-120

A figura seguinte ilustra a configuração, no software, dos parâmetros apresentados para as frequências e estação base:

ID	Frequency [MHz]	Available
0	3411.750 MHz	Available
1	3415.250 MHz	Available
2	3418.750 MHz	Available
3	3422.250 MHz	Available
4	3425.750 MHz	Available
5	3429.250 MHz	Available
6	3432.750 MHz	Available
7	3436.250 MHz	Available
8	3511.750 MHz	Available
9	3515.250 MHz	Available
10	3518.750 MHz	Available
11	3522.250 MHz	Available
12	3525.750 MHz	Available
13	3529.250 MHz	Available
14	3532.750 MHz	Available
15	3536.250 MHz	Available

Figura 5.5: Parâmetros das Estações Base introduzidos no WinProp

5.2.2 Terminal Móvel

Quanto ao terminal móvel os parâmetros a definir são os seguintes:

Figura 5.6: Parâmetros dos Terminais Móveis introduzidos no WinProp

Apenas o "*Fast Fading Margin*" foi retirado de [34].

5.3 Vale do Minho

Esta região, maioritariamente rural, estende-se por uma área de aproximadamente 813.2 quilómetros quadrados e abrangendo cerca de 62.562 habitantes. Para o planeamento da rede WiMAX são considerados os municípios e respectivas freguesias pertencentes ao projecto de redes comunitárias do Vale do Minho. De seguida, apresentam-se, então, os municípios contemplando o número de habitantes, de acordo com o Censos 2001 e respectiva área geográfica.

Municípios	Área (km ²)	Nº de habitantes (Censos 2001)
Melgaço	238.1	9.996
Monção	211.3	19.956
Paredes de Coura	138.2	9.571
Valença	117.1	14.187
Vila Nova de Cerveira	108.5	8.852

Tabela 5.3: Municípios do Vale do Minho

Para poder realizar o planeamento são, ainda, necessários mapas com a informação topográfica do terreno e para isso utilizam-se mapas SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) obtidos em [37]. Estes mapas possuem uma resolução de 3 arcos de segundo, considerada suficiente.

A figura seguinte ilustra a região, contendo os sites disponibilizados (assinalados a negro) pertencentes à rede comunitária (cf. Anexo A).

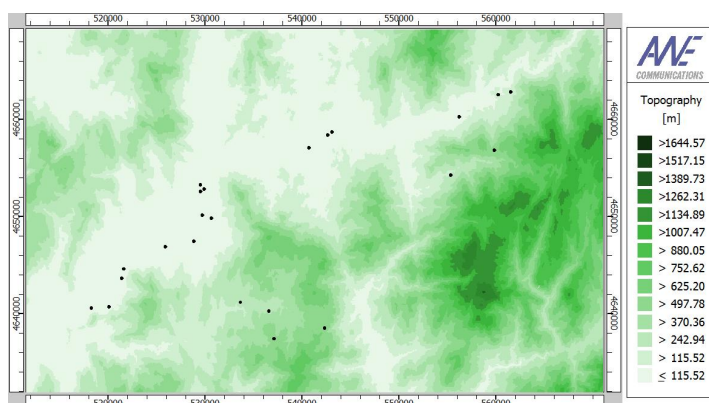


Figura 5.7: Sites no Vale do Minho

Terminada a marcação dos referidos sites, iniciou-se a marcação dos municípios e de algumas freguesias com o auxílio do *Google Earth*. Na generalidade das situações as freguesias não se encontram muito dispersas das sedes dos respectivos municípios. Assim, foram consideradas as que albergavam mais de 500 habitantes, garantindo-se, desta forma, a marcação de cerca de metade das freguesias possíveis, cobrindo-se, em média, cerca de 75% da população total da região do Vale do Minho. A tabela seguinte ilustra a percentagem de população coberta em cada município:

Municípios	População Coberta (nº de habitantes)	Percentagem (%)
Melgaço	6809	68
Monção	14969	75
Paredes de Coura	5912	62
Valença	12603	89
Vila Nova de Cerveira	6841	77

Tabela 5.4: Percentagem da População Coberta nos Municípios do Vale do Minho

Ainda é de salientar que algumas das freguesias contempladas estão próximas de centrais da Portugal Telecom.

A figura seguinte representa, então, os municípios e freguesias, assinalados a vermelho, pelos respectivos centróides (cf. Anexo A).

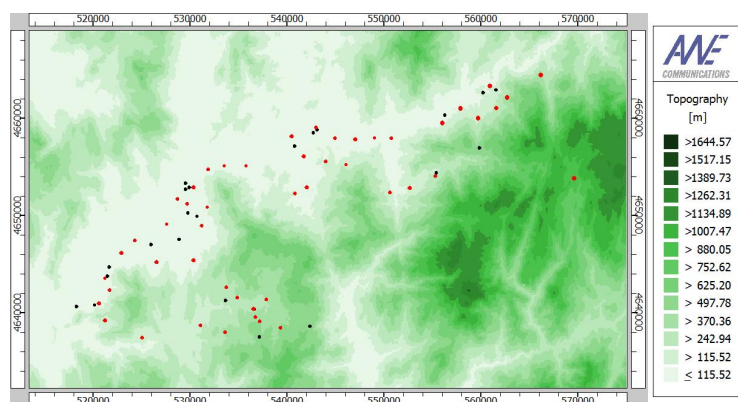


Figura 5.8: Municípios e Freguesias do Vale do Minho

Como é possível observar, a região é caracterizada por terrenos de topografia irregular, o que dificulta a colocação das estações base, pois é necessário garantir que não existem obstáculos entre a antena emissora e receptora. Deste modo, para garantir a linha de vista entre antenas optou-se por coloca-las, sempre que possível, nos pontos de cota mais elevada. No entanto, como estes mapas não contemplam qualquer tipo de obstáculo acima do nível do solo, como por exemplo vegetação e edifícios, não foi possível estimar, da melhor forma, se havia ou não desobstrução do primeiro elipsóide de *Fresnel*, indispensável para garantir que o percurso entre antenas, emissora e receptora, se encontra livre. Assim, embora não haja uma correspondência exacta com a realidade do território, as análises decorrentes deste planeamento constituem um bom cenário para a configuração de uma rede baseada nesta tecnologia. As figuras seguintes ilustram a topografia da região e a abordagem adoptada na ligação entre antenas:

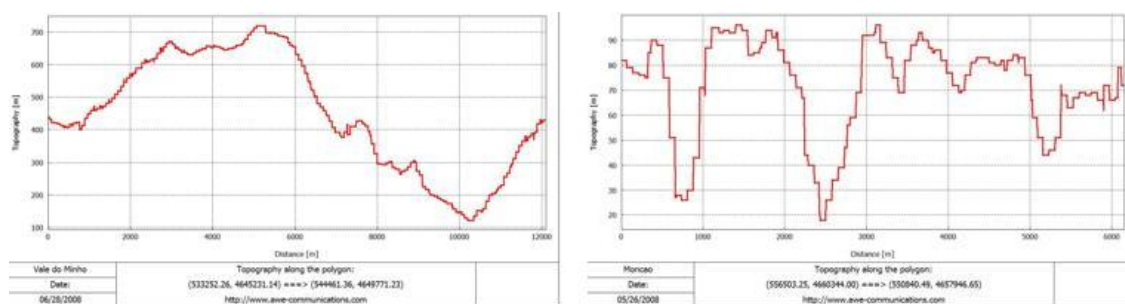


Figura 5.9: Topografia do Terreno

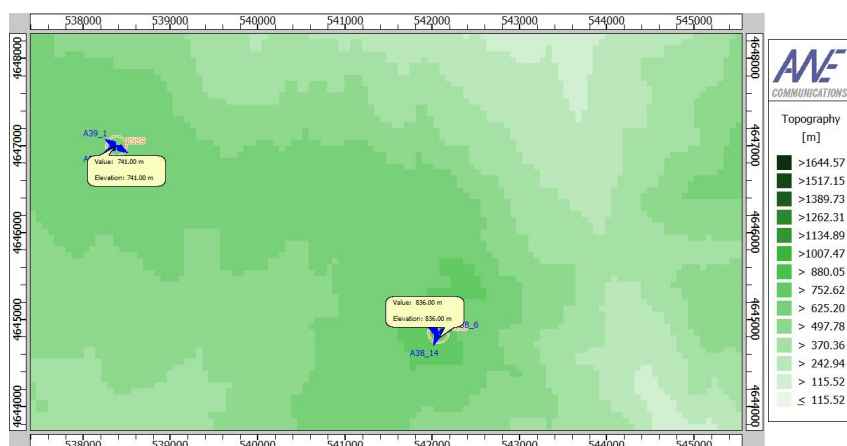


Figura 5.10: Ligação entre Antenas (a)

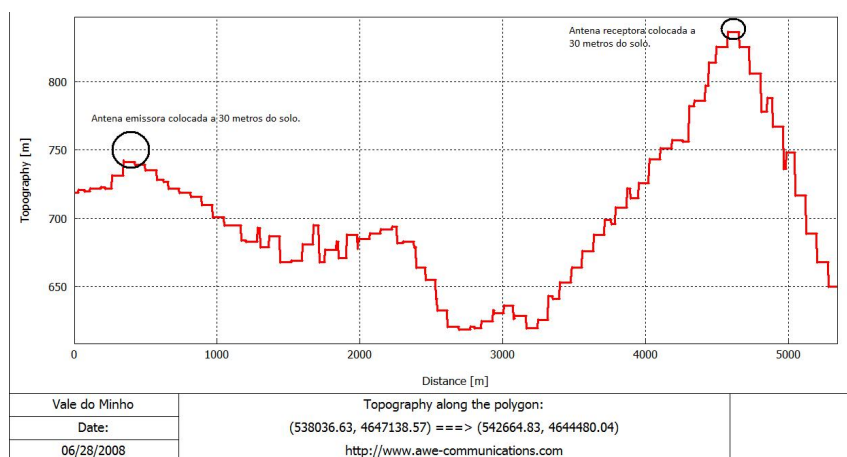


Figura 5.11: Ligação entre Antenas (b)

No que concerne às frequências e estando disponíveis apenas 16 canais de largura 3.5MHz, correspondentes ao bloco de 2x28MHz, para uma região tão extensa como esta,

é necessário efectuar uma reutilização de frequências cuidada para minimizar as interferências entre os canais. Segundo os resultados obtidos em [38], as antenas sectoriais apresentam melhores resultados que as antenas omnidireccionais no que concerne à percentagem de área coberta e à percentagem de área com interferência. Deste modo, decidiu optar-se, por utilizar as antenas acima descritas.

Com base nos conhecimentos supracitados iniciou-se a colocação das estações base e da atribuição das frequências. A figura seguinte ilustra a região e as 88 estações base colocadas (cf. Anexo A):

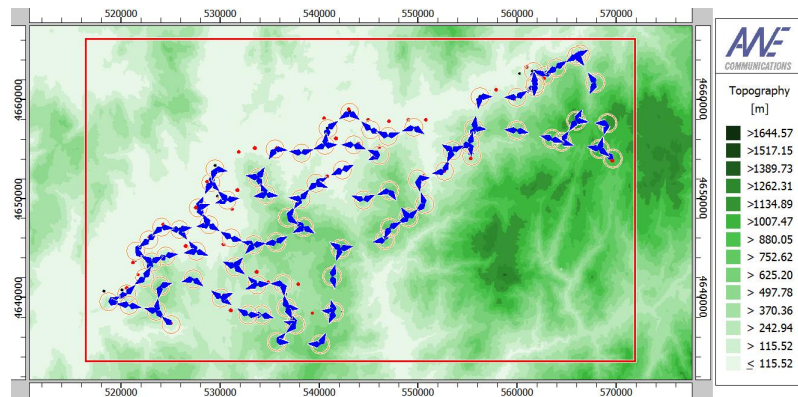


Figura 5.12: Estações Base no Vale do Minho

Por fim, deu-se início à simulação, a qual se encontra dividida em duas fases. Na primeira, o *software* calcula a propagação das ondas electromagnéticas para cada emissor, obtendo-se os seguintes resultados:

- "*Received Power*" — Potência do sinal recebida pelo terminal móvel, assumindo que a sua antena tem 0 dB de ganho;
- "*Path Loss*" — Perdas entre o emissor (estação base) e receptor (terminal móvel);
- "*Field Strength*" — Intensidade de Campo Eléctrico;
- "*LOS Analysis*" — Verifica a existência de linha de vista entre emissor e receptor.

Numa segunda fase e a partir dos resultados anteriores, o *software*, efectua o planeamento da rede. Os resultados obtidos são os seguintes:

- "*Best Server*" — Canais utilizados por cada uma das estações base;
- "*Max. Received*" — Potência do sinal recebido na área coberta pela rede WiMAX;
- "*SNIR (Relação Sinal Ruído + Interferência)*".

De seguida são apresentados os resultados da segunda fase da simulação, reflectindo a análise da rede WiMAX.

