



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ELECTRÓNICA E
TELECOMUNICAÇÕES E DE COMPUTADORES

ÁREA DE TELECOMUNICAÇÕES

UMTS VERSUS DVB-SH NA TRANSMISSÃO DE SINAIS DE VÍDEO

Helena Isabel Batista Mateus Catarino
Licenciada

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM ENGENHARIA DE ELECTRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES

Orientador(a): Professor Pedro Pinho
Co-Orientador: Engenheiro Artur Vargas

Júri:
Presidente: Professor Mário Véstias
Vogais: Professor Rui Alves
Professor Pedro Pinho
Engenheiro Artur Vargas

Novembro de 2010

Agradecimentos

É com grande reconhecimento que agradeço a todos aqueles que me ajudaram, directa ou indirectamente, ao longo da realização deste trabalho.

Agradeço ao Eng^o Pedro Pinho, meu orientador científico por toda a paciência, dedicação, disponibilidade e atenção que me dispensou ao longo destes meses, dando-me todas as condições para que me fosse possível concluir este trabalho.

Ao meu colega de trabalho, amigo e co-orientador Artur Vargas, que apesar de ter sempre uma agenda complicada, nunca deixou de me orientar e ajudar sempre que lhe foi pedido.

Ao meu chefe, Nuno Marques, pela compreensão e encorajamento, mesmo quando era difícil conciliar o meu trabalho do dia-a-dia com a realização da dissertação.

À minha mãe, irmãos, cunhados e sobrinhos, pela alegria e força que me deram, para que conseguisse alcançar mais este objectivo.

À minha madrinha Milocas, pela revisão do texto em português e ao meu padrinho Luís, pela revisão dos artigos em inglês que submeti.

A todos os meus colegas e amigos Iselianos e do trabalho, por toda a compreensão e incentivos ao longo deste tempo.

À Alcatel-Lucent e ao ISEL, por me terem dado todas as condições necessárias para a realização deste trabalho.

Ao Nuno e à nossa filha Inês por serem o meu porto seguro e a minha maior motivação para seguir em frente.

Por fim, um obrigado ao meu pai, por tudo o que me ensinou e por nunca ter deixado de acreditar que conseguiria alcançar tudo o que queria.

A todos, muito obrigado!



Resumo

As comunicações móveis têm sofrido um grande crescimento ao longo dos últimos anos. Cada vez mais o terminal móvel tornou-se um elemento fundamental de comunicação, de trabalho e entretenimento.

A televisão móvel surge com um serviço necessário e complementar aos serviços existentes nas redes móveis, permitindo assim uma maior liberdade de escolha e temporal aos utilizadores.

Esta dissertação de mestrado tem como objectivo a comparação das tecnologias UMTS e DVB-SH, no que respeita a níveis de sinal transmitidos e área de cobertura de cada célula, uma vez que ambas as tecnologias são utilizadas para a transmissão de TV móvel.

O trabalho apresentado está dividido em três partes. Na primeira parte, são descritas as duas tecnologias em análise (UMTS e DVB-SH) e a evolução que as redes móveis tiveram ao longo dos tempos. Na segunda parte é feito o planeamento das duas redes, a demonstração e análise das medidas realizadas, a comparação entre os dois sistemas, de maneira a verificar-se qual dos dois sistemas tem melhor cobertura. Na parte final, irá perceber-se se estas tecnologias podem ser consideradas concorrentes ou complementares.

Keywords: UMTS, DVB-SH, cobertura, sinal.



Abstract

Mobile communications have experienced tremendous growth over the recent years. Increasingly, the mobile terminals become an essential part for communication, work and entertainment.

Mobile TV comes with the needed for a service and complimentary to services available on mobile networks, enabling greater freedom of choice and time to users.

The objective of this dissertation is to compare UMTS and DVB-SH in relation to levels of transmitted signal and coverage area of each cell, since both technologies are used for broadcast mobile TV.

The work presented is divided into three parts. The first part describes the two technologies in analysis (UMTS and DVB-SH) and the evolution that the mobile networks had over time. In the second part is done the planning for the two networks, demonstrations and analysis of the measurements performed, the comparison between the two systems, so it can be possible to understand which of the two systems have better coverage. In the final part, we will be able to understand if these technologies can be regarded as competitors or complementary.

Keywords: UMTS, DVB-SH, coverage, signal.

“Predicting the future is easy. It’s trying to understand what’s going on NOW that’s hard.”

Fritz R. S. Dressler

Índice Geral :

INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO	1
1.1 – Introdução	1
1.2 – Motivação	5
1.3 – Objectivos	6
1.4 - Estrutura da Dissertação	7
1.5 - Contribuições.....	8
1.6 – Notação Utilizada.....	9
1.6 – Referências.....	10
SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS.....	11
2.1 – Evolução e Estado da Arte.....	11
2.2 - Sistema UMTS	14
2.2.1 – Arquitectura UMTS	15
2.2.2 – Espectro Rádio UMTS.....	17
2.2.3 - Princípios do CDMA.....	18
2.2.4 – Capacidade UMTS.....	19
2.3 – Previsões Futuras	20
2.3.1 – HSDPA	23
2.3.2 - HSUPA	24
2.3.3 – HSPA+.....	24
2.4 Sistemas 4G – Wimax e LTE.....	25
2.4.1 – WiMAX	26
2.4.2 - LTE.....	27
2.5 - Sistema DVB	28
2.5.1 – Características Gerais do DVB	28
2.5.2 - DVB-T.....	29
2.5.3 - DVB-S	31
2.5.4 - DVB-C.....	32
2.5.5 - DVB-H.....	33
2.5.5.1 - Redes DVB-H Dedicadas	39
2.5.6 – DVB-SH.....	41
2.5.6.1– Arquitectura DVB-SH	42
2.5.6.2 – Capacidade DVB-SH.....	45
2.5.6.3 – Planeamento e Optimização da rede.....	45
2.5.6.4 - Espectro rádio DVB-SH.....	47
2.5.6.5 - Previsões futuras.....	48
2.6 – Referências.....	49
ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DAS TECNOLOGIAS	51
3.1 - Arquitectura	51
3.2 - Modelos de propagação	53
3.2.1 - Modelos Empíricos.....	54
3.2.2 - Modelos Determinísticos.....	56
3.2.3 – Modelo de Propagação Utilizado.....	57
3.3 - Áreas de cobertura	62
3.4 - Serviços e aplicações	64
3.5 - Apresentação e análise de medidas	66
3.5.1 – Ferramenta de Planeamento Utilizada	66

3.5.2 - Planeamento.....	69
3.5.2 - Medidas	79
3.5.3 - Comparação de Resultados.....	82
3.6 - Concorrentes ou complementares.....	86
3.7 – Referências.....	88
CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO	89
4.1 – Conclusões	89
4.2 – Trabalho Futuro	91
4.3 - Análise Crítica	91

Índice Figuras:

Figura 1: Vantagens da transmissão de vídeo <i>unicast</i> e <i>broadcast</i> [Ref.2].....	2
Figura 2: Arquitectura UMTS [Ref. 10].	16
Figura 3: Espectro Rádio do UMTS [Ref. 11].....	17
Figura 4: Estimativa de mercado para o futuro dos novos serviços do UMTS [Ref. 12].	22
Figura 5: Arquitectura DVB-T [Ref. 21].	30
Figura 6: Arquitectura de um receptor DVB-C [Ref. 22].....	32
Figura 7: Estrutura conceptual de um receptor DVB-H [Ref. 23].....	35
Figura 8: Descrição conceptual da utilização de um sistema DVB-H (com partilha de MUX e serviços MPEG2) [Ref. 23].	36
Figura 9: Arquitectura de um Sistema IPDC Típico [Ref. 23].	39
Figura 10: Arquitectura de uma Rede DVB-H Dedicada [Ref. 23].....	40
Figura 11: Arquitectura DVB-SH [Ref. 24].	43
Figura 12: Diagrama de blocos de um emissor DVB-SH para os modos TDM e OFDM [Ref. 25].....	44
Figura 13: Exemplo de configurações de sistemas de satélite com um único <i>beam</i> e <i>multibeam</i> [Ref. 26].	47
Figura 14: Arquitectura resultante da combinação UMTS e DVB-SH [Ref. 27].....	52
Figura 15: Distribuição celular	63
Figura 16: Ferramenta de planeamento utilizada.....	67
Figura 17: Localização dos sites em análise.....	71
Figura 18: Definição das <i>Clutter Classes</i>	73
Figura 19: Cobertura de cada célula 3G.	75
Figura 20: Nível de cobertura 3G.	76
Figura 21: Parâmetros de calibração do modelo de propagação utilizados.	77
Figura 22: Cobertura por célula DVB-SH.	78
Figura 23: Nível de sinal DVB-SH.....	79
Figura 24: Nível de sinal UMTS.....	81
Figura 25: Nível de sinal DVB-SH.....	82
Figura 26: Localização dos pontos de recolha de dados.....	84
Figura 27: Representação dos valores dos dados medidos.....	85
Figura 28: Ciclo de vida de um serviço de redes móveis.	92

Índice de Tabelas:

Tabela 1: Dados estatísticos das redes móveis 3G em Portugal – 1º Trimestre de 2010 [Ref. 5].	5
Tabela 2: Capacidade de <i>Streaming</i> por célula para 5MHz [Ref. 12].	21
Tabela 3: Parâmetros existentes no domínio da frequência para um sinal DVB-H OFDM a 8MHz [Ref. 23].	37
Tabela 4: Parâmetros no domínio do tempo para sinais DVB-H OFDM a 8 MHz [Ref. 23].	37
Tabela 5: Ritmo binário (Mb/s) para um sistema não hierárquico de um canal de 8 MHz com MPE-FEC com code rate $\frac{3}{4}$; Full-Multiplex para DVB-H [Ref. 23].	38
Tabela 6: Valores dos parâmetros correctivos do modelo de propagação utilizado [Ref. 32].	62
Tabela 7: Características dos sites 3G.	72
Tabela 8: Configuração dos sites 3G.	74
Tabela 9: Configuração da ferramenta de planeamento para o DVB-SH.	77
Tabela 10: Valores dos pontos de recolha de dados.	85

Lista de Acrónimos

1G – Redes Móveis da Primeira Geração
2.5G - Redes Móveis da Segunda Geração e Meia – *Edge*
2G - Redes Móveis de Segunda Geração
3G - Redes Móveis da Terceira Geração
3GPP - 3rd Generation Partnership Project
3GPP2 - 3rd Generation Partnership Project 2
4G – Redes Móveis da Quarta Geração
ACP – Automatic Cell Planning
ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line
AFP – Automatic Frequency Planning
AMPS - Advanced Mobile Phone Systems
ANACOM - Autoridade Nacional de Comunicações
BCMCS - Broadcast and Multicast Service
BER – Bit Error Rate
BLER – Block Error Rate
BS – Base Station
BSC - Base Station Controller
CDMA - Code Division Multiple Access
CGC -Complementary Ground Component
CI - Cell ID
CN - Core Network
DAB - Digital Audio Broadcasting
DAC - Digital-to-Analog Converter
DL - Downlink
DSL - Digital Subscriber Line
DTV – Digital TV
DVB - Digital Video Broadcasting
DVB-C - Digital Video Broadcasting - Cable
DVB-H - Digital Video Broadcasting – Handheld
DVB-S - Digital Video Broadcasting – Satellite
DVB-SH - Digital Video Broadcasting - Satellite services to Handhelds
DVB-T - Digital Video Broadcasting – Terrestrial
EDGE - Enhanced Data rates for GSM Evolution
EPC - Evolved Packet Core

EPS - Evolved Packet System
ETSI - European Telecommunications Padrões Institute
E-UTRAN – Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network
FDMA – Frequency Division Multiple Access
FEC - Forward Error Correction
FER – Forward Error Rate
FDD - Frequency Division Duplex
FTA – Free-to-Air
GPRS - General Packet Radio Service
GSM - Global System for Mobile Communications
HARQ - Hybrid Automatic Retransmission Request
HDTV - High-definition Television
HLR - Home Location Register
HSDPA - High Speed Packet Access
HSPA - High Speed Packet Access
HSPA+ - Evolved High Speed Packet Access
HSUPA - High Speed Uplink Packet Access
IP - Internet Protocol
IT – Informação Técnica
IPDC - DVB-IP Data Casting System
ISP - Internet Service Provider
KPI – Key Performance Indicators
LTE - Long Term Evolution
MBMS - Multimedia Broadcast and Multicast Service
MIMO - Multiple Input Multiple Output
MMS - Multimedia Messaging Service
MSB - Most Significant Bits
MSC - Mobile Switching Center
MSS – Mobile Satellite Systems
MPE-FEC - Multiprotocol Encapsulation - Forward Error Correction
NMT - Nordic Mobile Telephone Network
OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA - Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
OSS - Operation Support System
PDA - Personal Digital Assistants
QoS – Quality of Service

RNC - Radio Network Controller
RNS - Radio Network Subsystem
RRM - Radio Resource Management
RNC - Radio Network Controller
RNS - Radio Network Subsystem
RRM - Radio Resource Management
SC – Scrambling Code
SC - Satellite Component (DVB-SH)
SC-FDMA - Single Carrier Frequency-Division Multiple Access
SFN – Single-Frequency Network
SGSN - Serving GPRS Support Node
SNR - Signal Noise Ratio
SRNC - Single Serving RNC
TDD - Time Division Duplex
TDM - Time Division Multiplex
TDMA - Time Division Multiple Access
TPS - Transmitter Parameter Signaling
TS – Time Slot
TV –Televisão
UE - User Equipment
UL - Uplink
UMTS - Universal Mobile Telecommunications System
UTD - Uniform Theory of Diffraction
UTRAN - UMTS Terrestrial Radio Access Network
VoIP – Voice Over IP
WARC - World Administrative Radio Conference
WAP - Wireless Application Protocol
WCDMA - Wide-Band Code-Division Multiple Access
WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO

1.1 – Introdução

Os sistemas de TV (Televisão) operam, normalmente, com o valor máximo de potência de transmissão e com antenas colocadas o mais alto possível, de maneira a poder ter-se a maior área de cobertura possível. Nos sistemas rádio, a área de serviço é dividida em células, existindo um transmissor por cada célula, sendo a potência proporcional à área de cobertura de cada célula.

As redes de aplicações de vídeo estão a ter um grande crescimento, uma vez que os utilizadores usam o seu terminal móvel (3G/UMTS – Universal Mobile Telecommunications System) para assistirem a programas televisivos em directo, ou fazerem *download* de vídeos. No entanto, a ineficácia do modo *unicast* actualmente

utilizado impede que um mercado em massa seja criado, tanto económica como tecnicamente (cada utilizador usa um recurso rádio, exclusivamente atribuído a ele). Consequentemente, a utilização de uma infra-estrutura adaptada usando o modo broadcast (o mesmo programa enviado simultaneamente para todos os utilizadores), é indispensável [Ref. 1].

A solução ideal seria a combinação dos modos *broadcast* e *unicast* numa abordagem unificada, sendo o modo *broadcast* utilizado para os canais mais solicitados, e o modo *unicast* para os canais com menos audiência. Com esta combinação, o uso do espectro é otimizado, e cada utilizador poderá ter acesso aos seus programas favoritos.

A combinação *unicast/broadcast*, utilizada nos serviços de Televisão Móvel, consiste numa rede aberta, projectada para funcionar como um complemento às redes móveis existentes e não como uma rede concorrente. A sua principal vantagem é sem dúvida a melhoria da qualidade do serviço (QoS – *Quality of Service*) disponível.

A figura 1, apresenta-nos a comparação das vantagens da transmissão *unicast* e *broadcast*, quando contextualizadas na transmissão de vídeo.

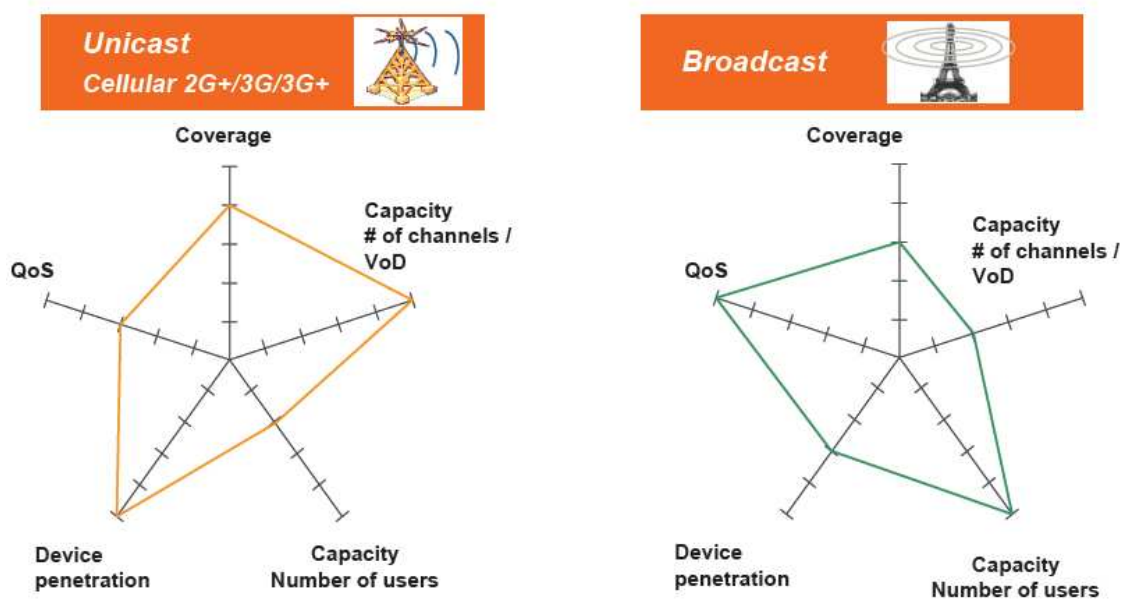


Figura 1: Vantagens da transmissão de vídeo *unicast* e *broadcast* [Ref.2].

A Televisão Móvel está no caminho de se tornar num mercado maciço principal. Tem a potencialidade de impulsionar os rendimentos dos operadores. Hoje, mais de metade das redes 3G/UMTS no mundo inteiro têm serviços de Televisão Móvel. Este é o primeiro passo em direcção a uma nova experiência de TV. Devido às utilizações intimamente ligadas à mobilidade, a interactividade é uma parte importante da Televisão Móvel. É hoje amplamente reconhecido que a Televisão Móvel começa com uma TV portátil, mas finaliza como uma TV personalizada, interactiva e em tempo real.

Em média os serviços de televisão móvel são utilizados cerca de 5 minutos por dia. Apesar do uso destes serviços estar em crescimento, a expectativa da sua utilização anda à volta dos 30 minutos diários. Com esta ideia em mente, o acesso rápido aos conteúdos televisivos pretendidos, sem gastar muito tempo a percorrer os canais disponíveis, torna-se muito importante. Devido ao pouco tempo de uso por dia e à tendência dos utilizadores móveis quererem programas curtos, de poucos minutos, em vez de programas longos, o conteúdo programático também tem de mudar. Formatos produzidos para televisão normal, não são bem adaptados à televisão móvel, onde filmes curtos e um maior suporte interactivo são exigidos.

O DVB-SH (Digital Video Broadcasting - Satellite services to Handhelds) é um sistema de transmissão concebido para fornecer vídeo, áudio e dados para pequenos dispositivos móveis, como telemóveis e PDAs (Personal Digital Assistants), usando frequências da banda-S. A principal característica do DVB-SH é o facto de ser um sistema híbrido por satélite / terrestre que permite a utilização de um satélite para alcançar cobertura de grandes regiões ou mesmo de um país inteiro, com recurso a repetidores que permitem aumentar a área de cobertura. Foi concebido para utilizar frequências abaixo dos 3GHz, normalmente em torno de 2.2GHz. O DVB-SH visa explorar oportunidades na banda-S, onde existe menos congestionamento do que na banda UHF [Ref. 3].

Uma vez que o DVB-SH é uma tecnologia digital de frequência única, apresenta mais vantagens, tais como: a eficiência espectral, flexibilidade e robustez. Conseguem-se assim, numa única banda de frequências, transmitir mais do que um programa simultaneamente.

A combinação das tecnologias DVB-SH e UMTS pode proporcionar uma panóplia de serviços de comunicação, informação e aplicações interactivas em tempo real e com mobilidade.

A inclusão de um circuito DVB-SH num terminal móvel 3G (Redes Móveis da Terceira Geração) é uma óptima opção, quer a nível económico, quer técnico. Utilizando a radiodifusão, consegue-se chegar a mais utilizadores com um custo muito reduzido e com a utilização de poucos recursos rádio.

Com a conjugação das duas tecnologias (UMTS+DVB-SH) obtém-se um compromisso entre a difusão clássica de vídeo e a difusão de dados, com uma atribuição flexível da largura de banda a diferentes serviços [Ref. 4].

Em Portugal, já se encontra em utilização o serviço de televisão móvel, através do UMTS, no entanto, ainda não existe nenhum operador no mercado português que forneça serviços DVB-SH. Apesar de já terem sido realizados alguns ensaios e testes DVB-SH em alguns operadores móveis portugueses, esta tecnologia ainda não se encontra disponível no mercado português, um pouco devido também à falta de legislação e de definição de uma banda de frequências para esta tecnologia, por parte da ANACOM (Autoridade Nacional de Comunicações).

O tráfego da televisão móvel que utiliza o 3G é taxado como tráfego de dados (uma sessão de televisão móvel tem como base um acesso à internet).

No primeiro trimestre de 2010 o número de utilizadores do serviço de TV móvel ascendeu a pouco mais de 63,7 milhares (cerca de 2% do total das estações móveis com utilização efectiva). O serviço de TV móvel contou com a realização de cerca de 1,3 milhões de sessões, o que corresponde a cerca de 6 sessões por utilizadores [Ref. 5]. Na tabela 1 encontram-se representados os últimos dados estatísticos dos serviços das redes móveis 3G em Portugal.

	1T07	2T07	3T07	4T07	1T08	2T08	3T08	4T08	1T09	2T09	3T09	4T09	1T10
TRÁFEGO CS DAS REDES 3G E STANDARDS EQUIVALENTES													
Número de videochamadas	1,034	803	932	800	886	1,232	1,505	1,318	1,332	1,360	1,449	1,234	1,305
Volume de videochamadas (min)	1,951	1,230	1,431	1,229	1,290	3,332	5,011	4,720	5,527	5,622	5,673	4,894	5,078
Tráfego PS de redes 3G e standards equivalentes - número de sessões													
Internet (sessões)	45,571	52,783	71,506	87,486	104,698	115,379	126,917	135,161	152,959	160,645	178,245	181,709	203,723
do qual Internet com ligação através de placas/modem (sessões)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	127,559
Portal móvel / WAP (sessões)	24,640	27,903	37,913	39,990	47,947	42,573	43,139	40,727	41,886	37,704	33,570	36,362	44,825
Serviços Corporativos (sessões)	3,069	3,759	4,059	4,565	6,005	7,012	7,505	8,417	8,825	9,169	9,040	8,905	15,813
Mobile TV (sessões)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1,188
Tráfego PS da rede 3G e standards equivalentes - volume de sessões (MB)													
Internet (MB)	732,984	1,000,030	1,372,132	1,961,040	2,742,841	3,111,104	3,469,775	3,772,884	4,065,855	4,190,580	4,454,659	5,436,511	6,664,681
do qual Internet com ligação através de placas/modem (MB)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6,485,477
Portal móvel / WAP (MB)	4,170	2,498	4,256	4,992	6,781	6,353	6,895	6,942	8,210	7,190	6,351	7,470	8,601
Serviços Corporativos (MB)	1,870	2,133	2,674	2,810	3,417	3,552	3,974	4,657	5,252	5,823	7,448	7,345	5,694
Mobile TV (MB)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	4,923
Outros serviços (MB)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	296

Tabela 1: Dados estatísticos das redes móveis 3G em Portugal – 1º Trimestre de 2010 [Ref. 5].

1.2 – Motivação

Dada a grande necessidade dos utilizadores das redes móveis poderem ter acesso aos conteúdos e aplicações pretendidas em qualquer lugar, a qualquer momento, os sistemas de comunicações móveis têm que se adaptar à evolução dos mercados e às necessidades dos utilizadores.

Em redes 3G, a aplicação que se apresenta como a maior diferença para as redes 2G (Redes Móveis da Segunda Geração) é a aplicação de vídeo. As pessoas utilizam o seu terminal móvel 3G para assistirem a programas televisivos em directo, ou para fazerem *downloads* de vídeos (notícias, música ou outros tipos de entretenimentos) [Ref 1].

Durante a última década, as aplicações digitais de vídeo e áudio nos meios de telecomunicações têm tido um grande desenvolvimento. No entanto, o maior benefício deste progresso só é atingido se toda a rede de comunicação (desde o emissor até ao receptor) for digital.

Com a tecnologia DVB conseguem-se obter transmissões de imagens com melhor qualidade, assim como uma maior oferta de canais de transmissão. Sendo assim, abre-se a possibilidade dos utilizadores poderem ter serviços que até agora não eram possíveis, tais como a recepção móvel de televisão (através do DVB-SH), a interactividade e a “televisão à carta” de serviços multimédia [Ref 6].

Os operadores das redes móveis têm que ser mais competitivos, fornecendo aos seus clientes uma maior panóplia de serviços que possam ir de encontro às necessidades dos mesmos; o vídeo e a televisão móvel são, segundo dados previstos pelo 3GPP, os serviços com maior probabilidade de crescimento futuro.

Espera-se que, no futuro, a televisão possa estar acessível em qualquer lugar e a qualquer momento. Cada vez mais os utilizadores estão mais preocupados com a possibilidade de poderem ter serviços à sua medida, em qualquer lugar e a qualquer hora.

1.3 – Objectivos

A dissertação a realizar tem como objectivos a comparação entre células 3G e células DVB-SH no que respeita aos níveis de sinal transmitidos e à dimensão da área de cobertura de cada célula.

Na primeira parte desta dissertação dar-se-á uma ideia das duas diferentes tecnologias em análise, de maneira a proporcionar-se aos leitores uma breve noção dessas duas tecnologias. Irão, assim, referenciar-se os pontos mais importantes da arquitectura das duas redes, assim como as vantagens e desvantagens de cada tecnologia.

Pretende, assim, concluir-se qual a tecnologia que apresenta uma melhor cobertura e desempenho. No final, irá perceber-se se estas tecnologias podem ser consideradas como complementares ou concorrentes.

Acreditando que ambas as tecnologias ainda têm muito para ser desenvolvidas e exploradas, considero que os objectivos desta dissertação possam dar origem a novas investigações.

1.4 - Estrutura da Dissertação

Nesta dissertação, irá ser explicado em que consiste cada um dos sistemas de transmissão de vídeo acima referenciados, tendo em conta as normas utilizadas para definição dos mesmos, a sua evolução, arquitectura e desempenho. Irá também ser apresentado o planeamento de uma área denso-urbana, recorrendo a uma ferramenta de planeamento de redes móveis. Uma vez findo o planeamento, realizaram-se testes para recolha de medidas, de maneira a poderem comparar-se os resultados previstos (teóricos) com os resultados obtidos (medidas).

Tanto o planeamento como as medidas foram realizados tendo por base o ambiente de propagação e os elementos de rede necessários.

A dissertação a realizar é composta então por quatro capítulos fundamentais.

O primeiro capítulo terá como conteúdos a introdução e o enquadramento da dissertação.

O segundo capítulo é dedicado às redes de comunicações móveis em análise. Este capítulo encontra-se dividido em três partes distintas. Na primeira parte será descrito o estado da arte, onde poderemos encontrar um breve resumo de como as duas tecnologias surgiram e quais as tecnologias a que poderão vir a dar origem. Na segunda parte deste capítulo será descrita a tecnologia UMTS e na terceira parte será descrita a tecnologia DVB.

No terceiro capítulo comparar-se-ão as duas tecnologias e descrever-se-á também todo o trabalho de planeamento e medidas efectuadas, de maneira a poder realizar-se a comparação dos dois sistemas de comunicações móveis.

Por fim, no quarto capítulo, serão apresentadas as conclusões e a identificação de trabalhos futuros.

Todos os passos a realizar serão devidamente identificados e documentados, de maneira a permitir que qualquer leitor possa interpretar correctamente a informação descrita.

1.5 - Contribuições

Durante a realização desta tese, foram submetidos dois artigos, os quais foram aceites.

O primeiro artigo tinha como tema: “Comparação UMTS versus DVB-SH” e foi submetido para o Prémio de Investigação URSI Portugal 2009, tendo o mesmo sido seleccionado para a realização de uma apresentação no decorrer do congresso, o qual ocorreu de 3 a 4 de Novembro de 2009. O artigo submetido encontra-se para consulta no Anexo I.

O segundo artigo foi submetido para a conferência “MOBIMEDIA 2010 – 6th International Mobile Multimédia Communications Conference” que decorreu de 6 a 8 de Setembro de 2010 em Lisboa. O artigo submetido irá ser impresso na revista “Springer Lecture Notes of ICST (LNICST)”, podendo ser visto no Anexo I.

1.6 – Notação Utilizada

Ao longo de todo o texto desta dissertação aparecerão alguns termos em inglês ou porque a sua tradução para português é difícil, ou porque o seu uso não reflectiria o seu real significado, ou ainda por serem termos já universalmente aceites. Esta situação deve-se, fundamentalmente, ao facto de a literatura existente nesta área ser publicada em língua inglesa. Nestes casos, os termos são apresentados em caracteres itálicos.

Sempre que possível são, também, usadas algumas traduções que se consideram apropriadas ou que já se encontram enraizadas no Português.

Para evitar a repetição de longas expressões técnicas, que tornariam fastidiosa a leitura desta dissertação, são também usados acrónimos ao longo de todo o texto. Para além de ser apresentada no início deste documento, a correspondência entre os termos técnicos e os respectivos acrónimos, estes são sempre explicados na primeira ocorrência no texto.

Todas as referências bibliográficas usadas ao longo deste trabalho, são evocadas, entre parêntesis recto (da forma [Ref. xx]).

1.6 – Referências

- [1] - Vijay K. Garg, “*Wireless Systems*”, Prentice-Hall, Inc., 2002
- [2] - Olivier Blondeau, “Broadcast/unicast complementary for mobile TV and technology/spectrum issues”, Aveiro, 9 de Julho de 2007.
- [3] – DVB-SH Fact Sheet 0807.pdf, August 2007
- [4] - Alcatel-Lucent, “*Upgrading existing UMTS infrastructure for S-Band Mobile*”
- [5] – ANACOM, “*Serviços Móveis – Informação Estatística – 1º Trimestre 2010*”, 15 de Junho de 2010
- [6] Gerad Faria , Jukka A. Henriksson, Erik Stare e Pekka Tammoa, “*DVB-H: Digital Broadcast Service to Handheld Dispositivos*”, Proceedings of the IEEE, Vol. 94, Nº 1, Janeiro de 2006

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS

2.1 – Evolução e Estado da Arte

Actualmente, existem diferentes tecnologias de redes móveis, as quais foram evoluindo conforme as necessidades dos utilizadores.

A primeira geração (1G – Redes Móveis da Primeira Geração) de redes móveis era inteiramente analógica, tendo sido desenvolvida no início dos anos 80 com os sistemas NMT (*Nordic Mobile Telephone Network*) e AMPS (*Advanced Mobile Phone Systems*). Os terminais móveis desta geração apenas permitiam comunicações de voz e eram bastante grandes e pouco portáteis.

Com a segunda geração (2G), já se começaram a ter terminais móveis digitais, tendo o 2G sido desenvolvido nos finais dos anos 80 e início dos anos 90. A tecnologia 2G é baseada nas técnicas de acesso TDMA (*Time Division Multiple Access*) e CDMA (*Code Division Multiple Access*), e visa dar continuidade ao GSM (*Global System for Mobile Communications*). Os terminais desta tecnologia já permitiam a transmissão de dados e acesso à Internet via WAP (*Wireless Application Protocol*), para além das comunicações de voz. Os terminais móveis passaram a ser mais pequenos e, além de um utensílio pessoal, passam a ser utilizados para trabalho.

Em seguida, apareceu a segunda geração e meia (2,5G) que representa uma melhoria face ao 2G, nomeadamente a nível da transmissão de dados com recurso à tecnologia EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*).

A Partir do ano 2005, surge a terceira geração (3G) baseada no padrão WCDMA (*Wide-Band Code-division Multiple Access*), com acesso HSPA (*High Speed Packet Access*). O 3G apresenta, como factor diferenciador face ao 2G, o facto de ser possível a transmissão de vídeo, além de que permite um acesso de dados mais rápido, abrindo assim uma porta para os downloads rápidos de ficheiros de som (música) e imagem (vídeo). O WCDMA é a interface rádio do padrão de 3G definido como a evolução para o GSM. O HSPA é o serviço de transmissão de pacotes de dados baseados na tecnologia WCDMA, o qual permite transferências de dados com elevadas taxas de transmissão. O HSPA torna-se, pois, um grande concorrente para os provedores de serviços de internet convencionais, uma vez que oferece serviços multimédia via telefone móvel de alta qualidade.

Desde 2004, que a maior parte dos operadores de redes móveis lançaram o serviço Televisão Móvel sobre redes 2.5G e 3G, muito antes da introdução das tecnologias 3G *broadcast*. Reconhecendo a elevada procura por parte do utilizador dos serviços de Televisão Móvel, os prestadores desses serviços e os operadores móveis, aperceberam-se de que não poderiam esperar pelo 3G *broadcast*. Sendo assim, começaram a implantar os serviços Televisão Móvel em redes 3G *unicast*. O 3G *unicast* oferece a possibilidade de combinar TV linear com canais pedidos. O *Unicast* tem também a vantagem de apenas utilizar os recursos da rede quando um utilizador está a utilizar activamente os serviços de Televisão Móvel. Além disso, com *unicast*, a rede pode otimizar a transmissão para cada utilizador individualmente. A principal

desvantagem do *unicast* é o seu comportamento desfavorável quando existem vários utilizadores em simultâneo, sendo assim, o *broadcast* é claramente a forma mais adequada de difusão da Televisão Móvel.