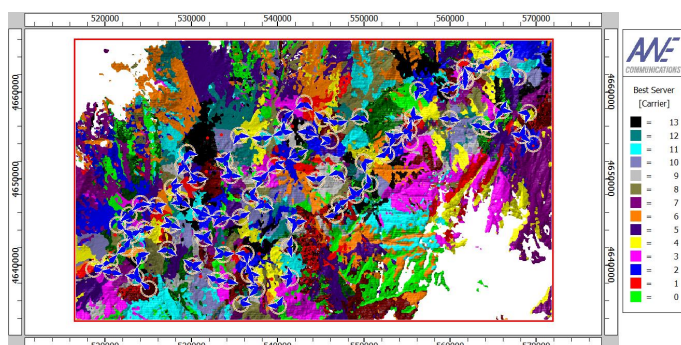


Figura 5.13: Vale do Minho - *Best Server*

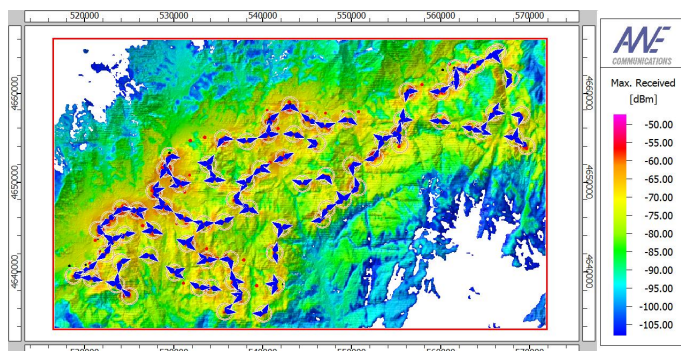


Figura 5.14: Vale do Minho - *Max. Received*

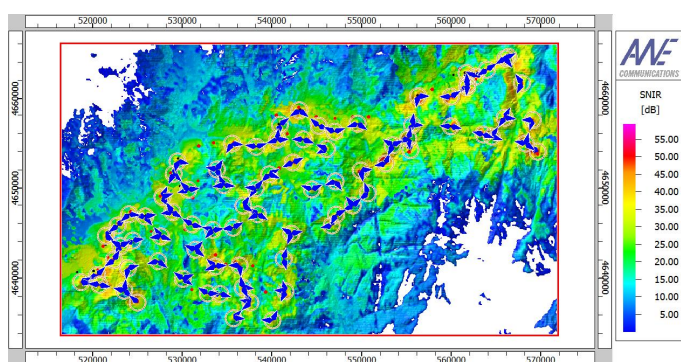


Figura 5.15: Vale do Minho - *SNIR*

5.3.1 Conclusões

Analisando as três imagens anteriores é possível extrair algumas conclusões. No que concerne à potência de sinal recebido ("*Max. Received*"), esta encontra os seus valores mais

elevados nos municípios e respectivas freguesias que se pretendia cobrir, tal como se pode observar (cf. Anexo A). Para comprovar esta análise visual é realizada uma análise dos valores da função densidade de probabilidade em toda a zona delimitada pelo rectângulo vermelho. Os resultados foram os seguintes:

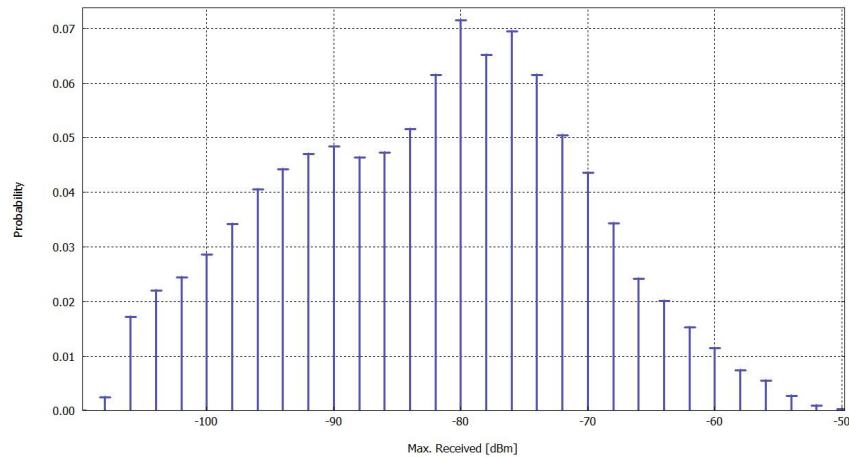


Figura 5.16: Função Densidade de Probabilidade *Max. Received*

Verifica-se que mais de metade dos valores obtidos para a potência recebida é menor ou igual a -80 dBm e de facto, analisando a função de distribuição acumulada, presente na seguinte imagem, é possível concluir que cerca de 60% dos valores estão abaixo de -80 dBm:

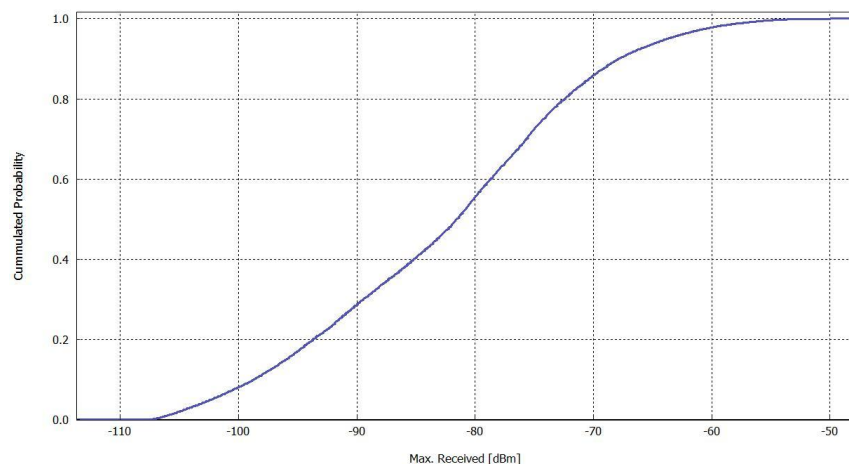


Figura 5.17: Função Distribuição Acumulada *Max. Received*

Estes resultados não traduzem da melhor forma os valores de potência obtidos nos municípios, pois a análise está a ser realizada em todo o território delimitado pelo rectângulo vermelho, sendo também contempladas as áreas mais distantes do limite de alcance da rede. Assim, uma análise à área delimitada por um município pode retratar da melhor

forma a flutuação da potência nos municípios e respectivas freguesias. Para isso é analisada Vila Nova de Cerveira e a figura seguinte apresenta a potência de sinal recebida:

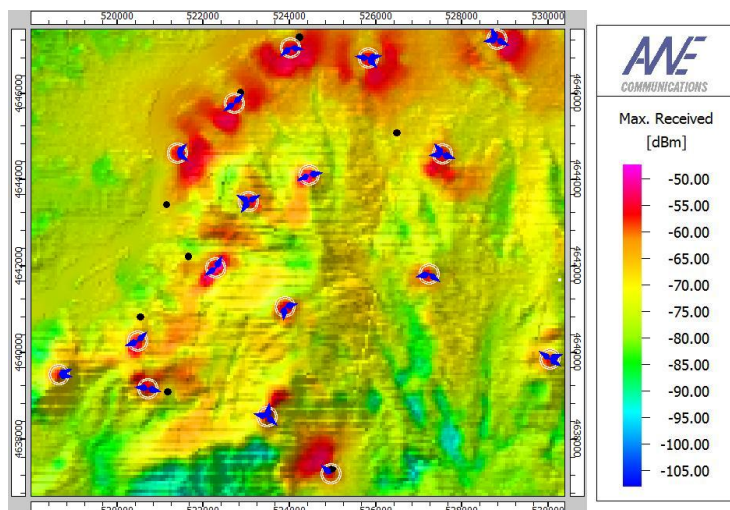


Figura 5.18: Vila Nova de Cerveira - *Max. Received*

Analisando a função densidade de probabilidade obtêm-se os valores seguintes:

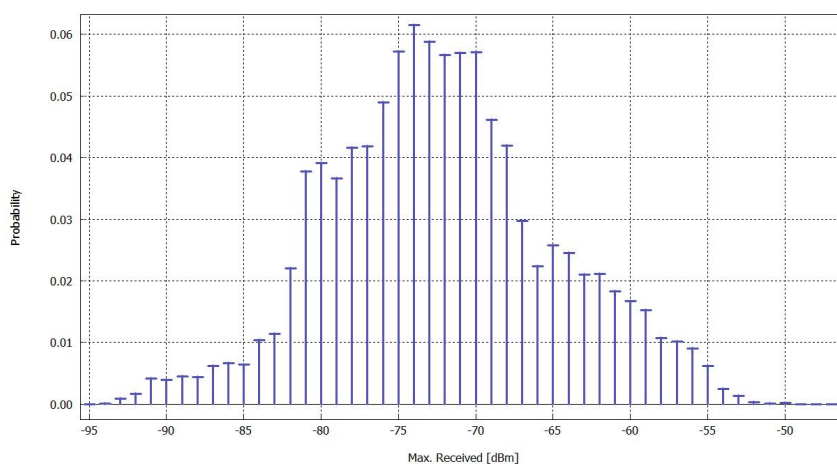


Figura 5.19: Vila Nova de Cerveira - Função Densidade de Probabilidade *Max. Received*

É agora notório que o valor da potência mais predominante se encontra entre -80 dBm e -65 dBm, retratando de forma mais aproximada o que se sucede nas zonas de interesse. Pela função distribuição acumulada comprova-se que apenas cerca de 20% dos valores da potência se encontram abaixo dos -80 dBm.

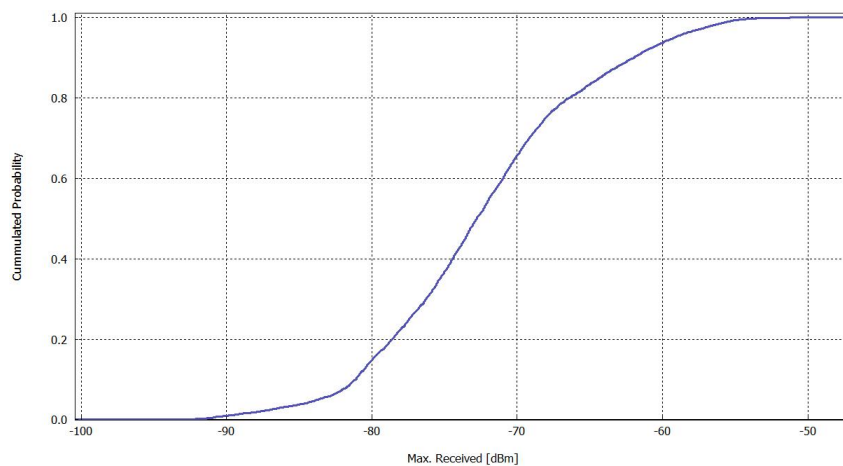


Figura 5.20: Vila Nova de Cerveira - Função Distribuição Acumulada *Max. Received*

A análise seguinte recai sobre a SNIR. A SNIR é um parâmetro que mede a qualidade do sinal transmitido e pretende-se que seja o maior possível de modo a que o ruído e a interferência de canais não se sobreponham ao sinal que contém a informação a transmitir. Pela análise da imagem referente à SNIR é possível observar que, tal como a potência recebida, os seus valores apresentam-se mais elevados nas freguesias e municípios que se pretende cobrir (cf. Anexo A). À medida que se vai afastando dessas zonas, os seus valores tendem para zero (valor mínimo configurado no *software*). Assim, à semelhança do que foi feito anteriormente, analisa-se o município de Vila Nova de Cerveira. A SNIR, a função densidade de probabilidade e a função distribuição acumulada apresentam-se nas figuras seguintes:

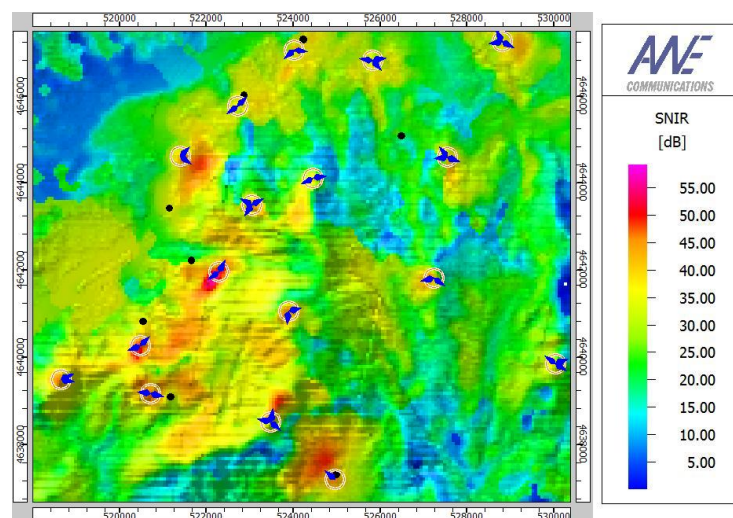


Figura 5.21: Vila Nova de Cerveira - *SNIR*

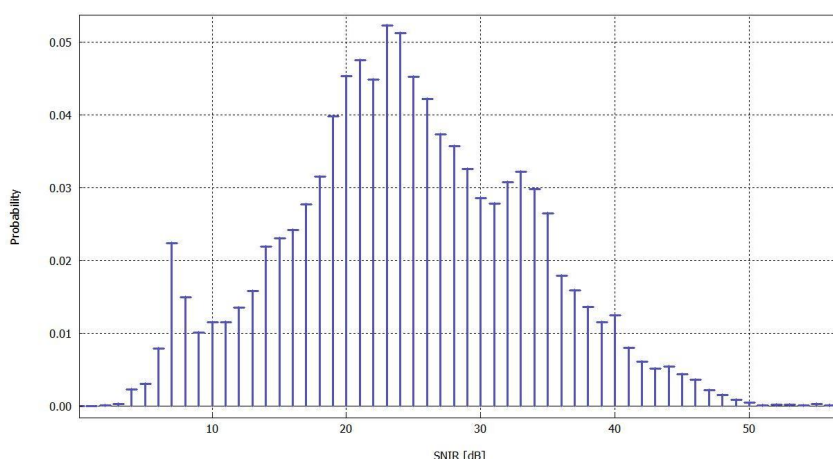


Figura 5.22: Vila Nova de Cerveira - Função Densidade de Probabilidade *SNIR*

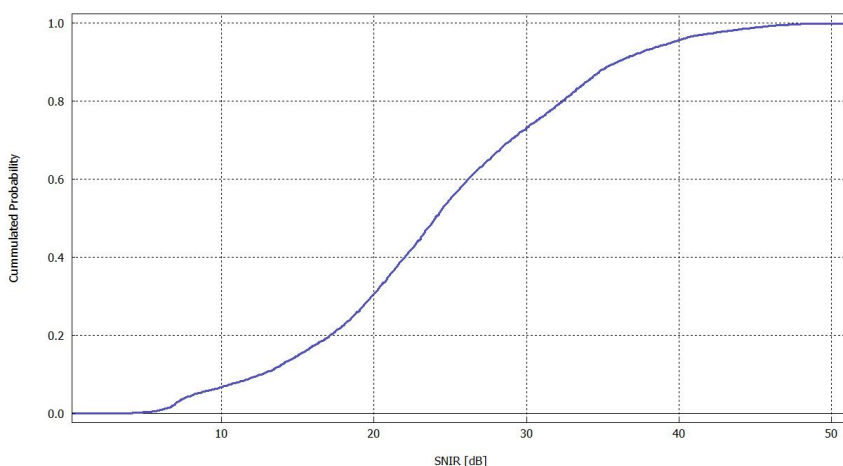
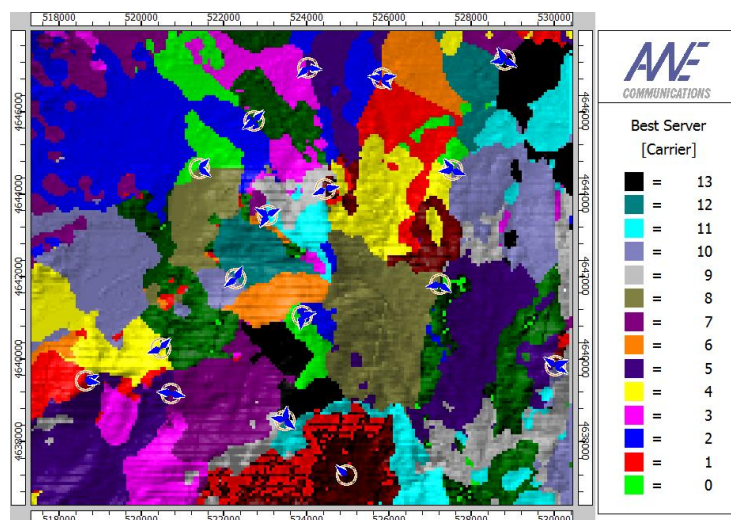


Figura 5.23: Vila Nova de Cerveira - Função Distribuição Acumulada *SNIR*

A distribuição dos valores da função densidade de probabilidade é semelhante a uma curva de Gauss, onde o pico máximo se apresenta nos 25 dB. De facto, analisando a função distribuição acumulada chega-se à conclusão que cerca de 50% da SNIR se encontra com valores acima de 25 dB. É de salientar que também se obtêm valores muito baixos, para este parâmetro, no interior do município. Este facto pode dever-se à interferência entre canais adjacentes e canais adjacentes à mesma frequência. Apesar de haver uma reutilização de frequências cuidada, o número de canais utilizados é relativamente pequeno, o que implica que os canais à mesma frequência não estejam à distância devida. A imagem seguinte (cf. Anexo A) dá-nos uma perspectiva da distribuição dos canais e da interferência inter-canais, o que vai de encontro ao que foi dito anteriormente acerca dos valores da SNIR.

Figura 5.24: Vila Nova de Cerveira *Best Server*

5.4 Região Demarcada Douro

A Região Demarcada do Douro, conhecida pela sua extensa área vinícola, compreende 21 concelhos, abrangendo cerca de 250.000 hectares (2500 quilómetros quadrados). Para o planeamento da rede WiMAX era necessário reduzir a área a cobrir de modo a ser exequível analisar os resultados. Para isso, são consideradas como pontos de interesse as quintas existentes na região, reconhecidas por serem um foco de atracção turística. Assim, procedeu-se à marcação das 68 quintas (assinaladas a negro) através das suas coordenadas geográficas, as quais se encontram na figura seguinte (cf. Anexo B):

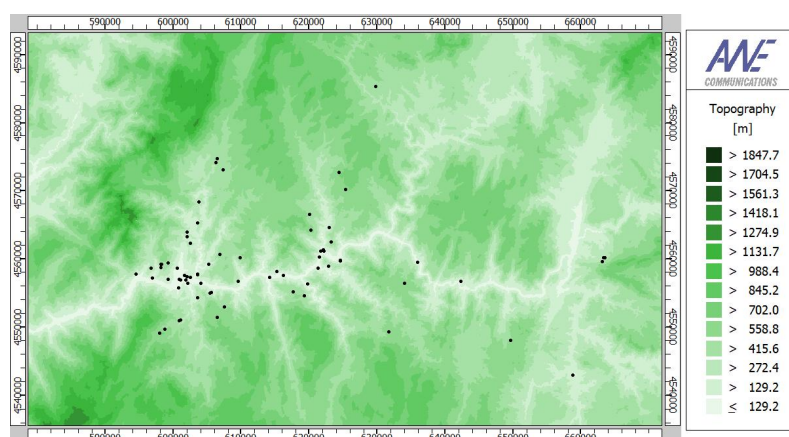


Figura 5.25: Quintas da Região Demarcada do Douro

O mapa utilizado foi obtido no mesmo local que o mapa do Vale do Minho, portanto,

apresenta a mesma resolução. À semelhança da região anterior, esta também é caracterizada por terrenos de topografia irregular, dificultando a colocação das estações base, pois, como já referido, é necessário garantir a desobstrução do primeiro elipsóide de *Fresnel*, indispensável para garantir que o percurso entre antenas, emissora e receptora, está livre.

É de realçar, ainda, o facto da existência de uma superfície que potencia o efeito dos multi-percursos. Os efeitos de multi-percursos por reflexão na superfície terrestre são especialmente eficientes em terrenos lisos ou sobre água. Como nesta região está presente o rio Douro é necessário acautelar a distância das antenas ao rio, procurando colocá-las em terrenos de baixa reflexão, como por exemplo, terrenos acidentados e zonas florestais. Como medida de protecção podem também ser criadas condições de reforço do sinal, utilizando a superfície de água para esse fim. Neste caso, é necessário efectuar optimização das alturas das torres, no entanto, se o índice de refacção da atmosfera variar, pode passar-se para uma situação de interferência subtractiva.

Neste planeamento foram, também, utilizados 16 canais de largura 3.5MHz, correspondentes ao bloco de 2x28MHz. Sendo esta região mais extensa que a anterior, a necessidade de efectuar uma reutilização de frequências cuidada para minimizar as interferências entre os canais, torna-se ainda mais relevante. Quanto à escolha de antenas, esta recai sobre as sectoriais, tal como no planeamento anterior.

Com base nos conhecimentos supracitados iniciou-se a colocação das estações base e da atribuição das frequências. A figura seguinte ilustra a região e as 119 estações base colocadas (cf. Anexo B):

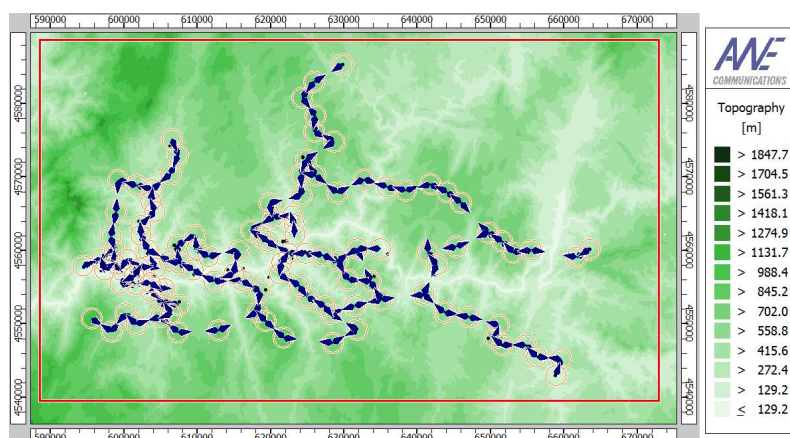
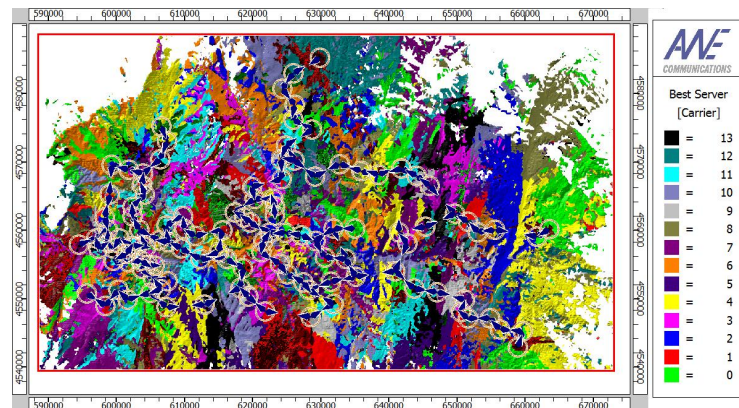
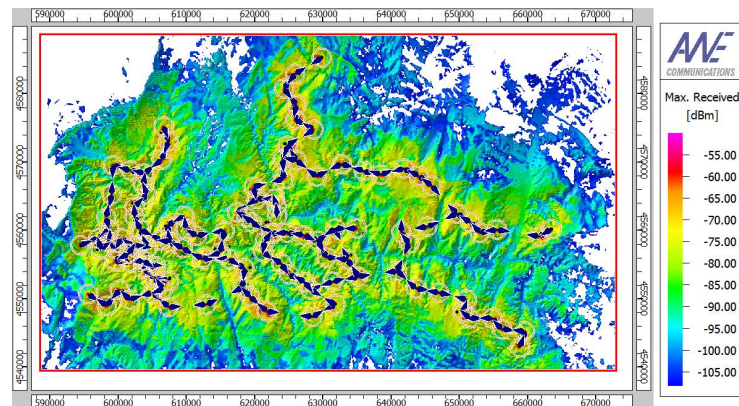
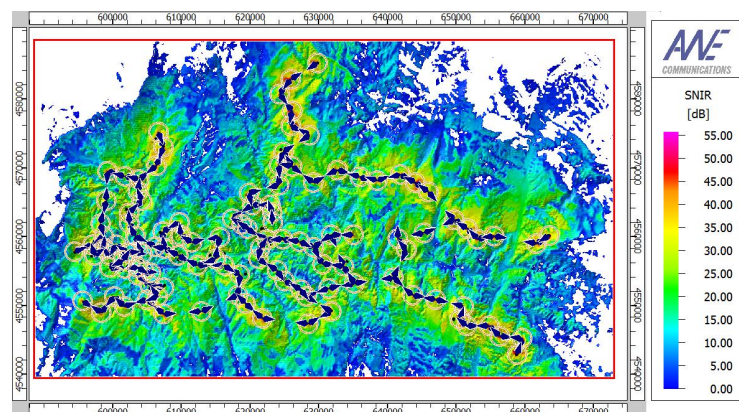


Figura 5.26: Estações Base na Região Demarcada do Douro

Após a sua colocação e configuração iniciou-se a simulação, que, mais uma vez, se efectua em duas fases, compreendendo todos os resultados já referidos no planeamento anterior.

De seguida apresentam-se os resultados da segunda fase da simulação, reflectindo a análise da rede WiMAX.