O trabalho para acrescentar o suporte *broadcast/multicast* nas redes 3G, começou em 2002 quando o 3GPP e o 3GPP2 (*3rd Generation Partnership Project 2*) criaram itens de trabalho para serviços *broadcast/multicast* em GSM/WCDMA e CDMA2000, respectivamente. No 3GPP, o item de trabalho é chamado de MBMS (*Multimedia Broadcast and Multicast Service*). No 3GPP2 é chamado de BCMCS (*Broadcast and Multicast Service*). Ambos, MBMS e BCMCS, estão a introduzir apenas pequenas alterações aos actuais protocolos rádio e da rede central. Isto reduz os custos de implementação tanto na rede celular como nos terminais e faz com que a transmissão em *broadcast* seja uma tecnologia relativamente barata. MBMS e BCMCS focam-se nos aspectos do transporte de serviços *broadcast* e *multicast*. [Ref. 7].

Em média os serviços de televisão móvel são utilizados cerca de 5 minutos por dia. Apesar do uso destes serviços estar em crescimento, a expectativa de uso será à volta de 30 minutos por dia. Com esta ideia em mente, o acesso rápido ao conteúdo televisivo pretendido, sem gastar muito tempo a percorrer os canais disponíveis, torna-se muito importante. Devido ao pouco tempo de uso por dia e à tendência dos utilizadores móveis para quererem programas curtos, de poucos minutos, em vez de programas longos, o conteúdo programático também tem de mudar. Formatos produzidos para televisão normal, não são bem adaptados a televisão móvel, onde filmes curtos e um maior suporte interactivo são exigidos.

Durante a última década, as aplicações digitais de vídeo e áudio nos meios de telecomunicações têm-se desenvolvido bastante. No entanto, o maior benefício deste progresso só é atingido se toda a rede de comunicação (desde o emissor até ao receptor) for digital.

Alguns operadores móveis, optaram por adoptar o WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), como uma evolução do 3G, uma vez que para os mesmos o WiMAX seria uma tecnologia concorrente com os padrões do WCDMA. No entanto, para a maior parte dos operadores móveis, as duas tecnologias serão complementares. Na realidade, o 3G é um serviço muito utilizado por todo o mundo, ao passo que o

WiMAX ainda não se encontra instalado e regularizado na maior parte dos países, como é o caso de Portugal [Ref. 8].

A 4ª Geração (4G) será baseada totalmente em IP, permitindo assim, a convergência entre as redes de cabo e sem fios, assim como a operacionalidade em computadores, dispositivos electrónicos e tecnologias de informação. Espera-se alcançar com o 4G velocidades de transmissão na ordem dos 100 Mbps para utilizadores em movimento e de 5 Gbps para utilizadores fixos, mantendo uma qualidade de serviço ponto a ponto de alta segurança, com serviços de qualquer tipo, a qualquer momento e em qualquer lugar [Ref. 9].

O LTE (*Long Term Evolution*) é um dos sistemas de 4ª geração que já se encontra em implementação. Actualmente, já existem redes no EUA e na Europa com testes-piloto de LTE a decorrer. O LTE foi desenvolvido pelo 3GPP e permite uma velocidade de 100Mbps em *downlink* e 50 Mbps em *uplink*, ambos com uma largura de banda que vai dos 1,25 aos 20MHz. O LTE utiliza a tecnologia OFDMA (*Orthogonal Frequency-Division Multiple Access*) em *downlink* e SC-FDMA (*Single Carrier Frequency-Division Multiple Access*) em *uplink*, podendo operar quer em FDD (*Frequency Division Duplex*) como em TDD (*Time Division Duplex*). Para a maior partes dos operadores móveis, o LTE é visto como a evolução natural do UMTS, sendo por isso notório o interesse do desenvolvimento desta tecnologia.

2.2 - Sistema UMTS

O UMTS é considerado como o sucessor do GSM. Com o aparecimento do UMTS inicia-se a passagem da segunda (2G) para a terceira geração (3G) de redes móveis. Um dos factores fundamentais para o aparecimento do UMTS foi o facto de existir uma grande necessidade de serviços móveis e aplicações de Internet com velocidades superiores às existentes até então. Sendo assim, com a nova rede 3G consegue-se um aumento da velocidade de transmissão de pacotes, a qual pode ir até 2 Mbps por utilizador móvel.

O UMTS é também conhecido como uma tecnologia de banda larga de acesso múltiplo por divisão de código (W-CDMA), sendo este factor, um dos mais importantes e significativos dos avanços da evolução das telecomunicações. O UMTS possuirá um papel importante na criação do futuro mercado de conteúdos e aplicações comunicações móveis, permitindo assim uma aproximação entre os diferentes operadores.

O UMTS é hoje uma realidade e está a revolucionar o mundo das comunicações móveis. A tecnologia de terceira geração (3G) possibilita a introdução de novas aplicações e o acesso a conteúdos mais avançados, fomentando a utilização crescente de serviços de dados. Os utilizadores móveis são hoje cada vez mais exigentes, realizando cada vez mais operações através dos seus terminais móveis. O mercado das comunicações móveis tornou-se muito diferenciado, onde temos utilizadores que não estão dispostos a esperar para poderem realizar os seus *downloads*, ou aceder aos seus *mails*, ou até mesmo proceder a pagamentos de serviços ou ver televisão. Cada vez mais o terminal móvel passa a ser considerado como uma ferramenta de trabalho e um bem essencial para qualquer pessoa.

2.2.1 – Arquitectura UMTS

O UMTS introduz uma nova arquitectura de rede móvel a qual é denominada de UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*). De maneira a haver uma compatibilidade com o GSM, o UTRAN encontra-se ligado ao CN (*Core Network*) do GSM através da interface Iu, ver figura 2.

Alguns elementos existentes na arquitectura GSM foram migrados e introduzidos na arquitectura do UTRAN, como é o caso do MSC (*Mobile Switching Center*), do SGSN (*Service GPRS Support Node*) e do HLR (*Home Location Register*). Em contrapartida, a BSC (*Base Station Controller*) do GSM é substituída pelo RNC (*Radio Network Controller*) e a BS (*Base Station*) do GSM é substituída pelo Nó B do UMTS.

O UMTS define quatro novas interfaces, conforme se pode verificar na figura 2:

- *Uu*: é a interface entre o terminal móvel e o Nó B
- *Iu*: é a interface existente entre o RNC e o CN (MSC/VLR ou SGSN)
 - *Iu-PS* para transferência de pacotes de dados
 - *Iu-CS* para a transferência dos fluxos de voz
- *Iub*: é a interface entre o RNC e o Nó B
- *Iur*: é a interface entre diferentes RNCs

É o RNC que realiza a gestão autónoma dos recursos RRM (*Radio Resource Management*) do UTRAN. É também o RNC que gere a transferência de protocolos entre as interfaces *Iu*, *Iur* e *Iub*, sendo também responsável pelos serviços de operação e manutenção do RNS (*Radio Network Subsystem*) com acesso ao OSS (*Operation Support System*).

O RNC usa a interface *Iur*, que não tem equivalente em GSM, para tratar de forma autónoma 100% do RRC, eliminando a carga do NC. As funções de controlo, tais como admissão, ligação RRC com o UE (*User Equipment*), congestão e o *handover*/macro diversidade são inteiramente geridos por um SRNC (*Single Serving RNC*).

A figura 2 representa a arquitectura de um sistema UMTS onde estão identificadas todas as interfaces acima descritas.

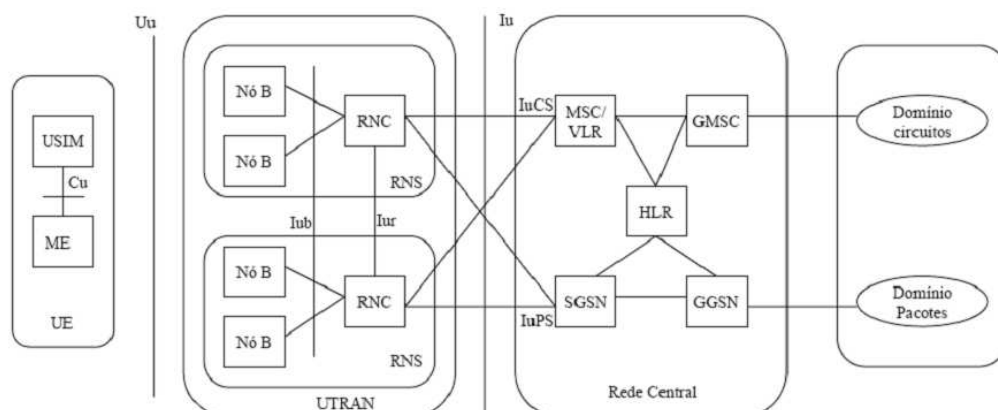


Figura 2: Arquitectura UMTS [Ref. 10].

2.2.2 – Espectro Rádio UMTS

O espectro de frequências do UMTS foi definido em 1992 no WARC (*World Administrative Radio Conference*).

Definiram-se assim, dois blocos de 60 MHz para a alocação de frequências FDD, 1920 a 1980 MHz para UL e 2110 a 2170 MHz para DL. Da mesma maneira, foram definidos dois blocos para TDD, 1900 a 1920 para licenças de operação e 2010 a 2025 para testes. Foram ainda reservados dois blocos de 30 MHz para os sistemas móveis de satélites (MSS – *Mobile Satellite Systems*).

As frequências UMTS têm habitualmente uma banda de aproximadamente 5MHz. A figura 3 apresenta o espectro do UMTS.

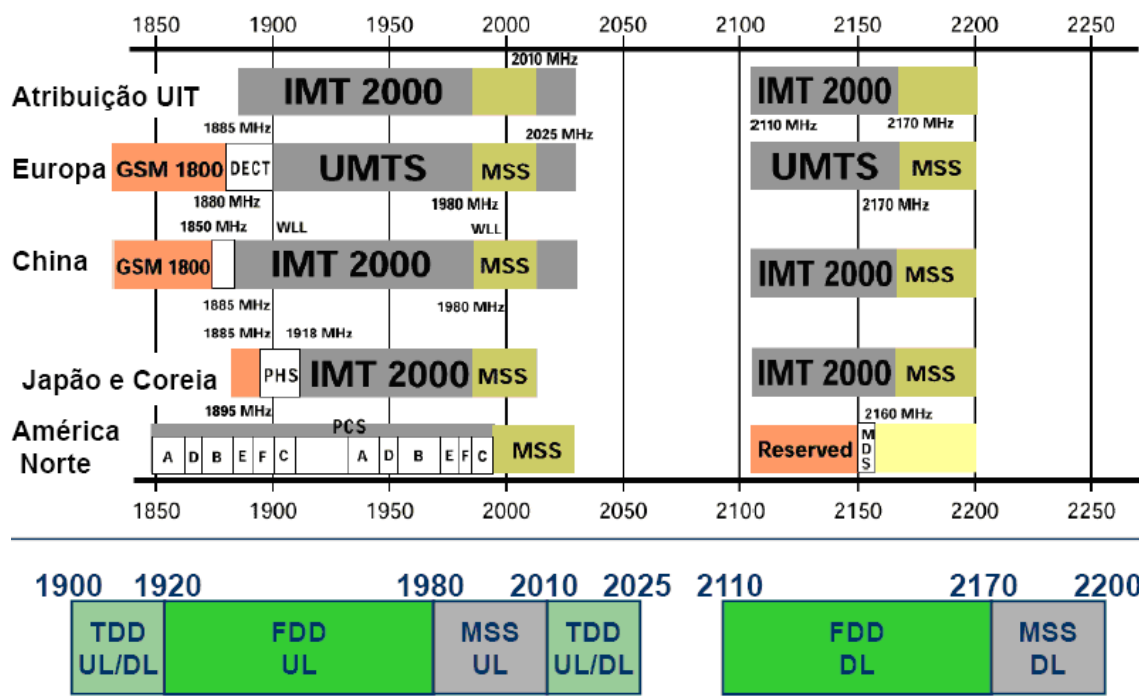


Figura 3: Espectro Rádio do UMTS [Ref. 11].

2.2.3 - Princípios do CDMA

A aplicação do CDMA como a técnica de acesso do UMTS introduz muitos desafios, no que se refere ao planeamento de uma rede. Os sistemas tradicionais de espalhamento de espectro, dos quais deriva o CDMA foram inicialmente utilizados devido à sua performance.

As principais vantagens da utilização dos CDMA são expressas em três áreas diferentes:

- aumento da eficiência espectral, pois como temos uma comunicação que pode ser analógica ou digital, podemos ocupar melhor o espectro, ou seja, podemos ter mais comunicações com o mesmo sistema em frequências diferentes.
- melhoramento da flexibilidade em multimédia, visto que podemos ter serviços de multimédia em locais em que não era possível, uma vez que não existia cobertura de sinais digitais.
- possibilidade de utilização de novas potencialidades, (aumento da velocidade de transmissão, melhoramento da qualidade de vídeo, etc)

A maior parte dos sistemas de simulação e de modelação de canal sugerem que o CDMA consegue chegar mais perto do limite teórico da capacidade da célula do que os sistemas FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) e TDMA, provando-se, deste modo, o melhoramento da eficiência espectral. Por outro lado, a o CDMA tem a capacidade de mudar o factor de espalhamento, o que permite a variação do ritmo do canal associado para aplicações multimédia. O CDMA é inerente a um processo matemático; isto reflecte-se no melhoramento das técnicas de processamento de canais, obtendo-se então um maior ritmo de transmissão de dados.

O sistema UMTS, que é baseado em CDMA, é um sistema que permite reutilização de frequências simples, na verdade, toda a rede pode ter a mesma frequência, sendo o factor diferenciador o código SC (*Scrambling Code*) que é atribuído a cada célula. É através do SC e tendo em conta o CI (*Cell ID*) da célula, que se consegue identificar univocamente cada célula. Todos os SCs são ortogonais e seguem uma estrutura em árvore. O SC é atribuído à célula e fica registado no seu RNC.

Podemos ter na mesma rede operacional diferentes células com o mesmo código, no entanto, de maneira a evitar-se que existam interferências entre as células com o mesmo SC, estas devem estar suficientemente distantes. Sendo assim, quando se realiza o planeamento de uma rede UMTS é conveniente dividir a área geográfica em diferentes partes. A escolha dos SCs para cada célula do mesmo site tem que ser feita de maneira a garantir-se a ortogonalidade entre os mesmos. Após algumas considerações feitas sobre a reutilização de SCs, chegou-se à conclusão de que a reutilização de SCs está directamente relacionada com a distância, sendo a distância mínima para duas células com o mesmo SC dada pela seguinte equação.

$$D = 2R\sqrt{19} \quad (1)$$

Onde:

D – distância mínima entre células

R – raio da célula

O CDMA apresenta como desvantagens:

- controlo de potência muito preciso (limita área de cobertura de cada célula)
- grande complexidade (utilização de diferentes códigos)
- baixo desempenho nos serviços que requerem um débito mais elevado

2.2.4 – Capacidade UMTS

A capacidade de um sistema UMTS depende das características da célula no momento. Sendo assim, vários factores influenciam a capacidade total da célula, sendo os mais importantes: o número de utilizadores activos na célula, o tipo de tráfego gerado pelos utilizadores, a mobilidade dos utilizadores, o ruído e a interferência na célula entre outros. É com base nesses factores que é possível saber qual é a carga actual na célula e decidir se esta pode aceitar, ou não, mais chamadas de novos utilizadores.

Outro factor importante para a definição de capacidade é a qualidade do serviço. Sendo assim, uma célula que tenha vários utilizadores com serviços que requerem uma grande qualidade de serviço (ex: chamadas de vídeo e VoIP – Voice Over IP) terá uma capacidade inferior do que teria se os mesmo utilizadores estivessem a utilizar serviços com menor qualidade (ex: voz, navegação na internet).

O cálculo da capacidade de uma célula UMTS é dividido em duas partes distintas:

- Estimativa da capacidade da célula com um único *transceiver*. Para efectuar esta estimativa deverá ter-se em conta os requisitos de Eb/No (relação entre a energia de bit e o ruído), os ritmos de transmissão planeados, a probabilidade de cobertura, os recursos rádio utilizados, o limite da margem de interferência e os ganhos de processamento.

- Estimativa do número de utilizadores móveis por célula: uma vez conhecida a capacidade da célula e o perfil dos utilizadores, pode ser calculada a área de cobertura do Nó B, sendo utilizada, normalmente, uma ferramenta de planeamento celular para este efeito. A utilização da ferramenta de planeamento celular prende-se com o facto de existirem muitas variáveis a ter em conta para este cálculo, como é o caso do número de utilizadores, crescimento do número de utilizadores, tráfego gerado por utilizador, por hora, localização geográfica dos utilizadores, tipo de serviços e os ritmos de transmissão dos utilizadores.

Mesmo quando o dimensionamento da capacidade da rede UMTS é feita no início do lançamento da rede, esta nem sempre está correcta, uma vez que, no início, a maior parte das redes são planeadas para cumprirem objectivos de cobertura e não de capacidade. É por isso muito usual, que ao fim de algum tempo, sejam feitos novos estudos e cálculos de capacidade, à medida que as redes vão crescendo quer em número de utilizadores quer em área de cobertura.

2.3 – Previsões Futuras

Para a evolução do HSPA (E-HSPA), o 3GPP está a desenvolver o *padrão* do MIMO (Multiple Input Multiple Output), tendo sido proposto um aumento na modulação de 16 QAM para 64 QAM, com o intuito de aumentar drasticamente as taxas de transmissão de dados e a capacidade dos sistemas.

O sucesso da tecnologia HSPA traduziu-se na disponibilização de vários terminais móveis capazes de oferecer acessos de banda larga móvel. Com a introdução no mercado das redes LTE, espera-se que esse acesso se amplie, viabilizando novos serviços.

A evolução a longo prazo do LTE fornecerá um aumento da capacidade para o *unicast*. Na [Ref. 16] foram publicados resultados de ritmos de transmissão onde o recurso de rádio é partilhado igualmente por todos os utilizadores. O mais importante neste caso é a capacidade, sendo necessário que todos os utilizadores necessitem de um ritmo de transmissão aproximadamente igual. Apresentam-se em seguida os dados brutos que foram utilizados num estudo de maneira a fazer-se uma estimativa da capacidade para 5 MHz, conforme se pode ver na tabela 2.

HSPA R6 1-Rx	HSPA R6 2-Rx	E-HSPA	LTE
1.9 Mbps	2.9 Mbps	5.3 Mbps	6.7 Mps

Tabela 2: Capacidade de *Streaming* por célula para 5MHz [Ref. 12].

A tabela é baseada em utilizadores com um grau de satisfação de 95%. Esta estimativa pretende mostrar o potencial da tecnologia. A partir dos valores obtidos podem calcular-se as taxas de transmissão por utilizador. Uma estimativa para 60 potenciais encontra-se representada na figura 4.

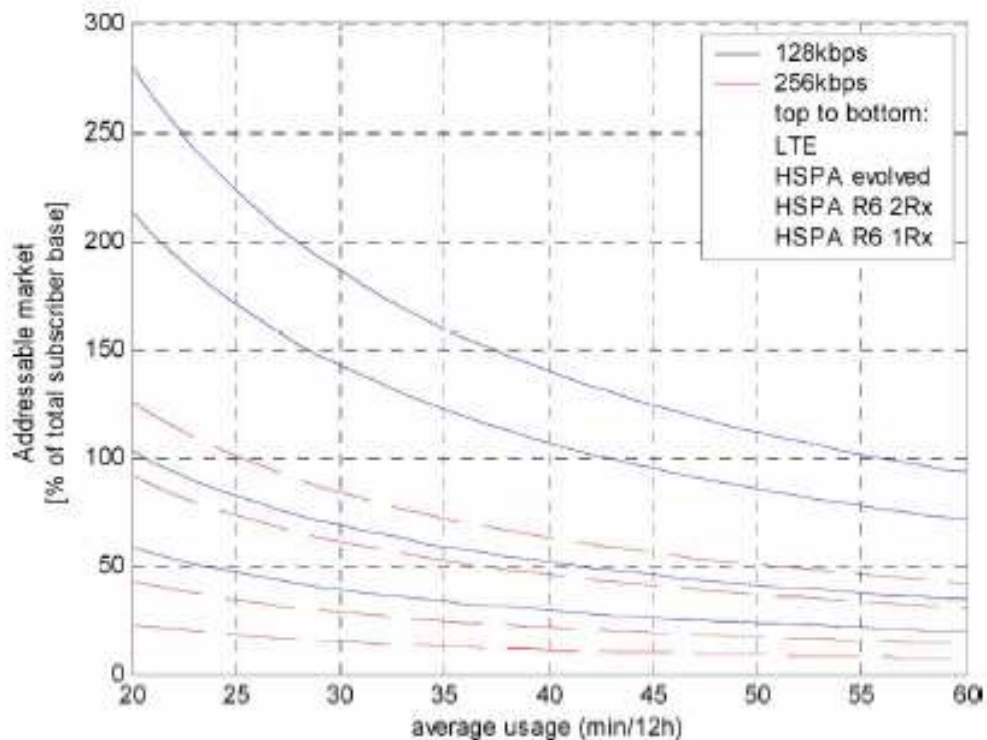


Figura 4: Estimativa de mercado para o futuro dos novos serviços do UMTS [Ref. 12].

Pode ver-se que, com o LTE uniforme para 256 kbps, se todos os potenciais utilizadores subscreverem realmente o serviço, cada utilizador poderá utilizá-lo 25 minutos a 12 horas, em média.

Um dos grandes obstáculos para a implementação global da tecnologia LTE é o problema da sua sucessão, ou seja, do *LTE-Advanced*, o qual terá que ter uma banda específica. Sendo assim, as frequências baixas serão destinadas para ampliações de cobertura, enquanto que as frequências mais altas serão para móveis com pouca mobilidade.

É preciso também destacar a continuidade que o sistema LTE colocará em prática, não impondo restrições a sistemas anteriores, possibilitando ganhos para os seus investidores. A compatibilidade das redes LTE com outras redes promete ser um dos seus principais atractivos.

2.3.1 – HSDPA

De maneira a poder fazer-se face a todas as exigências dos utilizadores móveis, desenvolveu-se uma evolução do UMTS, considerada como a geração 3.5, dando-se assim origem ao HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*). O HSDPA é um sistema de transferência de dados de alta velocidade, proporcionando assim, débitos até 14Mbit/s, e em consequência, um aumento da capacidade do sistema até três vezes mais. De referir que o HSDPA utiliza o espectro 3G existente, não sendo por isso necessário proceder-se a um novo planeamento da rede. Sendo basicamente uma melhoria no acesso, não é necessário fazer modificações na rede central UMTS, apenas uma melhoria na infra-estrutura para comportar o aumento no fluxo de dados.

O HSDPA introduz um novo canal de transmissão que utiliza a potência remanescente no Nó-B, após terem sido servidos os canais comuns e dedicados. A introdução deste canal irá permitir que vários utilizadores possam partilhar a mesma transmissão, sendo os recursos atribuídos somente quando existe um pedido e aos terminais que apresentem melhores condições rádio, por adaptação dos parâmetros de transmissão (*fast link adaptation*). Quando ocorre um erro na transmissão, o terminal solicita a rápida retransmissão dos pacotes (*fast hybrid ARQ*), reduzindo substancialmente o atraso associado. A nova informação é então combinada com a recebida anteriormente (*soft combining*), de modo a torná-la mais robusta.

Com a introdução da nova modulação (16QAM), conseguirão atingir-se velocidades de transmissão até aos 14Mbit/s (como limite máximo) e como consequência um aumento da capacidade da célula.

O HSDPA surge como resposta à grande necessidade que os utilizadores das redes móveis têm em termos de rapidez e qualidade de serviço, vindo assim disponibilizar o acesso a serviços inovadores. Trata-se da evolução natural da tecnologia UMTS para aplicações de pacotes de dados [Ref. 13].

2.3.2 - HSUPA

Assim como o HSDPA visa uma melhoria das taxas de transmissão de dados em *downlink*, o HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*) visa uma melhora na taxa de *uplink*.

O HSUPA apresenta as seguintes melhorias face ao UMTS:

- Retransmissão rápida, baseada no protocolo *Hybrid Automatic Retransmission Request* (HARQ)
- Intervalo do Tempo de Transmissão (TTI) de 2 ms;
- Um canal dedicado para *uplink*;
- Escalonamento rápido de pacotes (*Fast Scheduling*) [Ref. 14]

O *fast link adaptation* do HSUPA é diferente do existente no HSDPA. No HSUPA quando um utilizador envia um pedido de transmissão, é o escalonador existente no nó B que vai decidir quem e quando se vai proceder ao envio da informação, não existindo ortogonalidade entre as transmissões como no HSDPA.

O HSUPA tem ainda transmissões não escalonadas, sendo estas mais adaptadas aos dados que poderão dar origem a atrasos na transmissão (ex: vídeo chamadas, VoIP), isto porque o escalonador presente no nó B não consegue suprimir a banda e o baixo *delay* necessário. O débito máximo permitido com o HSUPA é de 5.76 Mbit/s (*upload*).

2.3.3 – HSPA+

O sistema HSPA+ (*Evolved High-Speed Packet Access*) não é mais do que uma evolução do HSDPA que foi definida pelo 3GPP na versão 7. O HSPA+ foi desenvolvido com o intuito de ser a transição da 3ª para a 4ª geração de redes móveis.

Este sistema permite taxas de transmissão de dados até aos 42 Mbit/s em *downlink* e 22 Mbit/s em *uplinks* (dados teóricos) através do recurso da técnica MIMO.

O HSPA+ apresenta uma arquitectura de rede IP onde as estações base estão directamente ligadas à rede IP, a qual posteriormente se irá ligar aos routers dos ISPs (*Internet Service Providers*). Esta arquitectura permite que este sistema seja mais rápido, mais barato (utiliza a internet) e de mais fácil expansão.

O HSPA+, apesar de ter maiores ritmos de transmissão que o HSDPA e ser a evolução óbvia deste, não deve ser confundido nem comparado com o LTE, pois são duas tecnologias que utilizam interfaces diferentes.

2.4 Sistemas 4G – Wimax e LTE

Os sistemas 4G (Sistemas Móveis da Quarta Geração) ainda não se encontram totalmente definidos, sendo, no entanto, já definido que vão ser sistemas baseados em IP.

Uma vez que estes sistemas irão ser redes IP, conseguir-se-á assim uma convergência com as redes de cabos actuais e as redes móveis. A velocidade de transmissão de dados espectável para estes sistemas será de 100Mbps em movimento e 5Gbps em estático, com um QoS ponto-a-ponto, permitindo assim o acesso a novos conteúdos e aplicações de alto débito em qualquer lugar.

O conceito da 4ª geração não é visto como somente uma evolução das comunicações móveis; cada vez mais o conceito de transferência de dados em banda larga tem mais influência na evolução das tecnologias de redes móveis. Quando inicialmente se desenvolveram os sistemas de comunicações móveis (1G) a grande expectativa era a qualidade de voz, o mesmo aconteceu no 2G, onde, no entanto, já passou a ser possível haver transmissão de dados, mas com baixos débitos. Foi o 3G que impulsionou o desenvolvimento das comunicações em banda larga, esperando-se assim que com o 4G se consiga obter um grande crescimento a nível de tráfego devido às velocidades oferecidas.

A grande vantagem do 4G é a possibilidade de se ter em terminais móveis serviços que até então só eram possíveis nas redes fixas por causa dos seus débitos, a um

custo acessível e com uma boa qualidade. Serviços como o MMS (*Multimedia Messaging Service*), chats de vídeo, TV móvel HDTV (*High-definition Television*), DVB e de voz via IP, apresentarão melhor qualidade e eficiência nas redes 4G.

Actualmente existem duas tecnologias 4G em desenvolvimento e a operarem no mercado internacional; são elas o WiMAX e o LTE. Ambas as tecnologias são compatíveis com os sistemas de comunicações móveis existentes.

2.4.1 – WiMAX

A tecnologia WiMAX é baseada no Padrão da Interface Rádio do IEEE 802.16-2004. Esta tecnologia está a tornar-se rapidamente numa chave no acesso fixo de redes sem fios de banda larga de áreas metropolitanas. Inquestionavelmente o WiMAX sem mobilidade, baseado no IEEE 802.16-2004 [Ref. 15], provou ser uma alternativa sem fios, num ambiente sem mobilidade, rentável face ao cabo e serviços DSL (Digital Subscriber Line). Em Dezembro de 2005 o IEEE rectificou este padrão, dando origem ao 802.16e [Ref. 16]. Esta versão atribui ao padrão o que é necessário para implementar a mobilidade. O WiMAX móvel é uma solução rádio de banda larga que permite a convergência de redes de banda larga móveis numa área comum e com uma arquitectura de rede flexível. A interface ar do WiMAX móvel utiliza o OFDMA para melhorar a propagação multi-percurso em ambientes sem linha de vista. O SOFDMA (*Scalable OFDMA*) [Ref. 17] é introduzido na norma IEEE 802.16e de maneira a permitir larguras de banda de canal escaláveis de 1.25 a 20 MHz.

Os perfis da versão 1 do WiMAX móvel estão definidos para canais de 5, 7, 8.75, e 10 MHz de largura de banda para alocações mundiais no espectro autorizado das bandas de frequência dos 2.3 GHz, 2.5 GHz, e 3.5 GHz.

O WiMAX oferece a escalabilidade tanto em tecnologia de acesso rádio como em arquitectura de rede, fornecendo, pois, muita flexibilidade em opções de implementação de rede e fornecimento de serviço.

Como o WiMAX apresenta uma largura de banda elevada e um grande raio de cobertura é apropriado para as seguintes utilizações:

- Ligação de pontos Wi-Fi entre si e/ou com outras partes da internet
- Fornecer uma alternativa sem fios ao cabo e DSL
- Fornecer dados e serviços de telecomunicações de alta velocidade
- Ser uma extensão à rede fixa de dados já existente, permitindo acessos de banda larga em locais diversos.

2.4.2 - LTE

O LTE é o nome dado ao sistema 4G do 3GPP que tem como antecessor o UMTS. Os objectivos desta nova tecnologia incluem a melhoria da eficiência espectral conseguindo-se, por isso, uma melhoria dos serviços com um valor baixo de custo.

O projecto de LTE não é um padrão, mas sim uma nova versão do padrão UMTS existente (versão 8 do 3GPP), a qual contém novas especificações que são, na sua maior parte, extensões e modificações do sistema UMTS.

A arquitectura do LTE tem como base a já existente do UMTS com a adição das alterações necessárias de maneira a poder ter-se a nova tecnologia operacional. Sendo assim, iremos ter uma arquitectura EPS (*Evolved Packet System*), sendo esta constituída pela interface E-UTRAN (*Air Interface of LTE*) no lado do acesso e pelo EPC (*Evolved Packet Core*) no lado do núcleo.

O LTE permitirá taxas de transmissão de 326.4 Mbit/s em DL (downlink) e 86.4 Mbit/s em UL (uplink) para canais de 20 MHz [Ref. 18].

O LTE utiliza em DL o OFDM com 2048 sub-portadoras espaçadas de 15 kHz, no entanto, por uma questão de sustentabilidade só se transmitem 72 sub-portadoras. A transmissão é dividida no tempo e *slots* de 0.5 ms em *subtramas* de 1.0ms. As modulações utilizadas são a QPSK, 16QAM e 64QAM. Recorre-se à utilização do MIMO para diferenciar utilizadores, ou seja, um único utilizador MIMO para permitir o

valor máximo da transmissão de dados e multi-utilizadores MIMO para dividir ponderadamente os débitos das transmissões.

Em UL o LTE utiliza o SC-FDMA (para 64 QAM) ou as modulações QPSK e 16 QAM.

2.5 - Sistema DVB

2.5.1 – Características Gerais do DVB

O DVB é um sistema de transmissão digital de vídeo, que por vezes também é denominado de televisão digital.

O *padrão* DVB é um conjunto de normas que definem a radiodifusão digital, utilizando satélites existentes, cabo e infra-estruturas terrestres. No início de 1990, os radiodifusores europeus, os fabricantes de equipamentos de consumo, e dos órgãos reguladores europeus formaram o Grupo de Lançamento (ELG) para discutir a introdução da televisão digital (DTV) em toda a Europa.

O ELG percebeu que o respeito mútuo e a confiança tinha que ser estabelecida entre os membros, tendo esta confiança dado origem ao DVB Project. Hoje, o DVB Project é composto por mais de 220 organizações em mais de 29 países do mundo [Ref. 19].

O DVB está em operação no Reino Unido desde 1998, tendo chegado a outros países da União Europeia e à Austrália. Actualmente a taxa de mercado do DVB é de cerca de 270 milhões de receptores.

Em Portugal, começou em 2009 a dar-se os primeiros passos na transmissão de vídeo digital terrestre, espera-se para 2010 um grande desenvolvimento e crescimento nesta área. Actualmente, os operadores privados do nosso país têm optado por canais *pay-per-view* (pré-pagos) de televisão por cabo, como alternativa ao sistema analógico.

O DVB é um sistema aberto, permitindo que o assinante possa escolher os fornecedores de conteúdos diferentes e a integração de computadores e televisores.

Os sistemas DVB são otimizados não apenas para a televisão, mas também para compras e *home banking*, para transmissões de redes privadas e visualização interactiva. O DVB oferece as possibilidades futuras de proporcionar alta qualidade de visualização de televisão em terminais instalados em autocarros, carros, comboios e portáteis.