Figura 5.27: Região Demarcada do Douro - *Best Server*Figura 5.28: Região Demarcada do Douro - *Max. Received*Figura 5.29: Região Demarcada do Douro - *SNIR*

5.4.1 Conclusões

A partir da análise das três imagens anteriores é possível extrair algumas conclusões. No que concerne à potência de sinal recebido (*"Max. Received"*), esta encontra os seus valores mais elevados nas zonas de maior concentração de quintas, tal como se pode observar (cf. Anexo B). Para uma melhor análise é seleccionada uma zona onde se encontram grande parte dessas quintas. Os resultados foram os seguintes:

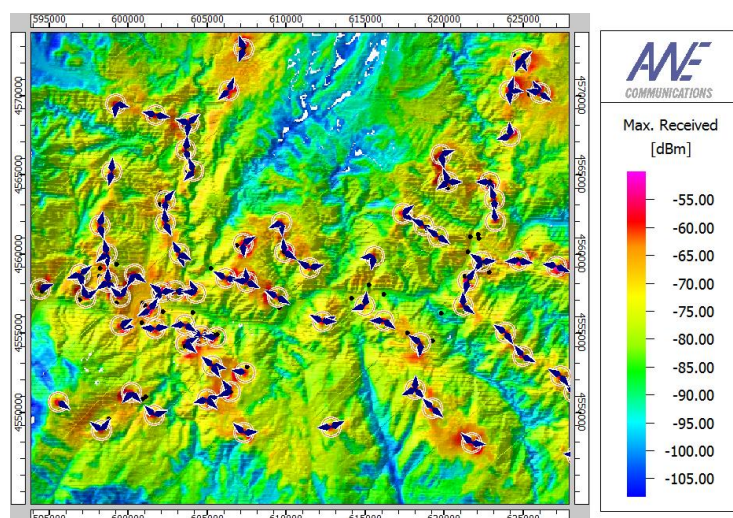


Figura 5.30: Região Demarcada do Douro - Amostra de *Max. Received*

De notar que as zonas mais distantes dos pontos assinalados no mapa apresentam uma potência que se deve situar abaixo dos -90 dBm e a média dos valores deve aproximar-se dos -80 dBm. Para comprovar esta análise visual é realizada uma análise dos valores da função densidade de probabilidade e da função distribuição acumulada, obtendo-se os seguintes valores:

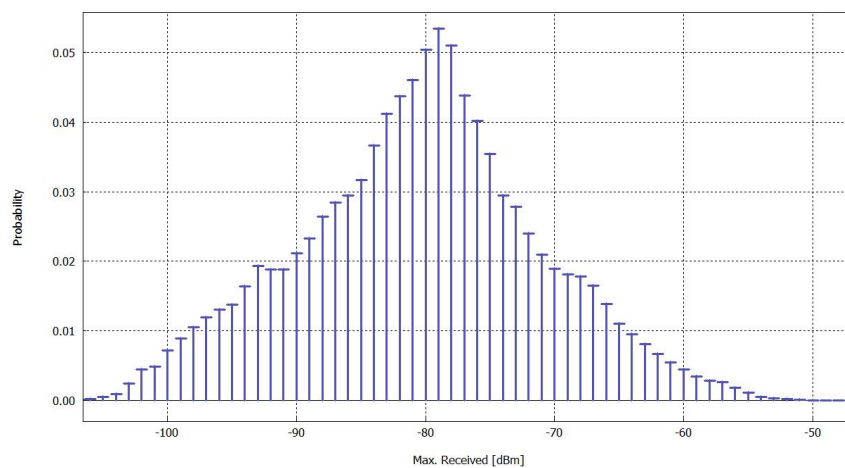


Figura 5.31: Região Demarcada do Douro - Função Densidade de Probabilidade *Max. Received*

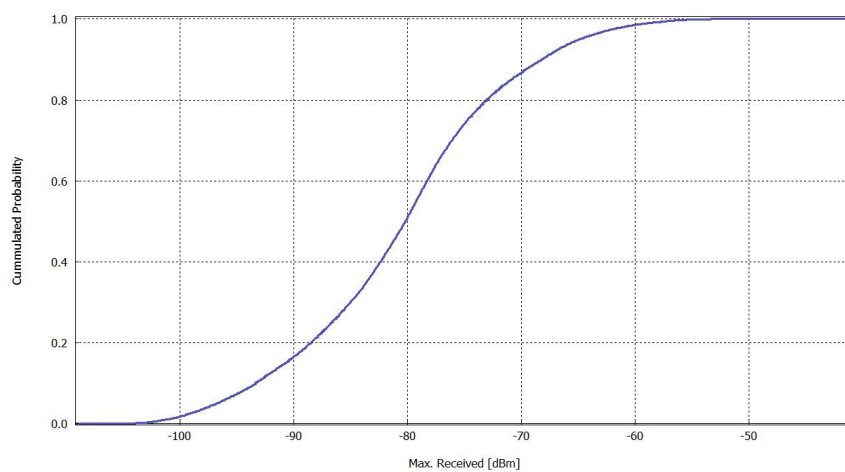


Figura 5.32: Região Demarcada do Douro - Função Distribuição Acumulada *Max. Received*

Tal como se esperava, 50% dos valores da potência encontram-se abaixo dos -80 dBm. Este valor não é considerado muito baixo, pois certos serviços não necessitam de potências de sinal muito elevadas.

Na mesma área seleccionada é efectuada uma análise à SNIR. De seguida ilustram-se os valores obtidos para a função densidade de probabilidade e a função de distribuição de probabilidade:

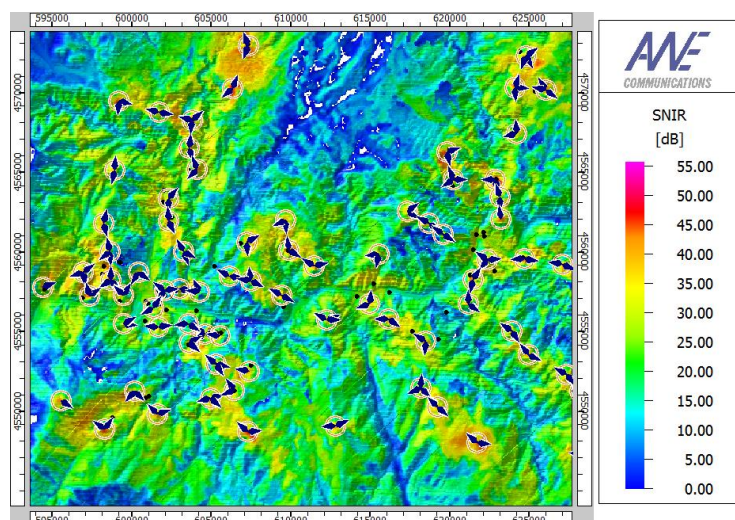


Figura 5.33: Região Demarcada do Douro - $SNIR$

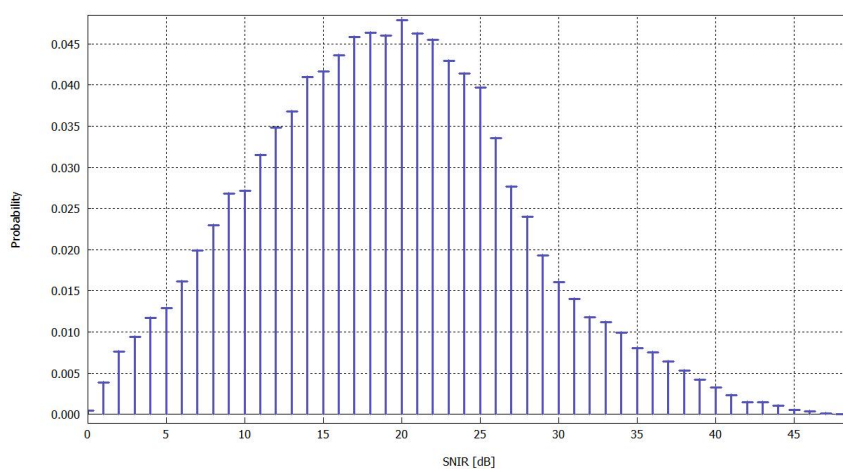


Figura 5.34: Região Demarcada do Douro - Função Densidade de Probabilidade $SNIR$

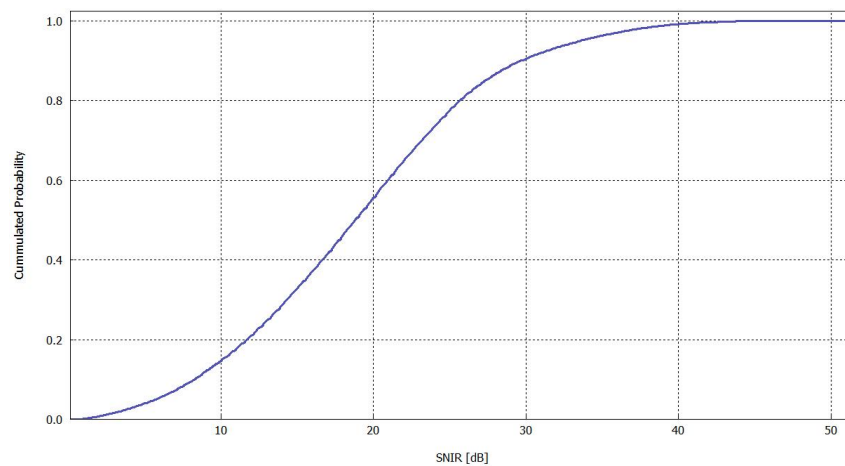


Figura 5.35: Região Demarcada do Douro - Função Distribuição Acumulada *SNIR*

De forma idêntica aos valores obtidos para a *SNIR* no Vale do Minho, estes apresentam-se baixos. Cerca de 60% dos valores da *SNIR* encontram-se abaixo dos 22 dB. Este facto pode dever-se, mais uma vez, à interferência entre canais adjacentes e canais adjacentes à mesma frequência. Apesar de haver uma reutilização de frequências cuidada, o número de canais utilizados é relativamente pequeno, o que implica que os canais à mesma frequência não estejam à distância devida. A imagem seguinte (cf. Anexo B) dá-nos uma perspectiva da distribuição dos canais e da interferência inter-canais, o que vai de encontro ao que foi dito anteriormente acerca dos valores da *SNIR*.

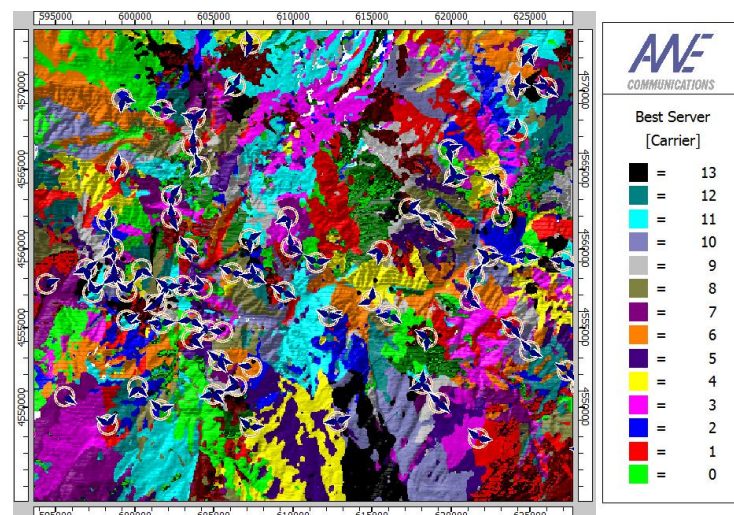


Figura 5.36: Região Demarcada do Douro - *Best Server*

Capítulo 6

Conclusão

Terminada a análise e exposição de ideias sobre projectos e tecnologias de banda larga, é pertinente efectuar algumas observações e conclusões.

É importante reconhecer que o caminho da digitalização das sociedades e a disseminação da banda larga estão a acontecer um pouco por todo o mundo. O momento actual está a exigir cada vez mais a necessidade do uso da *Internet* para expandir conhecimento e para construir novas bases de riqueza.

Neste contexto e estando Portugal a avançar nas novas tecnologias é importante criar uma base sólida para um crescimento sustentado e socialmente mais justo para todos. O levantamento efectuado a nível nacional e regional demonstra que ainda existem falhas graves a nível de penetração de banda larga. No norte do país é notória a falta de ofertas e de concorrência de operadores e prestadores de serviços nas zonas do Minho - Lima, Cávado, Ave, Tâmega, Alto Trás-os-Montes e Douro. A problemática das regiões desfavorecidas é obviamente mundial, mas os problemas de desertificação em termos de população e investimentos em certas regiões dos países mais desenvolvidos, criam desequilíbrios sociais cada vez maiores e portanto, é necessário agir de modo a restabelecer o equilíbrio ou pelo menos parte dele. Especialmente para acompanhar estas situações, promovendo o investimento privado quer em ofertas e acessos a novas tecnologias, quer nos demais sectores empresariais, surgem as redes comunitárias. Se o investimento em redes de comunicação não partir do sector privado, o público terá que tomar o primeiro passo. Esta é uma das premissas das redes comunitárias. A nível europeu têm surgido projectos interessantes e alguns deles premiados pelos seus modelos de operação. Os modelos franceses e italianos são os mais conceituados e de facto possuem uma visão estratégica muito alargada. Nestes países foi criada legislação própria para promover os projectos de redes comunitárias, facilitando as parcerias público-privadas, e desta forma melhorar as relações entre os seus intervenientes. As parcerias público-privadas são reconhecidas como uma prática que traz vantagens quer para o sector público, quer para o sector privado e se a organização de uma dessas parcerias não penalizar nenhum perfil estratégico pode estar garantido o sucesso da iniciativa. O perfil estratégico do sector público está especialmente focado para

o fornecimento de melhores condições sociais para os agregados populacionais, não tendo como objectivo maximizar as margens de lucro. Assim, este sector está numa posição privilegiada na medida em que, conhecendo as necessidades da sua região em termos de investimentos na educação, saúde, segurança e serviços locais, pode orientar esforços financeiros comunitários. Regra geral, estes sectores não estão dotados de competências técnicas nem visão estratégica de mercado para implementarem um projecto de redes de comunicação em crescimento constante quer a nível de ofertas, quer a nível de qualidade. Por sua vez, o sector privado está dotado de conhecimentos e experiência em projectos de grandes dimensões. Este sector tem como um dos seus objectivos principais maximizar as margens de lucro, estando a sua constante transformação a par com as exigências do mercado e portanto interessado em explorar novas formas de fornecer serviços. Então, a junção de ambos os sectores apresenta-se como uma solução aparentemente mais eficaz.