O padrão DVB é designado de acordo com o serviço ao qual está vinculado:

- DVB-T (*Digital Video Broadcasting – Terrestrial*) - Transmissões terrestres (TV aberta em VHF ou UHF convencional);
- DVB-S (*Digital Video Broadcasting – Satellite*) - Transmissões por satélite (TV por assinatura e tv FTA (Free-to-Air));
- DVB-C (*Digital Video Broadcasting – Cable*) - Serviço de TV por cabo;
- DVB-H (*Digital Video Broadcasting – Handheld*) - Transmissão para dispositivos móveis, tais como celulares e PDA's;

2.5.2 - DVB-T

O DVB-T é a variante terrestre do padrão de DVB para a TV, para rádio e serviços digitais da transmissão dos dados. Foi desenvolvido para substituir o sistema analógico de TV. As características principais são eficiência elevada da largura de banda, recepção não perturbada, melhor qualidade de imagem comparada à TV analógica, e a capacidade para transmitir serviços de dados.

O DVB-T usa o OFDM para a transmissão móvel complexa de *streams* para transporte MPEG2. A taxa de dados disponível na recepção móvel é de 15 Mbps por canal de UHF/VHF. O OFDM é usado também na transmissão DAB (*Digital Audio Broadcasting*), mas com tempos baixos de I/O e largura de banda (1.5 Mbps). É ideal para um ambiente multi-percurso onde existem rápidas mudanças das condições do ambiente rádio.

Devido ao facto do DVB-T poder suportar ecos longos é possível usá-lo em redes de frequência única, onde cada emissor transmite numa determinada *stream* de transporte na mesma frequência. Isto reduz o número de frequências necessárias para

fornecer, numa vasta área, os mesmos serviços de TV/data. DVB-T é bastante complexo, mesmo sob circunstâncias muito desfavoráveis.

Para serviços interactivos, as técnicas existentes e emergentes das redes móveis (GSM, GPRS, UMTS, etc.) complementarão o DVB-T. As primeiras experiências com redes de acesso híbrido foram feitas no projecto da Memo UE, usando DVB-T ou DAB *downstream* e GSM *upstream*. Para aumentar a eficiência de uma comunicação os sistemas comutáveis por pacotes (GPRS, UMTS) são preferíveis para finalidades de canais de retorno [Ref. 20]. A figura 5 representa a arquitectura do DVB-T.

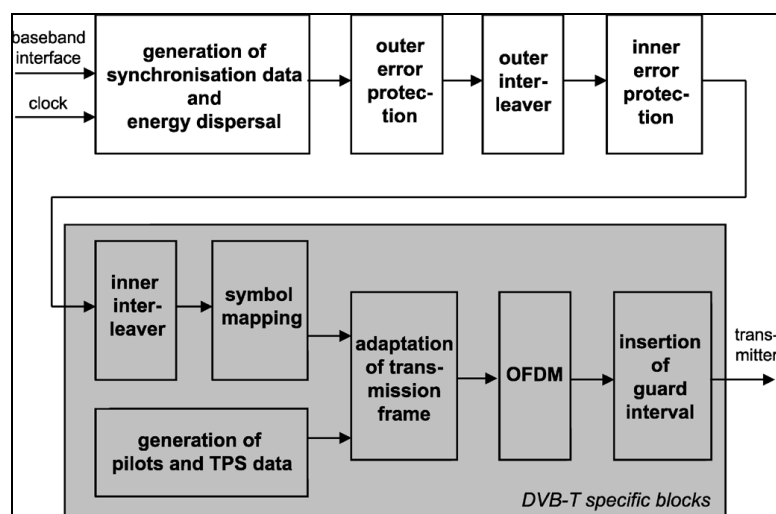


Figura 5: Arquitectura DVB-T [Ref. 21].

Para além dos blocos comuns para codificação de canal utilizados nas normas anteriores, o DVB-T impõe também a utilização de um *interleaver* para ultrapassar eventuais canais selectivos em frequência devido ao aparecimento de ecos. Este *interleaver* adicional realiza em frequência algo semelhante ao que um *interleaver* normal realiza no tempo. Os símbolos resultantes modulam várias portadoras, podendo ser utilizados vários tipos de modulação (QPSK, 16-QAM ou 64-QAM), de um esquema OFDM [Ref. 21].

2.5.3 - DVB-S

O DVB-S é a variante satélite do padrão de DVB para transmissão digital de TV, a sua aparição deu-se em 1994, mas foi desenvolvido entre 1993 e 1997.

O surgimento do DVB-S veio ao encontro do desenvolvimento tecnológico ocorrido no início da década de 90, onde as comunicações por satélite apareceram como o futuro das comunicações.

O meio de transmissão utilizado pelo satélite é caracterizado por uma largura de banda disponível relativamente elevada, mas por uma potência de emissão limitada [Ref. 19], sendo necessária uma codificação de canal robusta, de maneira a que a taxa de erros seja mínima, e uma codificação adequada, de maneira a ser imune ao ruído.

A arquitectura DVB-S é semelhante à arquitectura de um sistema genérico DVB. Sendo assim, um bloco de codificação de canal é composto por codificador *Reed-Solomon*, o qual contém dois blocos, um de *interleaving* e um de codificação convolucional.

Inicialmente, o DVB-S foi pensado para difusão de televisão como um sistema *pay per view*, com conteúdos específicos de alta definição, tornando-se assim numa tecnologia de ponta e apetecível, apesar dos seus custos. Com este padrão introduz-se o conceito de *video on demand*, onde se pode programar uma hora para se ver um determinado programa ou gravar programas através de um DVR existente num disco rígido pertencente ao equipamento do receptor/utilizador.

Devido à grande procura por parte dos operadores em fornecer serviços que utilizassem o DVB-S, surgiu a necessidade de se criar uma nova norma DVB associada à transmissão por satélite, surgindo assim o DVB-S2.

O DVB-S2 tem como objectivos os seguintes serviços:

- Difusão de canais de alta e normal definição
- Serviço interactivo, incluindo o acesso à internet quer no receptor, quer num PC
- Diversas aplicações digitais (transmissões de conteúdos ponto-a-ponto)
- Distribuição de conteúdos de dados [Ref. 21].

2.5.4 - DVB-C

Esta norma foi a segunda a ser desenvolvida, em 1994, e foi criada para a difusão de televisão digital por cabo. Surgiu no seguimento da norma DVB-S e reflecte principalmente as diferenças que a transmissão por cabo apresenta face à transmissão por satélite, nomeadamente, a relação sinal/ruído mais elevada e menor largura de banda. Nesse sentido, é necessário atingir níveis de eficiência espectral mais elevados, recorrendo-se a modulações mais complexas e diminuindo a protecção contra erros.

Apresenta-se em seguida, na figura 6, a arquitectura de um receptor DVB-C bem como uma breve descrição do mesmo.

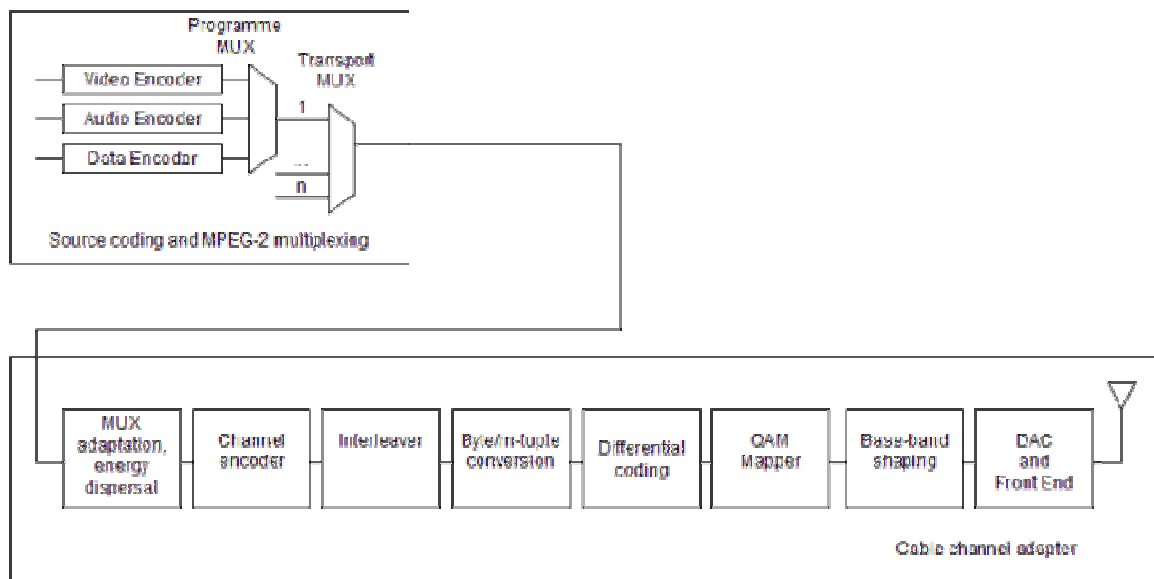


Figura 6: Arquitectura de um receptor DVB-C [Ref. 22].

O *Source Coding* e o MUX são utilizados para a multiplexagem das *streams* de vídeo, áudio e data com as *streams* MPEG (MPEG-PS). Uma ou mais *streams* MPEG-PSs são juntas numa *stream* de transporte MPEG-TS, sendo esta *stream* resultante a que irá ser transmitida para as set top boxes (STB) presentes nas residências dos utilizadores. O *MUX adaptation and energy dispersal* é o local onde o MPEG-TS é definido como uma sequência de pacotes de dados com um comprimento fixo de 188 bytes. Através da dispersão de energia, a sequência de bytes é descorrelacionada. No *External encoder* é realizado um primeiro nível de protecção de data, através da utilização do código *Reed-Solomon* (204, 188), sendo assim possível, no máximo, a correcção de 8 bytes errados para cada pacote de 188 bytes. O *External interleaver* ou *convolutional interleaving* é utilizado para reorganizar a sequência de dados transmitidos, de maneira a tornar a mesma menos permissível a erros. O conversor *Byte/m-tuple* realiza o encapsulamento dos dados em símbolos m-ários ($m = 4, 5, 6, 7,$ ou 8). O *Differential coding* garante rotatividade das constelações, através do encapsulamento dos bits mais significantes MSBs (*Most Significant Bits*) de cada símbolo. No *QAM Map* é mapeada uma sequência de teste numa sequência base-band digital complexa de símbolos. No *Base-band shaping* é filtrado o sinal QAM, através da utilização de um filtro *raised-cosine*, de maneira a remover as interferências recebidas no receptor. Finalmente, no *DAC (digital-to-analog converter) and front-end* o sinal digital é transformado num sinal analógico, através da utilização de um conversor digital-analógico (DAC), sendo depois modulado num RF *front-end*.

2.5.5 - DVB-H

O sistema DVB-H é definido baseado no padrão DVB-T já existente para recepção digital de TV fixa ou em movimento (in car). Os principais elementos que foram adicionados no *link layer* (ou seja, a camada acima da camada física) fraccionam o tempo adicional para transmissão e correcção de erros de codificação (FEC – *Forward Error Correction*). Esta divisão do tempo permite a redução, significativa, da potência média no receptor *front-end*, até cerca de 90% -95%, além do que, também possibilita a realização do *handover* de uma célula para outra, com maior facilidade. A divisão do tempo em DVB-H é obrigatória.

A utilização do FEC em diferentes protocolos de dados encapsulados (MPE-FEC – *Multiprotocol Encapsulation - Forward Error Correction*) permite uma melhoria da performance da relação sinal-ruído (*carrier-to-noise - C / N*) e do efeito de *Doppler* nos canais móveis, por outro lado, também melhora a tolerância à existência de interferências. O uso do MPE-FEC é facultativo para DVB-H.

Deve-se ressaltar que os elementos presentes no fraccionamento do tempo e no MPE-FEC presentes no *link layer*, não estão presentes na camada física do DVB-T.

Isto significa que os receptores existentes no DVB-T não sofrem interferências de sinais provenientes do DVB-H, sendo por isso compatível a existência em simultâneo dos dois sistemas. Notar que o *payload* do DVB-H pode ser constituído por pacotes IP ou pacotes de outras camadas encapsuladas em MPE.

Revedo os débitos de dados sugeridos para cada serviço DVB-H e tendo em conta as pequenas dimensões dos terminais móveis existentes, os sistemas clássicos de codificação de áudio e vídeo utilizados na radiodifusão digital não se adequam ao DVB-H. Sendo assim, sugere-se a utilização dos codificadores H264/AVC em vez do MPEG-2.

A camada física tem quatro extensões do DVB-T. Na primeira, os bits do parâmetro de transmissão de sinalização (TPS – *Transmitter Parameter Signaling*) foram actualizados para incluir dois bits adicionais para indicar a presença de serviços DVB-H e a possibilidade da utilização do MPE-FEC para reforçar e acelerar o serviço. Em segundo lugar, um novo modo de multiplexagem ortogonal por divisão de frequência (OFDM -4K) é adoptado para negociação da mobilidade, sendo também adoptadas células com frequência única (SFN – *Single-Frequency Network*), obtendo-se velocidades de transmissão muito altas. Isso dá uma flexibilidade adicional para a rede de design. O modo 4K do DVB-H complementa os modos 2K e 8K também existentes no DVB-H. As modulações presentes no DVB-H são: QPSK, 16QAM e 64QAM (hierárquica ou não-hierárquica). Em terceiro lugar, foi definida uma nova maneira de utilizar o *symbol interleaver* do DVB-T.

Para os modos 2 KB e 4 KB, o operador pode seleccionar, em vez do nativo *interleaver*, que faz o entrelaçamento dos bits por cima de um símbolo OFDM, a opção de um *interleaver* detalhado que entrelaça os bits em quatro ou dois símbolos OFDM. Finalmente, a quarta adição à camada física DVB-T é a largura de banda de canal de 5 MHz estar a ser utilizada em bandas de não-transmissão.

A estrutura conceptual do equipamento do utilizador (receptor) DVB-H é representada na figura 7.

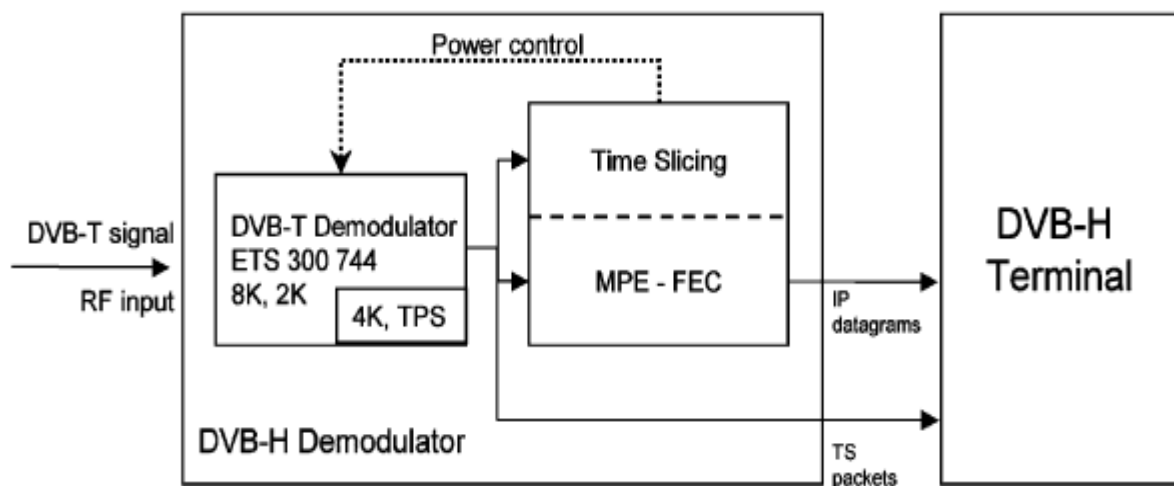


Figura 7: Estrutura conceptual de um receptor DVB-H [Ref. 23].

Este inclui um receptor DVB-H (um desmodulador DVB-T, um módulo *time-slicing* que corta o tempo, e um módulo MPE-FEC opcional) e um terminal DVB-H. O desmodulador DVB-T recupera a corrente de transporte MPEG-2 (TS) do sinal de RF DVB-T recebido. Ele oferece três modos de transmissão: 8 KB, 4 KB, e 2 KB com a sinalização correspondente.

O módulo *time-slicing* controla o receptor de maneira a decifrar o serviço requerido e interromper a transmissão de outros bits de serviço. O objectivo é reduzir o consumo de potência do receptor, permitindo também um *handover* fácil. O módulo MPE-FEC, existente no DVB-H, oferece, além da correcção de erros da transmissão na camada física, uma função de FEC complementar que permite ao receptor enfrentar situações de recepção especialmente difíceis. Um exemplo da utilização do DVB-H para a transmissão de serviços IP encontra-se representado na figura 8. Neste exemplo, tanto

os serviços MPEG-2 tradicionais como os "serviços de DVB-H *time-slicing* são transportados por cima do mesmo *multiplex*.

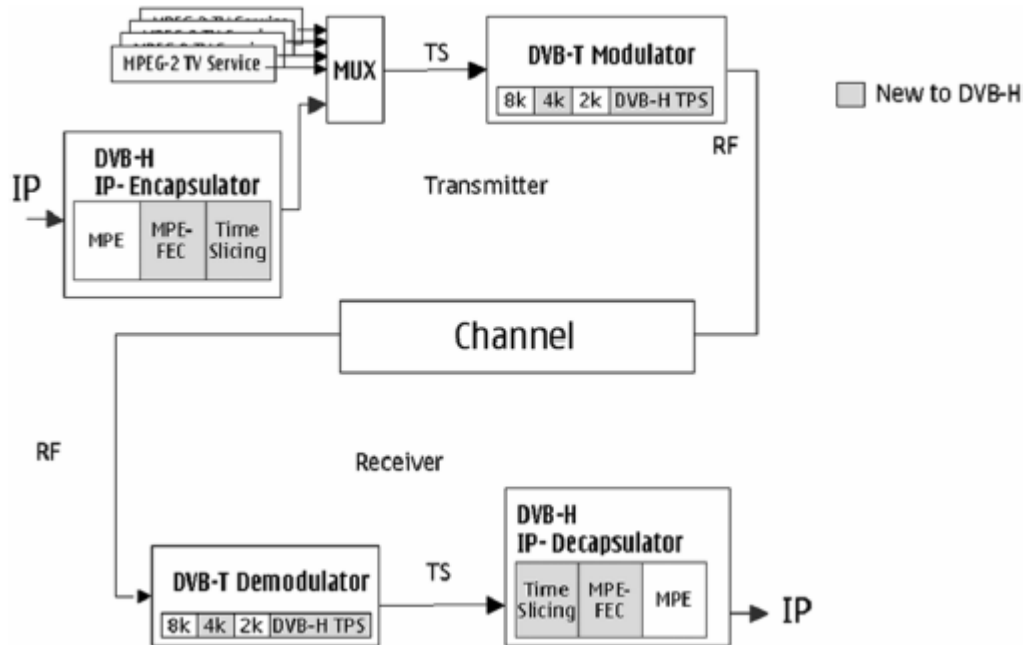


Figura 8: Descrição conceptual da utilização de um sistema DVB-H (com partilha de MUX e serviços MPEG2) [Ref. 23].

O terminal móvel descodifica/utiliza, apenas, serviços IP. De referir que o modo 4K e *interleaver* não estão disponíveis, por razões empresarias, nos casos em que os *multiplexers* são partilhados por diferentes serviços disponíveis em receptores DVB-T e em DVB-H *dispositivos*.

Alguns dos parâmetros básicos da camada física do DVB-H são apresentados nas tabelas 3 a 5. A tabela seguinte apresenta os parâmetros no domínio frequência para um canal de 8MHz.

Parâmetro	Modo 2K	Modo 4K	Modo 8K
Número de Portadoras Activas K	1705	3409	6817
Número de Portadoras de dados	1512	2024	6048
Período Elementar T	7/64 μ s	7/64 μ s	7/64 μ s
Parte Útil do Símbolo T_U	224 μ s	448 μ s	896 μ s
Espaçamento entre Portadoras $1/T_U$	4464 Hz	2232 Hz	1116 Hz
Espaçamento entre Portadoras K_{min} e $K_{max}=(K-1)T_U$	7.61 Hz	7.61 Hz	7.61 Hz
Nota: Os valores em itálico são aproximados			

Tabela 3: Parâmetros existentes no domínio da frequência para um sinal DVB-H OFDM a 8MHz [Adaptado da Ref. 23].

Para outras bandas de frequências, um simples redimensionamento dos parâmetros, irá originar um aumento do comprimento do símbolo. De notar que o número de portadoras activas é menor do que o proposto pela FFT.

À semelhança do DVB-T, este facto deve-se à existência da banda de guarda, com amplitude zero, existente nas portadoras. A tabela 4 apresenta os comprimentos dos símbolos OFDM no domínio do tempo, com e sem intervalos de guarda. Vale a pena referir que, com um período de guarda mais longo e usando modo 4K, podem construir-se redes SFN com cerca de 33 a 35 Km de distância ao transmissor.

A distância máxima é ditada pela demora na transmissão entre o transmissor e os sites, devendo ser menor que o intervalo de guarda.

Parâmetro	Modo 2K				Modo 4K				Modo 8K			
	Parte útil do símbolo T_U	2048 T				4096 T				8192 T		
Parte do Intervalo de guarda Δ/T_U	224 μ s				448 μ s				896 μ s			
Duração do Intervalo de guarda T_g	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
Duração Total do Símbolo $T_s = \Delta + T_U$	512 T	256 T	128 T	64 T	1024 T	512 T	256 T	128 T	2048 T	1024 T	512 T	256 T
	280 μ s	252 μ s	238 μ s	231 μ s	560 μ s	504 μ s	476 μ s	462 μ s	1120 μ s	1008 μ s	952 μ s	924 μ s

Tabela 4: Parâmetros no domínio do tempo para sinais DVB-H OFDM a 8 MHz [Adaptado Ref. 23].

A tabela 5 contém alguns exemplos das capacidades dos *multiplexers* quando sujeitos a esquemas de modulação diferentes e códigos convolucionais com taxas diferentes. Os números apresentados têm como base de análise uma codificação MPE-FEC com uma *eficiência de codificação* de $\frac{3}{4}$.

Modulação	Code Rate	Período de Guarda			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	3.74	4.15	4.39	4.52
	2/3	4.98	5.53	5.86	6.03
	3/4	5.6	6.22	6.59	6.79
	5/6	6.22	6.92	7.32	7.54
	7/8	6.53	7.26	7.69	7.92
16-QAM	1/2	7.46	8.3	8.78	9.05
	2/3	9.95	11.05	11.71	12.07
	3/4	11.2	12.44	13.17	13.58
	5/6	12.44	13.82	14.64	15.08
	7/8	13.07	14.51	15.37	15.83
64-QAM	1/2	11.2	12.44	13.17	13.58
	2/3	14.93	16.59	17.57	18.1
	3/4	16.79	18.66	19.76	20.36
	5/6	18.66	20.74	21.95	22.62
	7/8	19.6	21.77	23.06	23.75

Tabela 5: Ritmo binário (Mb/s) para um sistema não hierárquico de um canal de 8 MHz com MPE-FEC com code rate $\frac{3}{4}$; Full-Multiplex para DVB-H [Adaptado Ref. 23].

Convém referir que o padrão DVB-H permite a utilização de diversas taxas de código MPE-FEC ou a não existência do MPE-FEC. Mais uma vez os valores podem ser obtidos directamente para outras taxas de código e/ou diferentes bandas.

Uma aplicação típica do DVB-H é o serviço de dados sobre IP para terminais móveis como os telefones celulares. A figura 9 mostra um sistema IPDC (Sistema DVB-IP Datacasting) completo com os diversos componentes e elementos que constituem este sistema. O primeiro serviço do sistema é utilizado para produzir as várias *streams* IP (*streams* de vídeo) para a rede.

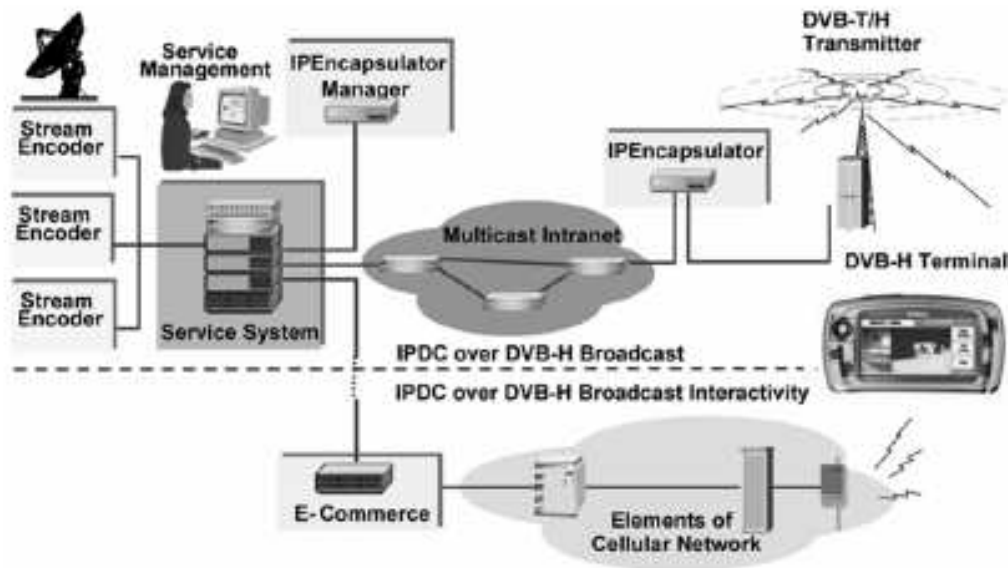


Figura 9: Arquitectura de um Sistema IPDC Típico [Ref. 23].

Em seguida, são distribuídos através da intranet para os IPs *multicast* encapsulados, os quais irão emitir o TS (Time Slot) DVB-H com o *time slicing* e MPE-FEC incluídos.

Este TS é então distribuído para os emissores DVB-T/H da rede de radiodifusão. O sistema IP *Datacast* (IPDC) pode incluir outras funções através de redes celulares como o GPRS ou UMTS.

2.5.5.1 - Redes DVB-H Dedicadas

Quando um *multiplexer* completo pode ser reservado para o DVB-H, a liberdade de planeamento é aumentada. Se necessário, é possível seleccionar o modo 4k ou *in-depth interleavers* introduzidos na última norma do *padrão* DVB-T para o DVB-H.

Uma rede DVB-H dedicada encontra-se representada na figura 10.

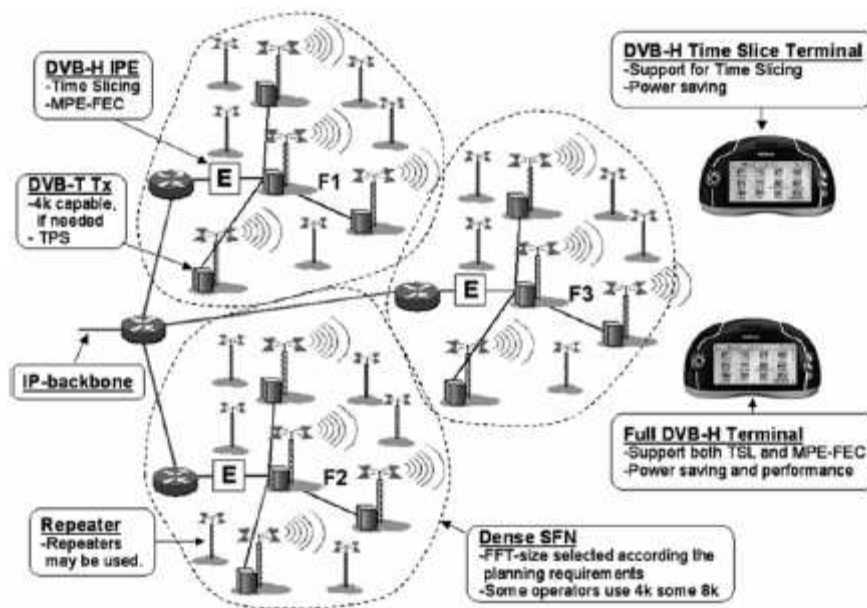


Figura 10: Arquitectura de uma Rede DVB-H Dedicada [Ref. 23].

Uma rede típica DVB-H é composta por diferentes áreas SFN, cada uma usando a sua própria frequência de alocação. O tamanho máximo de uma área SFN depende do tamanho da FFT utilizada, do intervalo guarda, da morfologia do terreno, mas geralmente pode ser da ordem das dezenas de quilómetros.

Cada área SFN tem, provavelmente, vários emissores de GPS sincronizados e suportados por um determinado número de repetidores para cobrir alguns pequenos buracos de cobertura. Como no terreno é requerido um nível de sinal DVB-H bastante elevado e sendo o valor de potência da interferência total limitado pelo plano de coordenadas, o número de emissores sincronizados deve ser maior. A potência de transmissão e as alturas das antenas receptoras devem ser menores que no caso das redes tradicionais DVB-T.

A rede pode ser denominada de SFN densa. É óbvio que o custo da rede convencional é maior do que o da rede DVB-T, mas também o número de serviços multiplexados é dez vezes maior.

2.5.6 – DVB-SH

A norma DVB desenvolveu também uma especificação para o DVB-SH, introduzindo a possibilidade de se terem comunicações de televisão móvel na banda S abaixo dos 3GHz.

O DVB-SH foi planeado de maneira a poder permitir transmissões de vídeo, áudio e serviços de dados em veículos e dispositivos portáteis.

A característica fundamental do DVB-SH é o facto ser um sistema híbrido satélite/terrestre, sendo utilizado um satélite para alcançar a cobertura de grandes regiões ou até mesmo um país inteiro. Em áreas onde a recepção directa do sinal via satélite não é possível, é utilizada uma plataforma terrestre de maneira a poder fornecer cobertura a essas áreas, sendo neste caso, normalmente utilizados, repetidores de sinal.

O sistema DVB-SH foi projectado para operar na banda de frequências abaixo de 3GHz, sendo, normalmente utilizado em torno dos 2.2GHz. Este sistema e as suas formas de onda foram designados como um padrão pelo ETSI (*European Telecommunications Padrões Institute*), tendo sido realizadas as seguintes publicações: TS 102 584, TS 102 585 e EN 302 583.

O sistema de transmissão DVB-SH tem como principais características:

- cobertura contínua entre o SC (*Satellite Component*) e o CGC (*Complementary Ground Component*).
- Garantir todas as condições de recepção aos terminais portáteis e móveis, quer em ambientes indoor/outdoor, quer em ambientes urbanos, suburbanos, rurais em mobilidade ou em condições estáticas.
- Implementação de sistemas de poupança de energia, tais como a poupança de energia de maneira a aumentar a durabilidade das baterias dos terminais
- Inserção dos serviços de radiodifusão no CGC.

- Utilização de diferentes tipos de redes de distribuição de alimentação para os repetidores CGC, como é o caso dos sistemas de satélite (DVB-S/S2) e dos sistemas terrestres de fibra óptica, *Wireless Local Loop*, *xDSL*, etc.
- Oferta de serviços interactivos e de inter-funcionamento com os sistemas móveis existentes [Ref. 24].

2.5.6.1– Arquitectura DVB-SH

A modulação terrestre do DVB-H e DVB-T é o OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). O DVB-SH, além do OFDM utiliza também o TDM (*Time Division Multiplex*), surgindo assim, duas arquitecturas diferentes, o SH-A e o SH-B. O SH-A utiliza o OFDM quer do lado do satélite quer na ligação terrestre, ao passo que o SH-B utiliza o TDM na ligação por satélite e OFDM na ligação terrestre.

A Banda-S é muito exigente em termos de cobertura de sinal, sendo o seu comprimento de onda curto (cerca de 13 centímetros), o que nos leva a ter uma vasta densidade de repetidores terrestres, de maneira a garantir-se um bom nível de cobertura nas vilas e cidades. O custo de uma rede DVB-SH pode ser reduzido se o valor de SNR (*Signal Noise Ratio*) necessário para a recepção for baixo. Quando o DVB-SH se encontra a sobrecarregar a Banda-S, devido à sua frequência ser alta, é utilizada uma selecção de ferramentas que permitem aumentar a robustez do sinal. Além disso, o DVB-SH utiliza um canal altamente flexível (*interleaver*), o qual oferece diversidade no tempo, com o valor de cerca de cem milésimos de segundo, dependendo do nível de serviço e capacidades correspondentes da classe do terminal.

A combinação entre a cobertura do satélite e a cobertura terrestre permite oferecer uma cobertura nacional complementar para os terminais que tenham os modos TDM e OFDM, o modo de HAS, uma combinação de SH e DVB-H, ou simplesmente, o modo OFDM do DVB-SH que opera no SFN. O ponto forte para a implantação do DVB-SH será a interface com o DVB existente e os serviços baseados sobre ele.

A figura 11 representa a arquitetura DVB-SH.