Em Portugal os projectos de redes comunitárias ainda estão numa fase muito inicial, no entanto, podem-se já destacar os projectos do Vale do Minho e Vale-e-Mar, como exemplos de projectos ambiciosos e bem estruturados. No decorrer das suas candidaturas ao concurso, de redes comunitárias, as entidades responsáveis encontraram alguns constrangimentos na aplicação das práticas e modelos de operação europeus. A imperatividade do cumprimento dos modelos do *Guião para Apresentação de Candidaturas e Implementação de Projectos* e a não aceitação de novos, obrigou a adopção de uma nova estratégia que permitisse à entidade pública assegurar a construção e exploração da rede num intervalo de tempo mais curto. Apesar de apresentar várias restrições, o guião é uma boa base para a introdução e orientação de projectos desta natureza. No entanto, a necessidade de promover iniciativas público-privadas e a adopção de modelos que já demonstraram bons resultados, é urgente. Como supracitado, estes projectos ainda estão numa fase inicial e por conseguinte é necessário aguardar novos desenvolvimentos para poder tirar conclusões e estudar os melhores modelos para cada região.

Ainda no contexto dos projectos de redes comunitárias e como forma de expandir a rede para zonas onde a passagem das infra-estruturas é demasiado complexa, em termos de obra, ou demasiado pesada em termos de investimento, surge a possibilidade de contemplar a utilização de tecnologias rádio. Aproveitando o facto da introdução do BWA em Portugal estar a aproximar-se e a tecnologia WiMAX estar a suscitar interesses a nível nacional e internacional, realizou-se um planeamento de uma rede baseada nesta tecnologia. Os resultados obtidos não foram muito esclarecedores quanto às capacidades da tecnologia.

O WiMAX afigura-se como uma tecnologia capaz de transpor a barreira dos débitos obtidos com as tecnologias rádio existente e algumas das tecnologias fixas, como o DSL e cabo. O interesse de muitos em torna-la a tecnologia de preferência mundial é evidente, no entanto os investimentos realizados pelas entidades operadoras e prestadores de serviços não serão abandonados facilmente, nem se espera que tal aconteça. É neste âmbito que surgem, também, esforços para encontrar arquitecturas que possam interligar as demais tecnologias de banda larga. Apesar de ainda ser incerto o caminho das tecnologias de

banda larga móvel, é possível que o WiMAX possa ter um papel importante em regiões onde os investimentos em acessos móveis à *Internet* sejam escassos. Portanto, o WiMAX pode vir a ser uma das soluções possíveis para a introdução da banda larga em regiões desfavorecidas, expandindo a cobertura das redes já existentes e potenciando o aparecimento de redes de novos operadores. Resta também esperar pelo amadurecimento desta tecnologia, especialmente no que respeita à norma 802.16e-2005 que se encontra ainda em fase de testes. A norma 802.16-2004, que apenas contempla aplicações fixas e nómadas, já está testada e implementada em diversos países e apresenta-se como um cenário interessante a analisar.

Anexo A

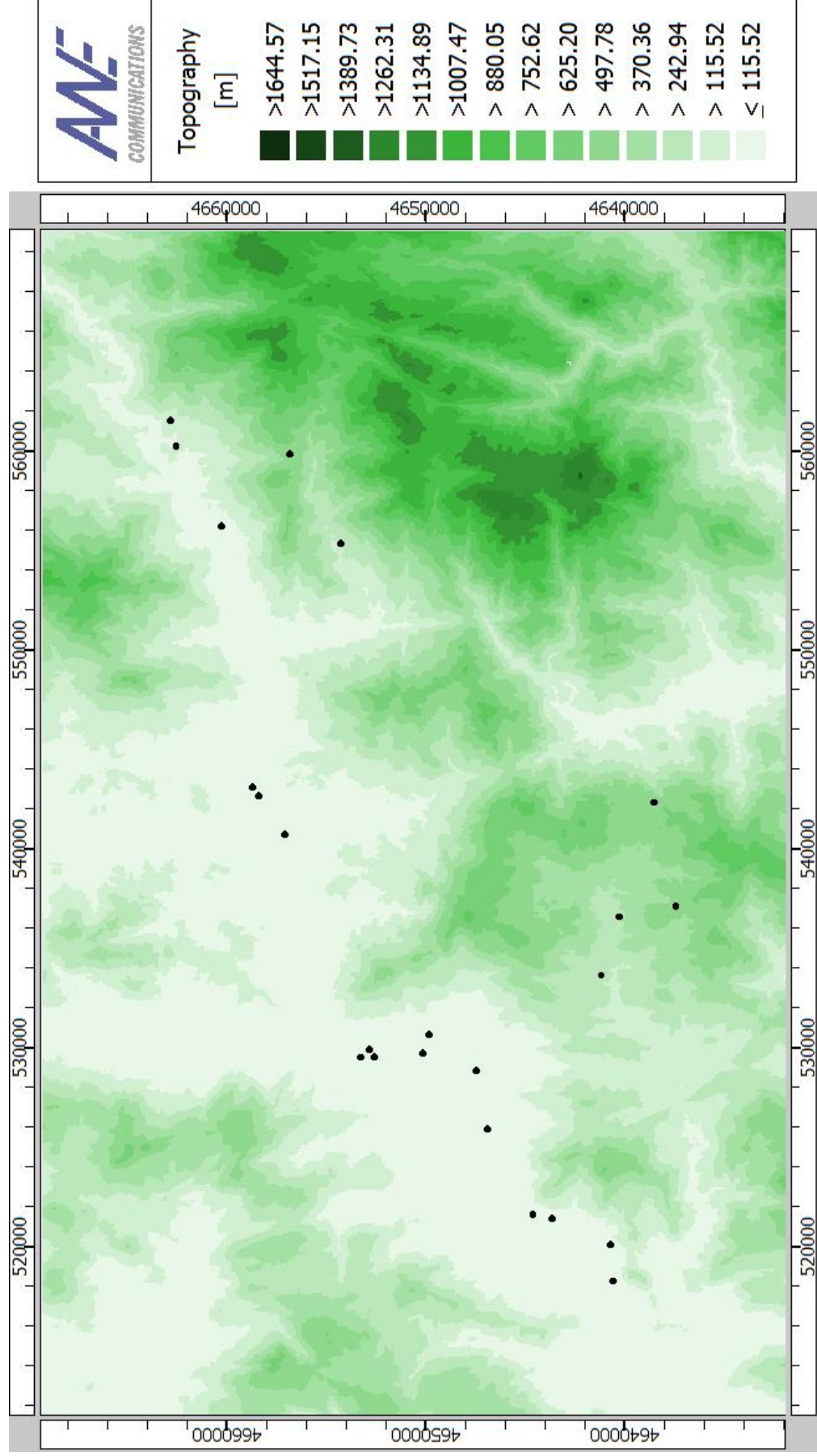


Figura A.1: *Sites no Vale do Minho*

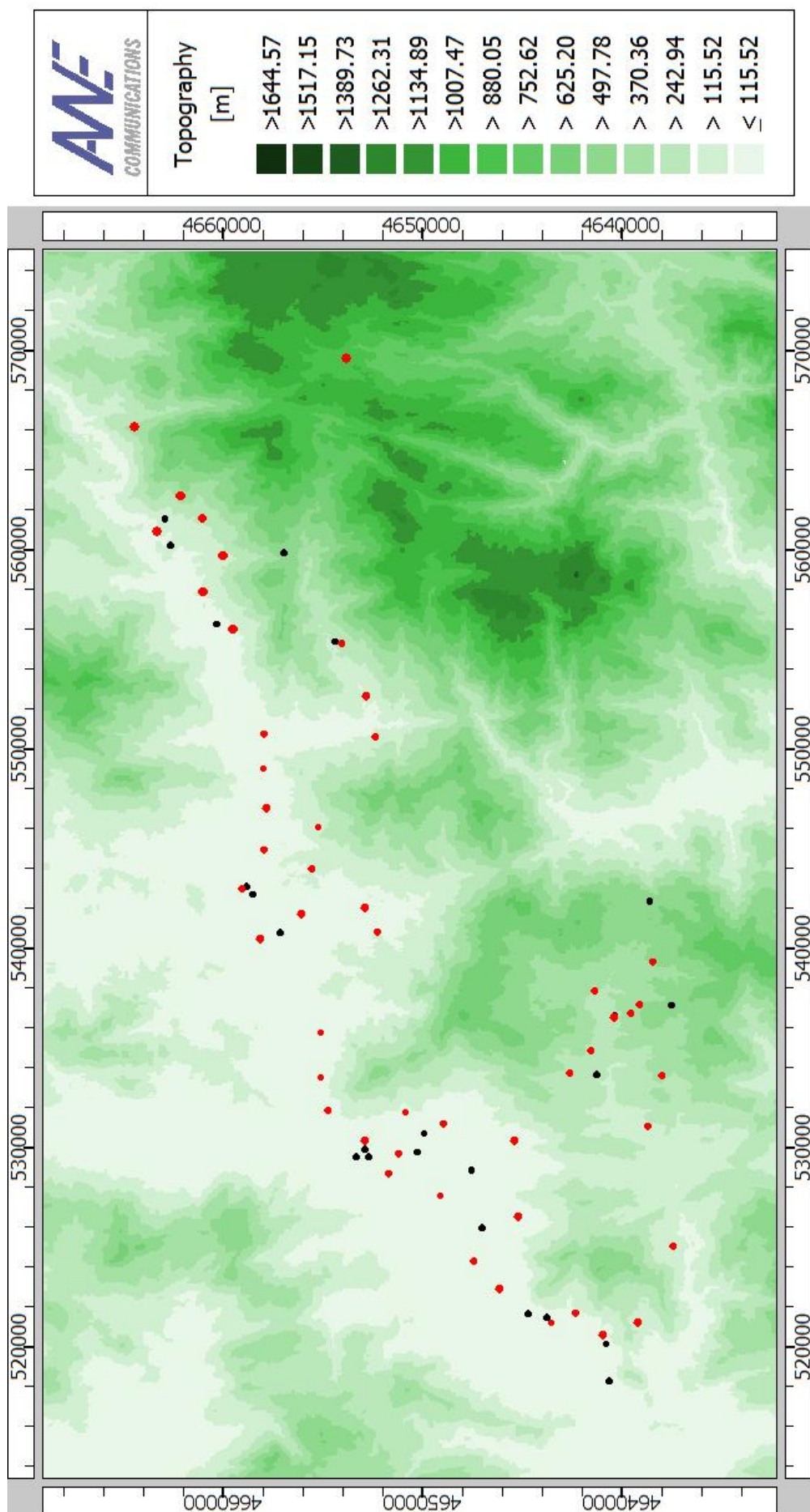


Figura A.2: Municípios e Freguesias do Vale do Minho

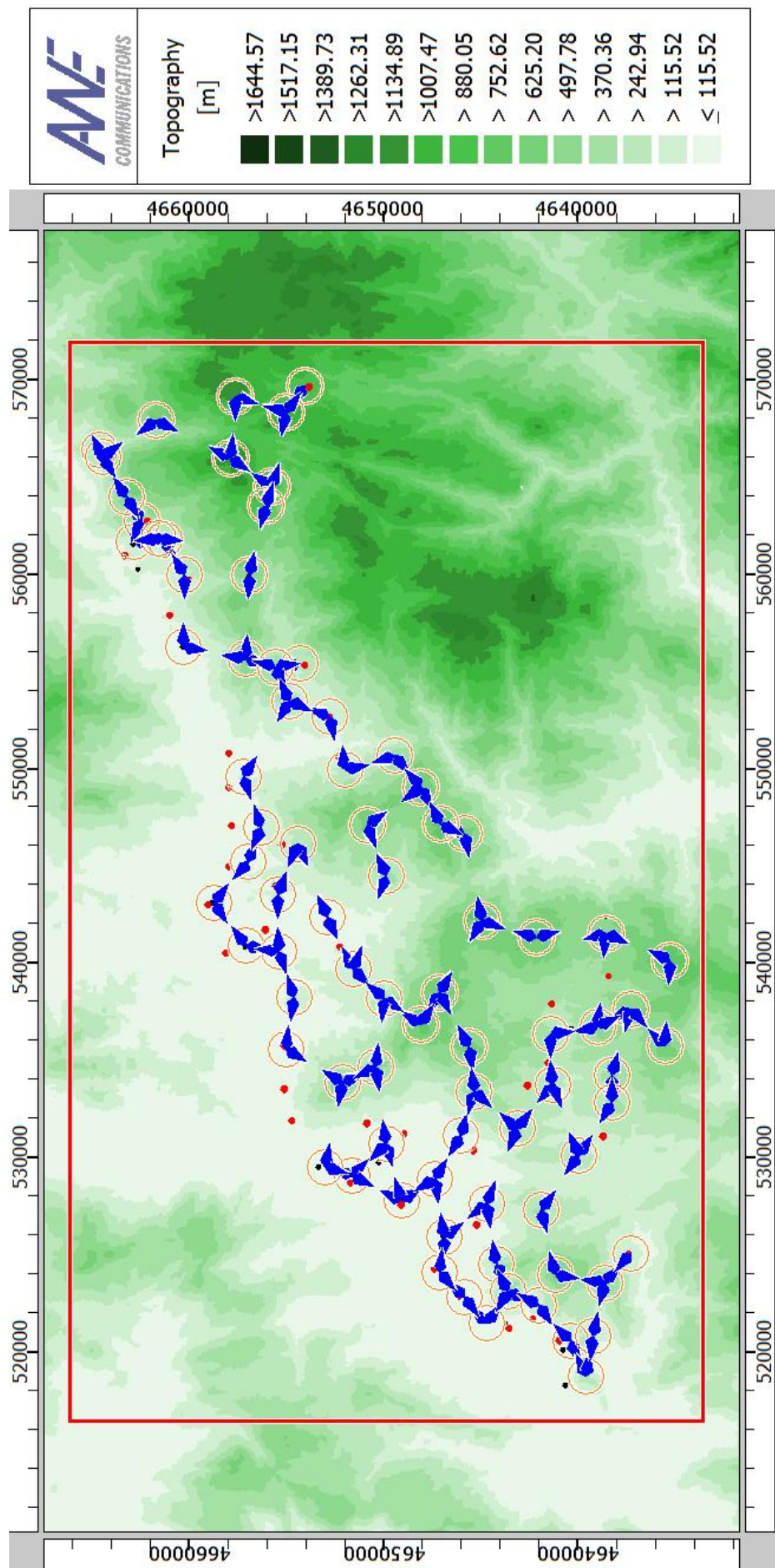


Figura A.3: Estações Base no Vale do Minho

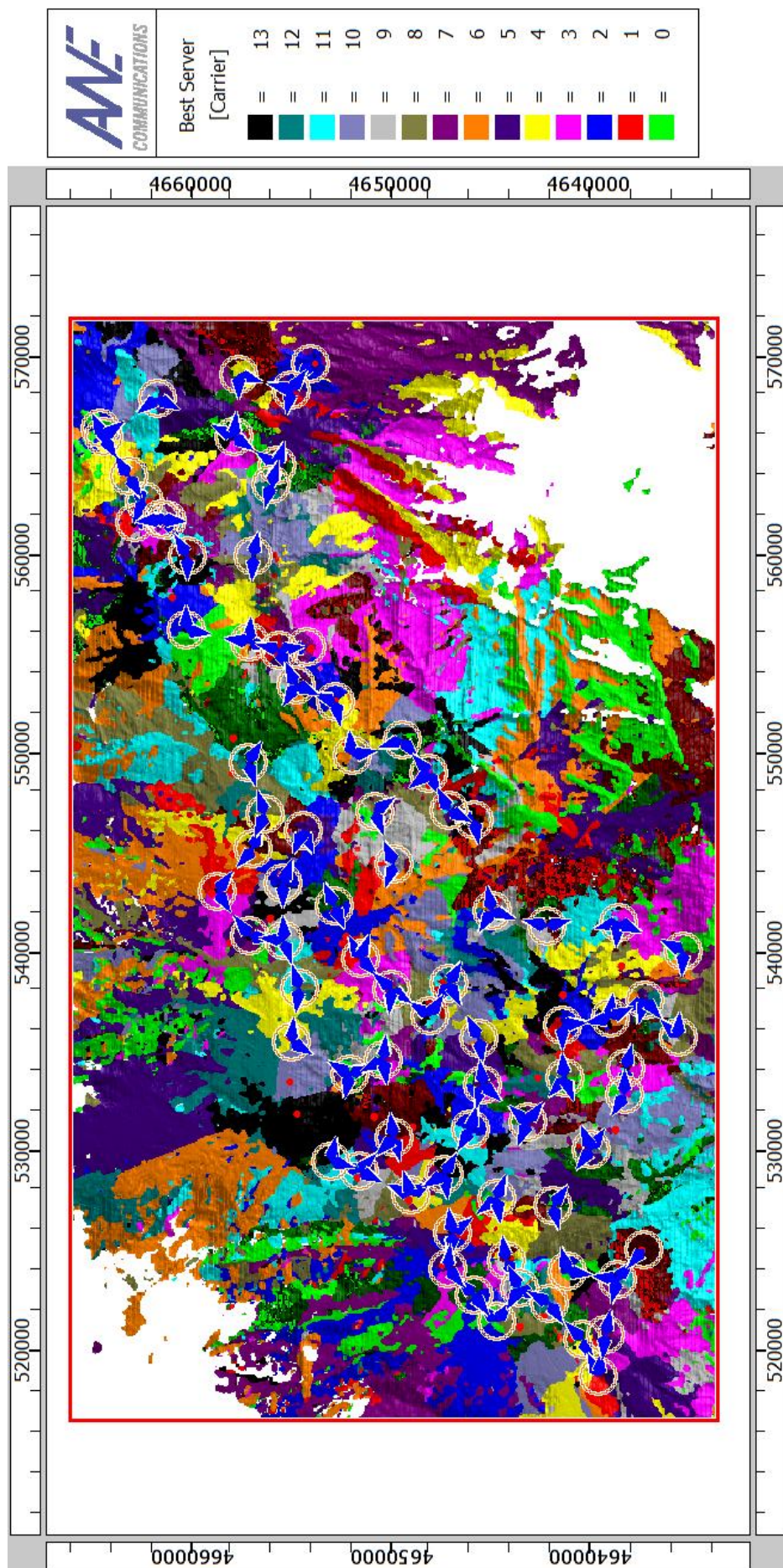


Figura A.4: Vale do Minho - Best Server

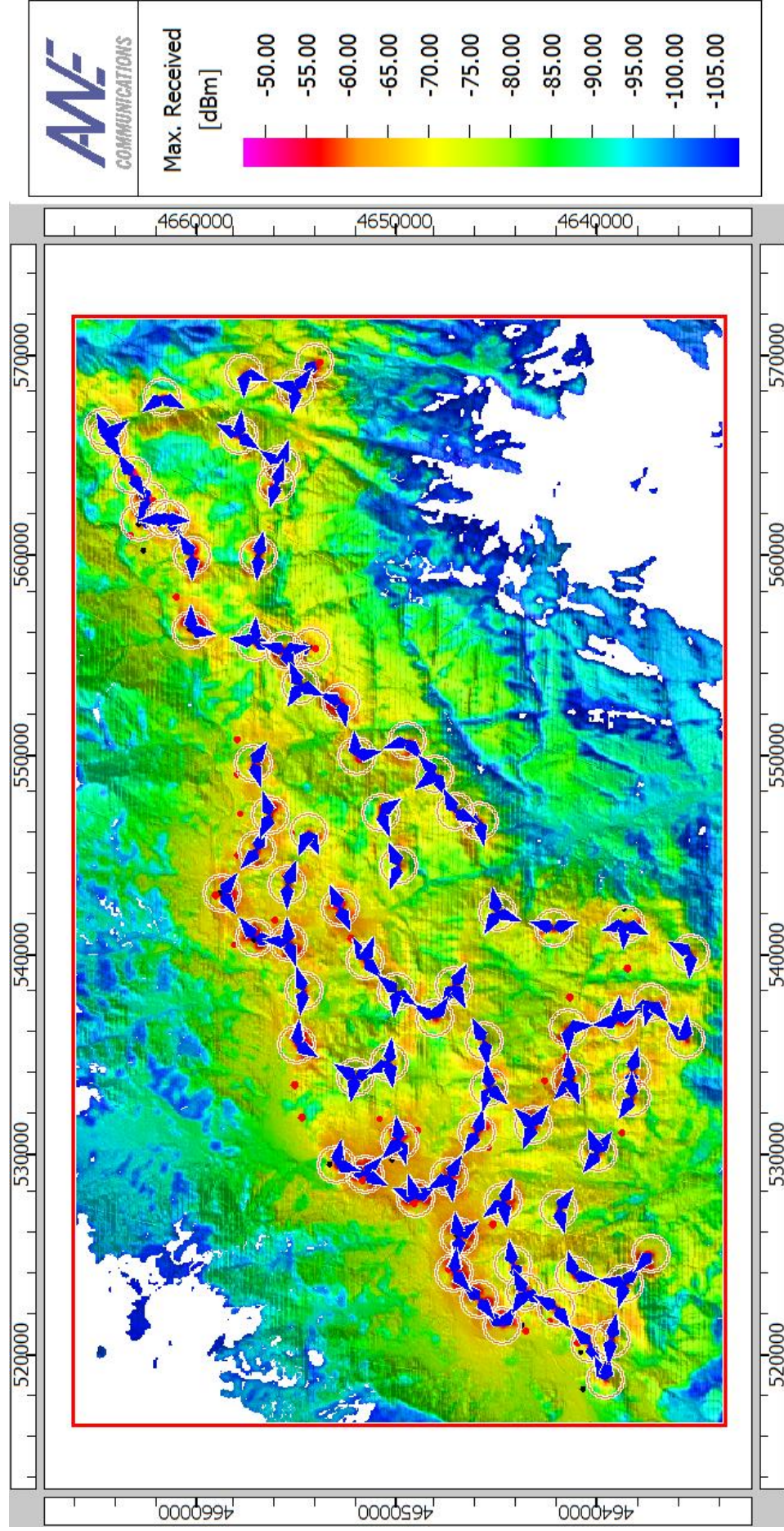


Figura A.5: Vale do Minho - *Max. Received*

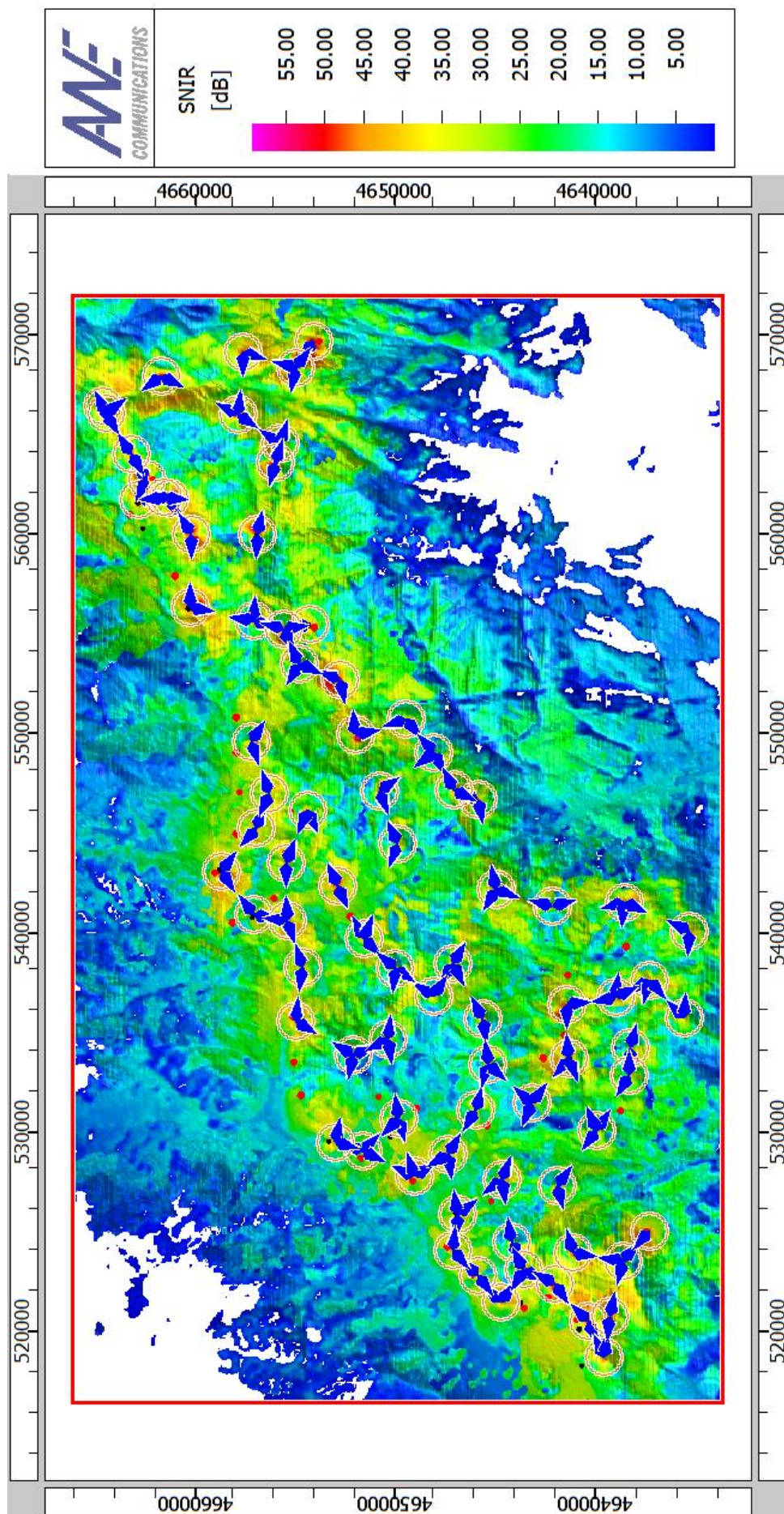


Figura A.6: Vale do Minho - *SNIR*

Anexo B

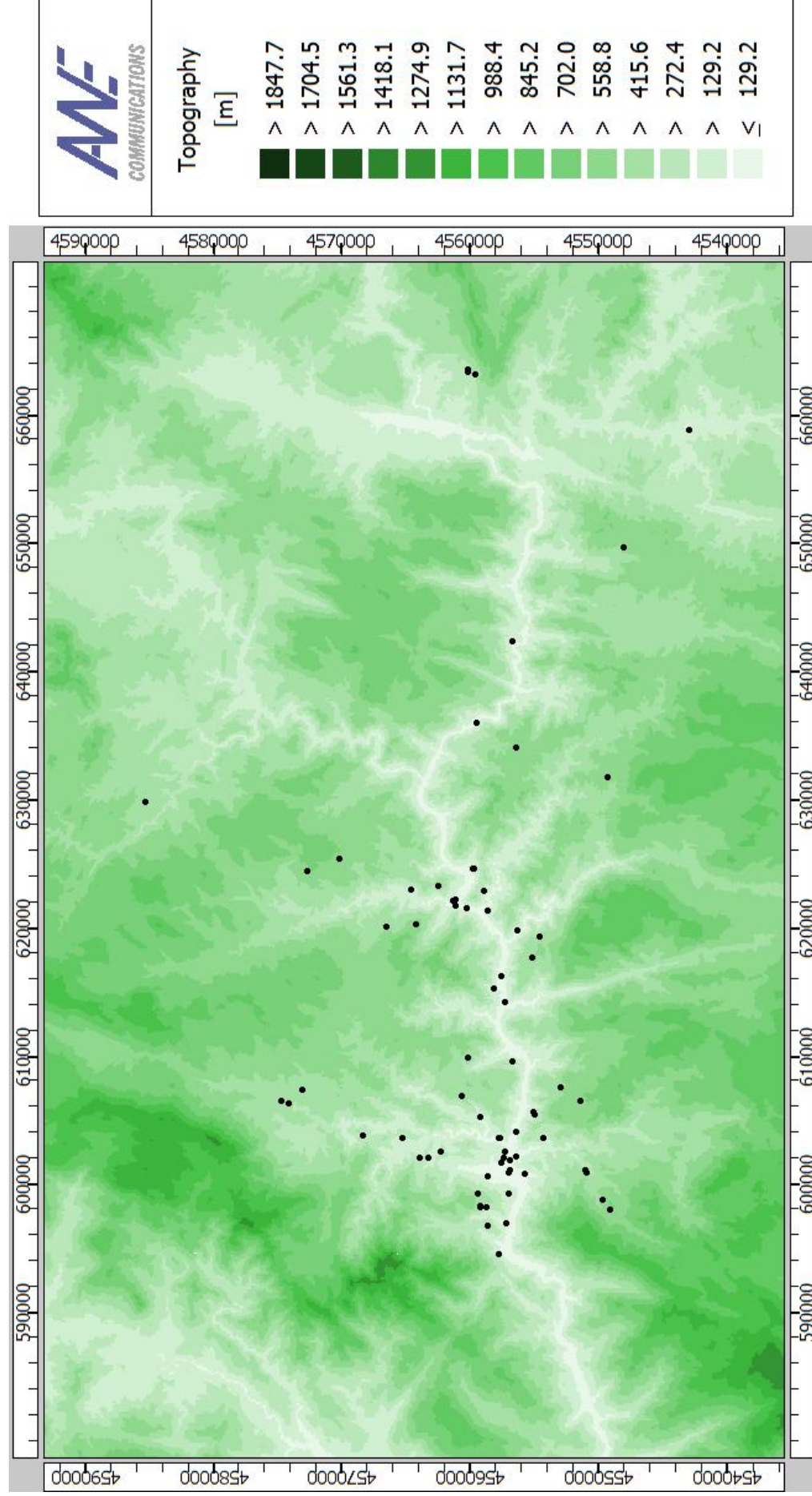


Figura B.1: Quintas da Região Demarcada do Douro

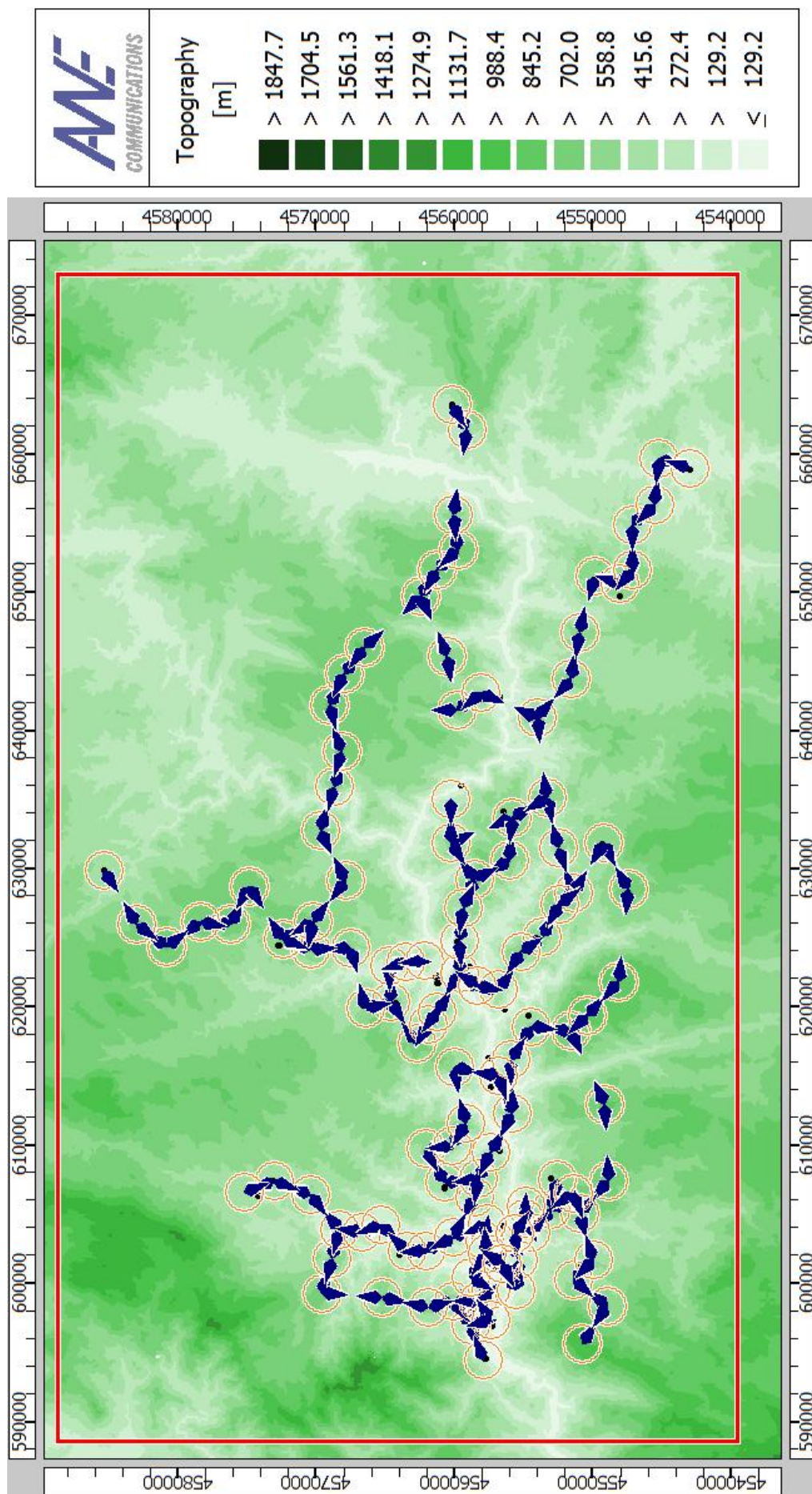


Figura B.2: Estações Base na Região Demarcada do Douro

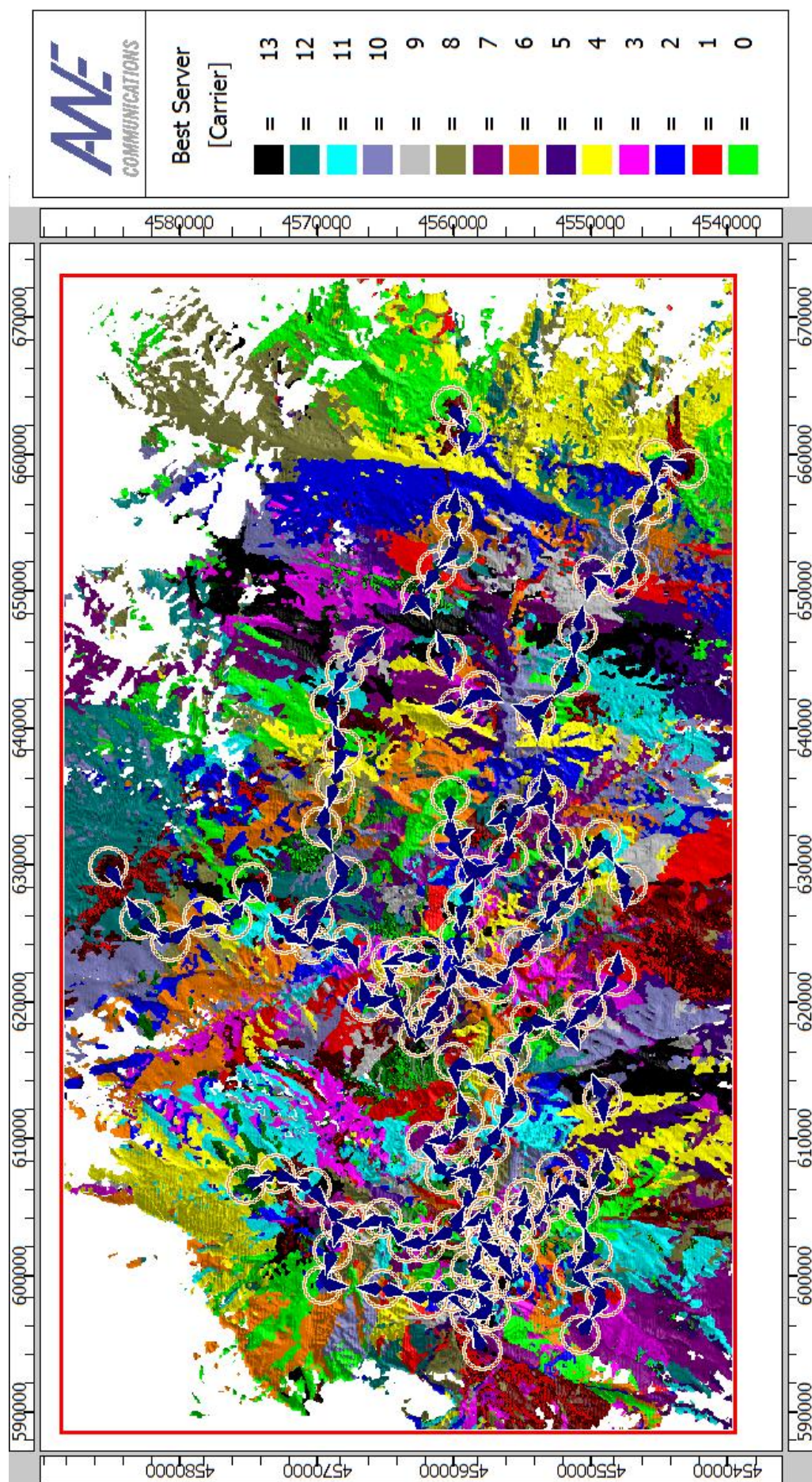


Figura B.3: Região Demarcada do Douro - *Best Server*

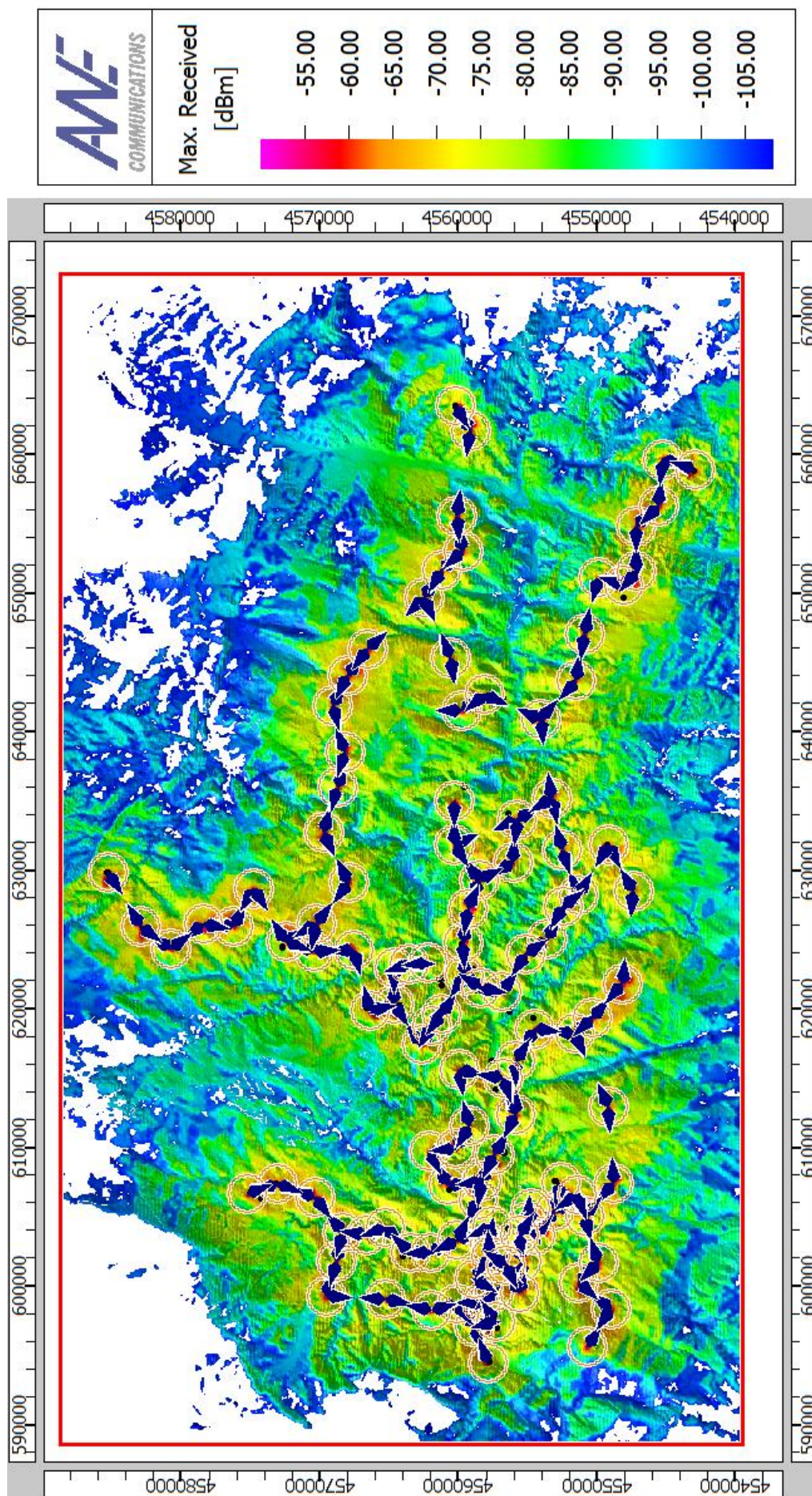


Figura B.4: Região Demarcada do Douro - *Max. Received*

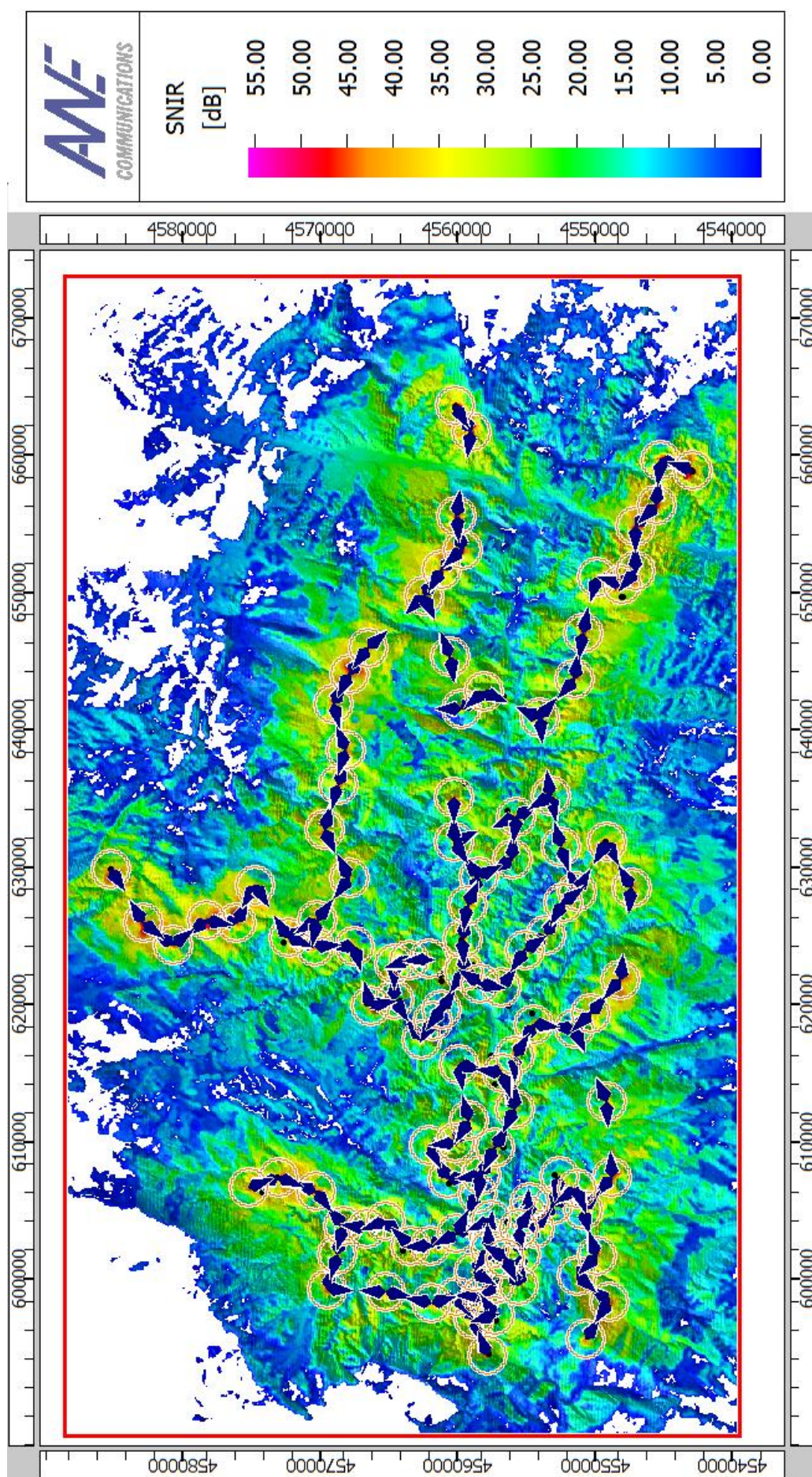


Figura B.5: Região Demarcada do Douro - *SNIR*

Referências

- [1] ICP-ANACOM. Informação estatística do serviço de acesso à internet — 4º trimestre de 2007. Technical report, Março 2008. Disponível em <http://www.anacom.pt/template12.jsp?categoryId=258722>.
- [2] António Gaspar. Plano regional de ordenamento do território do norte — prot-norte. Technical report, INESC Porto, Maio 2007.
- [3] ICP-ANACOM. Disponibilidade geográfica da banda larga em Portugal, 2007. Disponível em <http://www.anacom.pt/template12.jsp?categoryId=176882>, acedido a última vez em 14 de Junho de 2008.
- [4] European Conference of Postal and Telecommunications Administrations / Electronic Communications Committee. Ecc decision of [dd] [month] 2006 on availability of frequency bands between 3400-3800 mhz for the harmonised implementation of broadband wireless access systems (bwa). Technical report, CEPT/ECC, 2006.
- [5] ICP-ANACOM. Consulta pública sobre acesso de banda larga via rádio, 2006. Disponível em <http://www.anacom.pt/template31.jsp?categoryId=219122>, acedido a última vez em 15 de Junho de 2008.
- [6] ICP-ANACOM. Acesso de banda larga via rádio (bwa), 2007. Disponível em <http://www.anacom.pt/template31.jsp?categoryId=245985>, acedido a última vez em 15 de Junho de 2008.