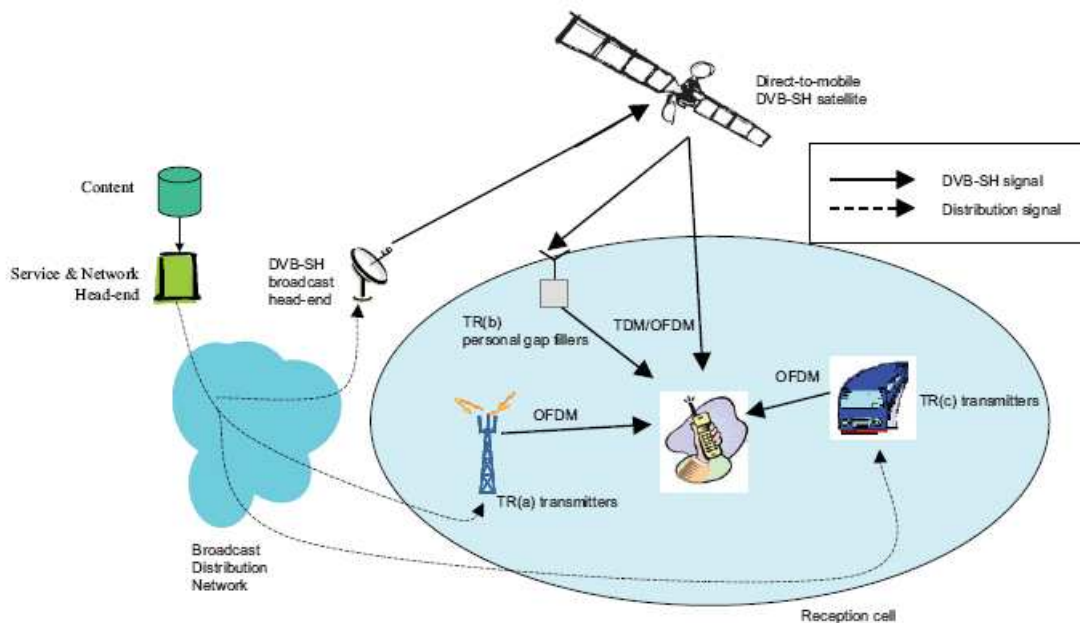


Figura 11: Arquitetura DVB-SH [Ref. 24].

A figura 12 descreve o sistema de transmissão, podendo ser observadas as duas possibilidades de modulação para o caminho do satélite: modo OFDM baseado no padrão DVB-T e o modo de TDM, parcialmente derivado da estrutura DVB-S2.

O processo a seguir, composto por uma parte comum a ambos os modos, e partes dedicadas a cada modalidade, será aplicado para o fluxo de entrada.

Em ambos os modos iremos ter:

- modo de adaptação: CRC-16 e inserção do encapsulamento da *trama* no cabeçalho.
- adaptação da *stream*: preenchimento e codificação do encapsulamento da *trama*.
- codificação FEC usado no 3GPP2 .
- *Bit interleaving* aplicado num bloco de FEC. Este último é, entretanto, encurtado para dar comprimento à estrutura do quadro de modulação OFDM e TDM.
- Tempo de *interleaving* convolucional e enquadramento.

Modo TDM:

- mapeamento de bits para a constelação.
- TDM para enquadramento da camada física.
- inserção bits piloto e de *scrambling*.
- modulação em quadratura

Modo OFDM:

- símbolos em *interleaver*.
- mapeamento de bits para a constelação.
- bits piloto com OFDM e inserção de TPS

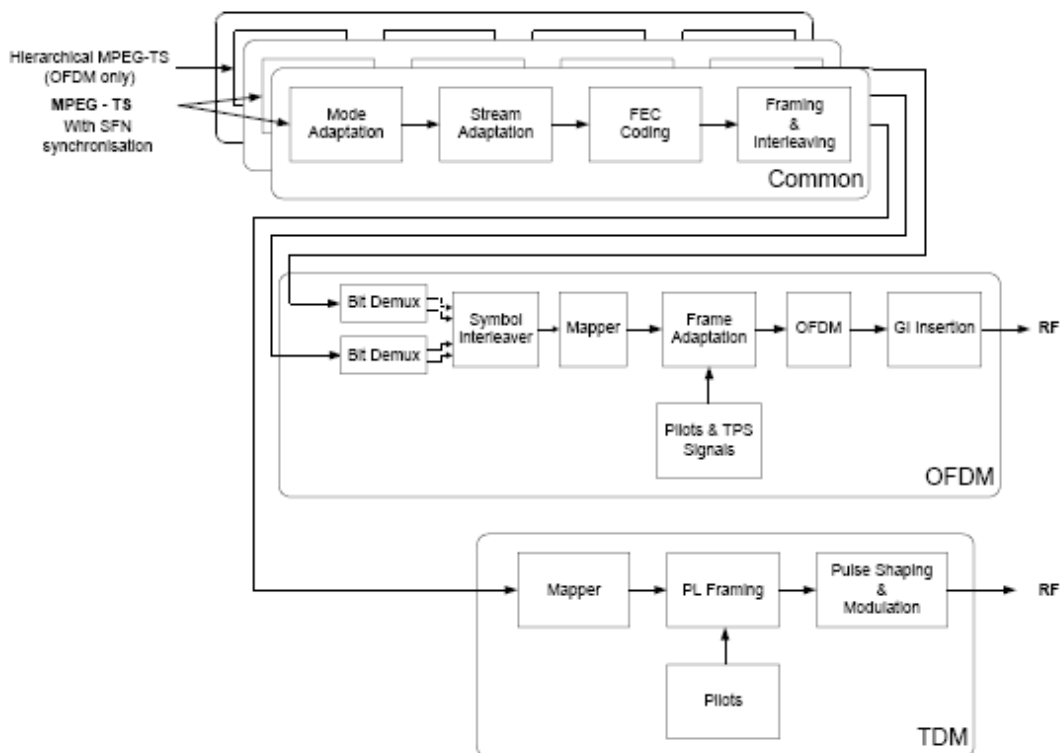


Figura 12: Diagrama de blocos de um emissor DVB-SH para os modos TDM e OFDM [Ref. 25]

Um sistema típico DVB SH encontra-se representado na figura 12, sendo este baseado numa arquitectura híbrida, a qual combina um SC, e, se necessário, uma CGC consistindo em transmissores terrestres alimentados por uma rede de distribuição de vários tipos de transmissão (satélite [DVB-S/S2] terrestre [fibra, xDSL, etc]).

Podemos encontrar três tipos de retransmissores terrestres numa arquitectura DVB-SH, são eles:

- TR (a) são infra-estruturas de emissores que complementam a recepção em áreas onde a recepção de satélite é difícil, especialmente em áreas urbanas.
- TR (b) são *gap-fillers* de cobertura limitada, fornecendo no local uma retransmissão em alta frequência e / ou com conversão de frequência; aplicação típica será a cobertura *indoor*, localmente, repetindo o sinal do satélite disponível no exterior.
- TR (c) são transmissores de infra-estruturas de transmissão móvel, ou seja, são "infra-estruturas complementares em movimento" existentes em plataformas móveis (carros, comboios, autocarros).

2.5.6.2 – Capacidade DVB-SH

O sistema DVB-SH oferece um meio eficiente e flexível de execução de serviços de radiodifusão por satélite ao longo de um híbrido, ao mesmo tempo que explora uma infra-estrutura terrestre na banda de frequências abaixo dos 3 GHz.

Os serviços de radiodifusão compreendem serviços de *streaming*, como é o caso dos programas de televisão e rádio, permitindo também serviços de *downloads*, como por exemplo, os serviços de *Personal Video Recorder*.

O DVB-SH pode fornecer uma capacidade teórica total de 5 MHz (típica) de largura de banda de satélite.

2.5.6.3 – Planeamento e Optimização da rede

Sendo o DVB-SH um sistema híbrido com uma componente de satélite e outra terrestre, o plano de frequências para o DVB-SH é tipicamente mais complexa do que para um sistema terrestre puro ou um sistema de satélites puro. Na verdade, devido à grande cobertura geográfica fornecida pelo satélite e a eventual segmentação do

mercado linguístico, a televisão *multibeam* via satélite, pode ser utilizada em determinadas áreas (ex:Europa).

A utilização de um satélite *multibeam* em diferentes áreas linguísticas, com a utilização de uma banda larga para a difusão do sinal é muito exigente, sendo por isso necessário proceder a uma segmentação do espectro de frequências DVB-SH m *downlink*. Se o número de *beams* for suficientemente grande (maior que três) a reutilização de frequências entre os feixes do satélite pode ser realizada. A solução *multibeam* traz as seguintes vantagens:

- maior ganho de antena do satélite, o que implica um valor maior de C/N do ponto de vista do utilizador, para a mesma potência de RF em órbita. Quanto maior for o valor de C/N no receptor, maior será a eficiência espectral e/ou a margem de ligação
- a reutilização de frequência entre *beams* não adjacentes da mesma componente de satélite (independentemente da existência da componente terrestre)
- reutilização de frequências entre a componente de satélite e a componente terrestre.

A mesma sub-banda de frequências pode ser reutilizada apenas por *beams* não adjacentes com um padrão de reutilização que depende apenas do tipo da antena. Foram definidas três cores (azul, verde e vermelho) para identificação da reutilização de frequências, conseguindo-se assim uma melhor visualização do planeamento de frequências e, em consequência, eliminar a interferência entre *beams* adjacentes. Sendo assim, divide-se todo o espectro disponível em 3 sub-bandas de frequências, as quais se denominam de FA, FB e FC. Deve, no entanto, ter-se em conta que, no pior dos casos, serão necessárias pelo menos quatro cores para identificação de quatro frequências para reutilização.

A figura 13 mostra-nos a diferença entre um planeamento de frequências de satélite de *beam* único ou *multibeam*.

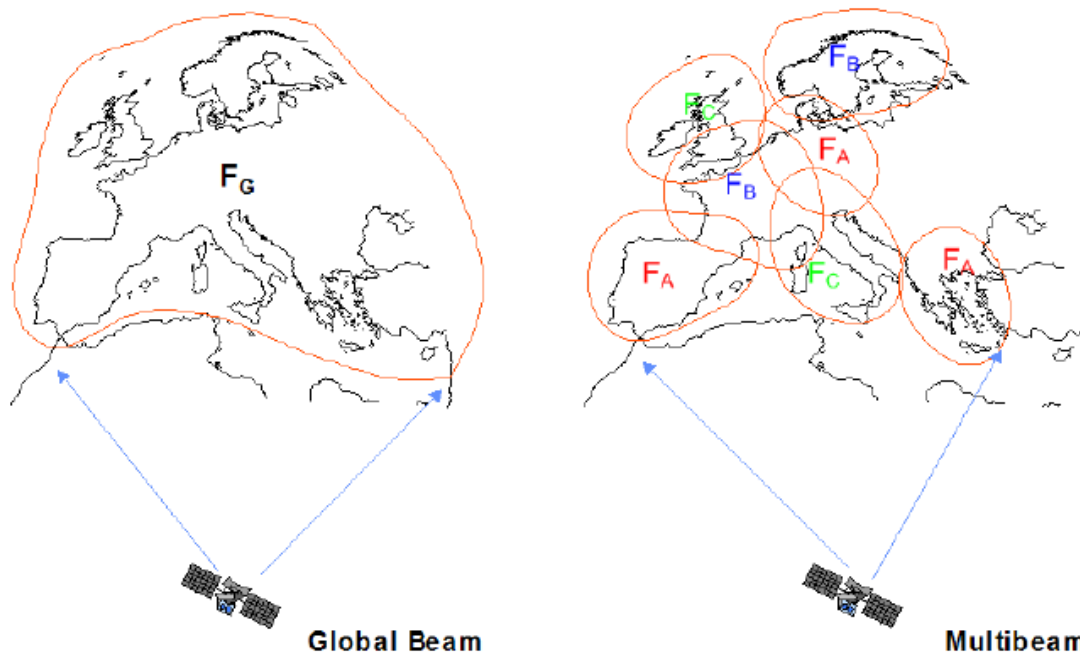


Figura 13: Exemplo de configurações de sistemas de satélite com um único *beam* e *multibeam* [Ref. 26].

A desvantagem aparente devido à segmentação do espectro do satélite é compensada pelo facto de o sinal do satélite poder ser concentrado numa determinada área com um cenário *multibeam*. Além disso, o cenário de um *beam* global iria exigir uma multiplexagem da transmissão de maneira a permitir uma cobertura global, nas áreas onde a recepção do sinal não é necessário (ex: zonas sem população, espaços abertos).

2.5.6.4 - Espectro rádio DVB-SH

O espectro de frequências DVB-SH é regulado a nível internacional por um tratado vinculativo denominado de *Radio Regulations*. Este tratado baseia-se em dois pressupostos: atribuição de frequências e procedimentos de regulamentação para acesso ao espectro e aos recursos do satélite. Todos os regulamentos nacionais ou internacionais referentes ao espectro de rádio DVB-SH deverão ser definidos tendo em conta os princípios do tratado.

A nível internacional, a banda de 2170 MHz a 2200 MHz está reservada para serviços de comunicações fixas, móveis e móveis por satélite, isto significa que do ponto de vista regulatório, os três serviços têm a mesma prioridade. No entanto, as aplicações fornecidas por estes serviços não têm que ser necessariamente compatíveis do ponto de vista técnico, ou seja, podem usar a mesma banda, sem interferir entre si. De referir que existem diversos estudos que comprovam que as aplicações móveis terrestres e as aplicações móveis por satélite não são compatíveis se funcionarem de forma independente na mesma área geográfica. Nestas bandas, os satélites geostacionários e não-geostacionários estão em pé de igualdade no que diz respeito ao acesso do espectro, sendo estabelecidas as ligações segundo o método "primeiro a chegar, primeiro a ser servido" (*"first come, first served"*).

A banda de 2310 MHz a 2360 MHz está reservada para serviços de radiodifusão sonora por satélite em apenas três países: Índia, México e E.U.A., sendo utilizada apenas nos E.U.A, actualmente. Mais especificamente, apenas 25 MHz estão disponíveis nos E.U.A. para tal serviço (2 320 MHz a 2 345 MHz).

A banda de 2500 MHz a 2690 MHz inclui verbas para vários serviços de satélite de particular interesse para a introdução dos serviços DVB-SH (2500 MHz a 2520 MHz para comunicações em *downlink* e 2670 MHz a 2690 MHz para comunicações em *uplink*).

2.5.6.5 - Previsões futuras

O sistema DVB-SH, as suas especificações e orientações foram publicados formalmente como normas pelo ETSI. Uma vez que o DVB-SH ainda não está totalmente definido e implementado, prossegue o trabalho dentro do Projecto Técnico do Módulo DVB em itens como desempenho, a validação através de testes de laboratório e de campo e a validação de interfaces com DVB-IPDC.

Novos serviços como TV móvel baseada em DVB-H/DVB-SH e serviços de IPTV baseados em especificações do DVB encontram-se ainda em desenvolvimento. No entanto, há indicações de que estes também irão beneficiar da estabilidade e flexibilidade que advém de todos os padrões DVB.

2.6 – Referências

- [7] - Open Mobile Alliance, “*Service Guide for Mobile Broadcast Services*”, OMA-TS-BCAST_ServiceGuide-V1_0, 3 de Janeiro de 2008
- [8] - <http://tecmovel.blogspot.com/2008/02/novas-tecnologias-de-transmisso-de.html>, 1 de Fevereiro 2008
- [9] - [As gerações dos telemóveis - PocketPT_net.htm](#), 6 de Junho 2009
- [10] - http://w3.ualg.pt/~bamine/AP_UMTS1-20605-22317.ppt#307,13,UMTS - Arquitectura da Rede, Outubro 2009
- [11] - Engº Nuno Cota, “*Acetatos de UMTS*”, Redes de Comunicações Móveis - ISEL
- [12] - E. Dahlman, H. Ekstrom, A. Furuskar, Y. Jading, J. Karlsson, M. Lundevall, and S. Parkvall, “*The 3G long-term evolution—Radio interface concepts and performance evaluation*,” in Vehicular Technology Conference, May 2006, pp. 137–141.
- [13] - <http://www.redes.xl.pt/100/500.shtml> Redes nº 100 - Abril/Junho de 2004
- [14] - http://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/umts/hspa.html
- [15] - IEEE STD 802.16 – 2004, “*Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*”, October 2004.
- [16] - IEEE P802.16e/D12, “*Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems*”, February 2005.
- [17] - Hassan Yagoobi, “*Scalable OFDMA Physical Layer in IEEE 802.16 Wireless MAN*”, Intel Technology Journal, Vol 08, August 2004.
- [18] - Stefania Sesia, Issam Toufik e Matthew Baker, “*LTE – The UMTS Long Term Evolution, From Theory to Practice*”, 2009 John Wiley & Sons, Ltd, ISBN: 978-0-470-69716-0
- [19] - http://searchmobilecomputing.techtarget.com/sDefinition/,sid40_gci331586,00.html, Maio 2007
- [20] - [TV Broadcast Systems.htm](#)
- [21] - http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2006_2007/MEEC/Trab_22/website_cav/svbs.htm
- [22] - <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-C>, 13 Março 2010
- [23] - Gerard Fariam Jukka A. Henriksson, Erik Stare and Pekka Talmola, “*DVB_H: Digital Broadcast Service to Handheld Dispositivos*”, 12 Julho 2005
- [24] - ETSI TS 102 584 v1.1.1, “*Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-SH Implementation Guidelines*”, December 2008
- [25] - DVB-SH-Fact-Sheet.0709.pdf, Julho 2009

[26] - ETSI EN 302 583 v1.1.1, "*Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite services to Handheld dispositivos (SH) below 3 GHz*", March 2008

CAPÍTULO 3

ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DAS TECNOLOGIAS

3.1 - Arquitectura

As arquitecturas dos dois sistemas em análise já foram descritas previamente nas secções 2.2.1 e 2.5.6.1, pelo que nesta secção só será realizada a comparação entre as mesmas ao nível dos elementos que as constituem.