- [7] ICP-ANACOM. Projecto de decisão sobre a limitação do número de direitos de utilização de frequências reservadas para o acesso de banda larga via rádio (bwa) nas faixas de frequências 3400-3800 mhz e definição do respectivo procedimento de atribuição, 2007. Disponível em <http://www.anacom.pt/template31.jsp?categoryId=257543>, acedido a última vez em 15 de Junho de 2008.
- [8] ICP-ANACOM. Comentários dos interessados, Fevereiro 2008. Disponível em <http://www.icp.pt/template12.jsp?categoryId=265602>, acedido a última vez em 15 de Junho de 2008.
- [9] WiMAX Forum. Fixed, nomadic, portable and mobile applications for 802.16-2004 and 802.16e wimax networks. Technical report, WiMAX Forum, November 2005.
- [10] WiMAX Forum. Mobile wimax - part i: A technical overview and performance evaluation. Technical report, WiMAX Forum, February 2006.
- [11] WiMAX Forum. Mobile wimax - part ii: A comparative analysis. Technical report, WiMAX Forum, May 2006.

- [12] WiMAX Forum. Wimax forum response to the anacom public consultation on broadband wireless access. Technical report, WiMAX Forum, January 2007.
- [13] Rias Muhamed Jeffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh. *Fundamentals of WiMAX: Understanding Broadband Wireless Networking*. Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series.
- [14] J.R. Damhuis. Seamless handover within wimax and between wimax and wlan. pages 1–11, January 2008.
- [15] Max Riegel. Wimax networking implications for ietf 16ng. Technical report, WiMAX Forum, March 2007.
- [16] Airspan. Mobile wimax security. Technical report, 2007.
- [17] Lionel Fiat Quoc-Thinh Nguyen-Vuong and Nazim Agoulmine. An architecture for umts-wimax interworking. pages 1–10, 2006.
- [18] Nikos Passas Lazaros Merakos George Lampropoulos, Alexandros Kaloxylos. A seamless service continuity scheme for enhanced network performance in umts/wlan networks. pages 1–5, 2006.
- [19] Dusit Niyato and Ekram Hossain. Integration of wimax and wifi: Optimal pricing for bandwidth sharing. pages 1–7, May 2007.
- [20] Max Riegel. Wide area wireless ethernet, providing ethernet based services over mobile wimax. Technical report, Nokia Siemens Networks, September 2007.
- [21] Architecture and Transport Working Group. Migration to ethernet-based dsl aggregation. Technical report, DSL Forum, April 2006.
- [22] José Fernandes. Iniciativa nacional para a banda larga, Fevereiro 2004.
- [23] Redes comunitárias. http://www.unic.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=187, acedido a última vez em 29 de Junho de 2008.
- [24] ValimarCom Urb e Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Projecto: Valimar net, documentaÇão central. Technical report, ValimarCom Urb, Abril 2006.
- [25] Manuel Miranda. Rede comunitária de banda larga da terra quente transmontana, Abril 2007.
- [26] Gareth Hughes. Local and regional models for broadband deployment. Technical report, erisa, December 2003.
- [27] Caisse des Dépôts. Investissements dans les infrastructures numériques, l’intervention de la cdc. Technical report, Caisse des Dépôts, Décembre 2003.
- [28] Axione. Public broadband telecommunications approach in france. Technical report, Axione, July 2006.
- [29] Light Reading. Pau touts optical ethernet, November 2003. http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=43568, acedido a última vez em 29 de Junho de 2008.

- [30] Cristoforo Morandini. eeurope: Broadband and regional best practices, l'exemple italien. Technical report, between, Décembre 2003.
- [31] Reinhard Polsterer. Bridging the digital gap, the broadband partnership project of grafenwörth. Technical report, December 2003.
- [32] Stokab. <http://www.stokab.se/>, acedido a última vez em 29 de Junho de 2008.
- [33] Marvin Sirbu. Municipal broadband: Cases from the united states. Technical report, Carnegie Mellon University, Engineering and Public Policy, 2006.
- [34] António J. Rodrigues João Pedro Eira. Analysis of wimax data rate performance. pages 1–6.
- [35] AWE Communications. Propagation models and projects. Technical report, AWE Communications GmbH, 2005.
- [36] AWE Communications. <http://www.awe-communications.com/Propagation/Rural/Comparison/index.htm>, acedido a última vez em 29 de Junho de 2008.
- [37] Mapas srtm. <http://www.cplus.org/rmw/dataen.html>, acedido a última vez em 29 de Junho de 2008.
- [38] Fernando J. Velez. Planeamento celular para redes wimax. Technical report, Universidade da Beira Interior e Instituto de Telecomunicações, 2005.