O objectivo da conjugação dos sistemas UMTS e DVB-SH visa a redução de custos de implementação do sistema, sendo assim, a arquitectura resultante será uma partilha da arquitectura UMTS existente com a componente terrestre do DVB-SH. A intenção é partilhar não somente as antenas, mas também o core do UMTS, sendo somente

necessário adaptar a componente terrestre do DVB-SH. Como o DVB-SH é um sistema híbrido com duas componentes (terrestre e satélite), na componente do satélite não será necessário proceder-se a nenhuma alteração.

Para que na componente terrestre os dois sistemas possam coexistir, é necessário adaptar-se a arquitectura UMTS existente, de maneira a podermos ter também a componente do DVB-SH. Sendo assim obtém-se a seguinte arquitectura que contempla os dois sistemas de telecomunicações:

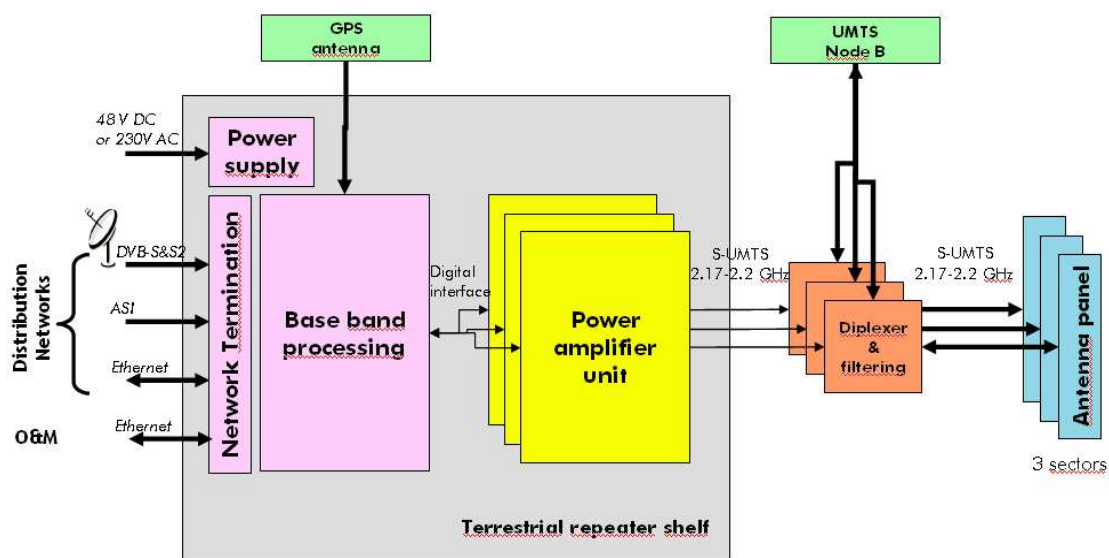


Figura 14: Arquitectura resultante da combinação UMTS e DVB-SH [Ref. 27].

Como se pode verificar na figura 14, é necessário acrescentar-se ao nó B do UMTS existente a componente terrestre do DVB-SH, onde iremos ter uma interface digital que irá ligar ao amplificador de potência aos processadores, o qual irá por sua vez à antena de GPS, à alimentação e aos terminais de rede.

3.2 - Modelos de propagação

Os modelos de propagação dividem-se, basicamente, em modelos empíricos e determinísticos. Embora o cálculo também possa ser efectuado utilizando as equações de *Maxwell*, tal abordagem seria matematicamente bastante complexa.

Os modelos determinísticos são dependentes das informações a respeito do ambiente em questão, como o tipo de material, os obstáculos, o posicionamento, etc. Pela sua abrangência, por um lado, permitem considerar todos os aspectos envolvidos, por outro lado, precisam de ser redefinidos para cada ambiente. Os modelos determinísticos oferecem maior precisão que os empíricos, no entanto, têm um maior cálculo computacional. Os modelos determinísticos baseiam-se em previsões teóricas, as quais são obtidas com base em técnicas de traçado de raios que consideram fenómenos de propagação definidos pela UTD (*Uniform Theory of Diffraction*), tais como a difracção e reflexão.

Os modelos empíricos de propagação são baseados em medições feitas nos ambientes em questão, e, a partir destes dados, são efectuadas medições e ajustes no modelo de atenuação no espaço livre, o qual é definido pela equação de *Friis*. Sendo assim, estes modelos descrevem a propagação em espaço livre e são estatisticamente ajustados para os dados recolhidos no local em estudo (obtidos a partir de experiências e medidas). Este tipo de modelos são fáceis de utilizar, conseguindo-se assim previsões de valores sem recurso a grande processamento computacional, podendo modelar-se fenómenos de propagação que não variam muito em relação à propagação em linha de vista.

A grande evolução e divulgação das redes sem fio está a possibilitar diversos serviços, os quais visam permitir uma maior mobilidade aos utilizadores. Porém, actualmente, existe uma grande dificuldade em projectar redes sem fios, devido às dificuldades de previsão da sua cobertura.

3.2.1 - Modelos Empíricos

Os modelos empíricos baseiam-se em fórmulas simples e relativamente fáceis de aplicar, podendo os parâmetros utilizados ser ajustados através da realização de medidas no local, onde se pretende aplicar o modelo.

Estes modelos apresentam como vantagem principal, a baixa complexidade de cálculo, podendo-se assim obter resultados de uma forma mais rápida e simples. Os modelos empíricos não têm em conta a teoria de propagação de ondas electromagnéticas.

A principal desvantagem dos modelos empíricos prende-se com a necessidade de existir um estudo e uma caracterização prévios do local onde se pretende aplicar o modelo, de maneira a poder-se adequar os parâmetros do modelo. Uma vez feito o estudo do local, podem realizar-se simulações com vista a obter previsões do nível de sinal em cada ponto da área a analisar. É ainda de referir, que existem modelos empíricos que não necessitam de qualquer conhecimento prévio do local, baseando-se somente em parâmetros típicos recomendados.

O modelo de *Keenan-Motley* [Ref. 28] considera que a atenuação entre a antena transmissora e a antena receptora é causada, também, por perdas de sinal ao atravessar as paredes e pisos, o que pode variar dependendo do tipo de material utilizado na sua construção e da frequência utilizada. Desta forma, diferente do modelo *COST231 One-Slope* [Ref. 29], o modelo de *Keenan-Motley* considera a atenuação em cada parede que se encontra no percurso do sinal.

Esta característica deste modelo introduz um factor de correcção na equação do modelo *One-Slope*, conforme se pode verificar na equação 2. Assim, a atenuação no percurso, para este modelo, pode ser calculada através do somatório das atenuações causadas por cada parede e piso entre o receptor e o emissor somada à atenuação decorrente da distância [Ref. 29].

$$S[dB] = G_a + P_r - \left[20 \log_{10} (4\pi / 300) + 20 \log_{10} f + 10n \log_{10} d + \sum_{i=1}^N k_{wi} A_{wi} [dB] + \sum_{j=1}^N k_{pj} A_{pj} \right] \quad (2)$$

Onde:

S – Atenuação, em dB

G_a – Ganho da antena, em dBi

P_r – Potência recebida, em dBm

f – frequência, em MHz

n – número de paredes e/ou pisos

d – distância, em Km

O modelo da ITU-R [Ref. 30] é utilizado para predições de propagação em frequências entre 900MHz e 100GHz. Este modelo não considera as perdas nas paredes, apenas em pisos, somados a um factor de correcção, o qual é calculado através da equação 3.

$$S[dB] = G_a + P_r - \left[20 \log_{10} f + n \log_{10} d + A_f(p) - 28 \right] \quad (3)$$

Onde:

S – Atenuação, em dB

G_a – Ganho da antena, em dBi

P_r – Potência recebida, em dBm

f – frequência, em MHz

n – número de pisos

d – distância, em Km

$A_f(p)$ – factor correctivo

3.2.2 - Modelos Determinísticos

Os modelos determinísticos tentam explicar a propagação dos sinais RF do ponto de vista electromagnético, sendo assim, este tipo de modelos têm em conta a teoria da propagação de ondas electromagnéticas. Estes modelos consideram os fenómenos da reflexão, difracção e dispersão, utilizando um conjunto de técnicas de *ray-tracing* e *ray-launching*.

A técnica de lançamento de raios (*Ray-Tracing*) é baseada em óptica geométrica para simular os efeitos da reflexão, difracção e espalhamento da onda emitida por um rádio-transmissor. Esta técnica consiste basicamente num número predeterminado de raios emitidos da antena transmissora numa determinada direcção específica. Cada raio transmitido e reflectido é analisado até uma nova intersecção com outro obstáculo. A sequência é repetida até que a amplitude do raio transmitido esteja abaixo de um valor limiar predefinido, ou que, após um certo número de interacções, o mesmo não atinja o receptor. Desta maneira a potência recebida será dada pela soma das potências dos raios recebidos por vários percursos dos raios traçados.

O modelo do traçado de raios deve ser usado em conjunto com outras técnicas que possibilitem a optimização de processamento, pois ele pode tornar-se muito pesado computacionalmente.

Estes modelos apresentam como desvantagens a complexidade de cálculo e exigência de processamento do número necessário de iterações para se efectuar a previsão de cobertura em cada ponto.

Existem modelos que utilizam técnicas estatísticas para optimizar processamento do método do traçado de raios, pois o padrão e o comprimento dos raios são relacionados com os parâmetros estatísticos de características específicas de ambientes fechados, como a geometria plana do chão.

A técnica do *ray-tracing* divide-se em dois tipos, o *image method* e o "*brute force*" *ray-tracing method*. O *image method* é o mais apropriado para a análise de propagação do sinal quando este está associado a geometrias de baixa complexidade e com um

número reduzido de reflexões. O método “*brute force*” considera o “lançamento” de um conjunto de raios a partir do local de emissão que podem ou não alcançar o receptor. Para cada ponto da área a analisar serão contabilizados os raios, sendo depois calculado, a partir deste resultado, o nível de sinal existente.

Os modelos de propagação podem ser empregues para prever qual o comportamento dentro de um ambiente de propagação utilizando ferramentas computacionais que levem em consideração a disposição dos móveis, as dimensões e os materiais utilizados. Essas ferramentas são bastante úteis, pois podem ajudar na localização dos pontos de acesso para reduzir os efeitos de atenuação ocasionados principalmente por multipercursos.

3.2.3 – Modelo de Propagação Utilizado

Uma vez que não existe um modelo de propagação genérico para os diferentes tipos de ambientes, frequências e parâmetros, na maior parte das vezes opta-se por se utilizar um modelo híbrido, o qual irá contemplar quer as características dos modelos empíricos quer dos modelos teóricos. Os modelos híbridos apresentam, pois, uma maior flexibilidade que os descritos anteriormente, podendo ser definidos e calibrados com o recurso a medidas reais, para os ambientes de propagação desejados, onde se irá aplicar a rede a planear.

Considerando ser determinante a minimização do erro de estimação do sinal previsto, o modelo de propagação irá ter duas fases de calibração, uma durante o cálculo do sinal previsto e a outra durante as medidas realizadas com todo o sistema a funcionar.

Como em todo o tipo de modelos de propagação, temos que não esquecer a classificação do ambiente em questão que, segundo a densidade populacional, será dividido em três categorias:

- Urbano (grandes cidades)
- Suburbano (arredores de grandes cidades e vilas)
- Rural (aldeias e campos abertos)

Por outro lado, é preciso contar também com a morfologia do terreno, a qual pode ser classificada através dos seguintes parâmetros:

- Ondulação do terreno
- Densidade da vegetação
- Densidade e altura dos edifícios
- Existência de áreas abertas
- Existência de superfícies aquáticas [Ref. 31]

A existência de edifícios irá provocar um elevado número de raios reflectidos, dando assim origem ao desvanecimento e a zonas de sombra, onde os valores do sinal recebido cairão abruptamente dando origem a uma grande atenuação. Tanto a atenuação como o desvanecimento variam consoante os materiais utilizados na construção dos edifícios. Temos ainda que levar em linha de conta o fenómeno da propagação guiada, originado pelo facto de termos ruas de diferentes formas, estreitas, circulares, radiais, etc. Também a proximidade dos edifícios irá influenciar a propagação do sinal, podendo mesmo, dar origem a erros aquando da aplicação dos modelos de propagação.

Dadas as condicionantes referidas, torna-se difícil a escolha do modelo de propagação com base em medidas, o que nos leva a algumas diferenças entre os sinais previstos teoricamente e os sinais obtidos.

Para as redes acima dos 3.5 GHz são utilizados os modelos de propagação de *Okumura-Hata*, *Ikegami-Walfisch* e o de *Erceg*. No âmbito desta tese foi escolhido o modelo de *Okumura-Hata* por ser o de mais fácil implementação, note-se que este modelo tem que ser adaptado para o meio ambiente em questão e para as frequências piloto dos dois sistemas em análise.

O modelo empírico de *Okumura-Hata* que serve hoje de aplicação foi desenvolvido em 1968 para medidas na banda de 150 a 2000 MHz. No início, os resultados das medidas foram apresentados em forma de curvas (estudo feito por *Okumura*), só em 1980, é que *Hata* estabeleceu as expressões de aproximação às curvas apresentadas por *Okumura*.

Entre 1962 e 1965, foram realizados inúmeros testes para diferentes antenas, em ambientes diferentes e para várias bandas de frequências, de maneira a poderem identificar-se os factores que influenciam a propagação do sinal rádio. Após vários testes, chegou-se às seguintes expressões, para as quais o modelo *Okumura-Hata* é válido [Ref. 32].

$$\begin{aligned}
 150\text{MHz} &\leq f \leq 1500\text{MHz} & (4) \\
 30\text{m} &\leq h_b \leq 200\text{m} \\
 1\text{m} &\leq h_m \leq 10\text{m} \\
 1\text{km} &\leq d \leq 20\text{km}
 \end{aligned}$$

Onde f representa a frequência para a qual o modelo foi desenvolvido, h_b representa a altura da antena da estação base, h_m representa a altura a que se encontra a antena do terminal móvel e d a distância entre as duas antenas.

Este modelo requer uma adaptação para os diferentes tipos de ambientes, uma vez que a topologia e morfologia do terreno varia. Sendo assim, para ambientes tipicamente urbanos tem que se ter em conta que os edifícios não têm todos as mesmas estruturas, dimensões e andares, por outro lado, podemos ter ruas direitas, curvilíneas, praças, becos, etc. Então, a expressão a utilizar para o caso de ambientes urbanos é a que se encontra descrita na equação 5 [Ref. 32]:

$$\begin{aligned}
 \bar{P}L_{Urban} &= 69.55 + 26.16 \log_{10} f - 13.82 \log_{10} h_b + (44.9 - 6.55 h_b) \log_{10} d - a(h_m) & (5) \\
 a(h_m) &= (1.11 \log_{10} f - 0.7) h_m - (1.56 \log_{10} f - 0.8)
 \end{aligned}$$

Onde:

$\bar{P}L_{Urban}$: atenuação em ambientes urbanos, em dB

f : frequência utilizada, em MHz

h_b : altura a que se encontra a estação base, em m

d : distância entre a estação base e a estação móvel, em Km

h_m : altura a que se encontra o móvel, em m

$a(h_m)$: atenuação da estação móvel

Para ambientes suburbanos, a adaptação da expressão tem em conta a expressão do modelo para ambientes urbanos, obtendo-se a equação 6 [Ref. 32]:

$$\bar{P}L_{Suburban} = \bar{P}L_{Urban} - 2 \left[\log_{10} \left(\frac{f}{28} \right) \right]^2 - 5.4 \quad (6)$$

Onde:

$\bar{P}L_{Suburban}$: atenuação em ambientes suburbanos, em dB

$\bar{P}L_{Urban}$: atenuação em ambientes urbanos, em dB

f : frequência utilizada, em MHz

Da mesma maneira, também para os ambientes rurais, é necessário adaptar o modelo, sendo a expressão resultante a que se encontra descrita na equação 7 [Ref. 32]:

$$\bar{P}L_{Rural} = \bar{P}L_{Urban} - 4.78 |\log_{10} f|^2 - 18.33 \log_{10} f - 40.98 \quad (7)$$

Onde:

$\bar{P}L_{Rural}$: atenuação em ambientes suburbanos, em dB

$\bar{P}L_{Urban}$: atenuação em ambientes urbanos, em dB

f : frequência utilizada, em MHz

Como inicialmente este modelo foi desenvolvido para frequências até aos 1500 MHz, uma vez que o DVB-SH e as redes 3G operam a frequências superiores, foi necessário proceder à adaptação do modelo de *Okumura-Hata*, de maneira a poder ter-se uma expressão que fosse válida para frequências mais altas. Esta adaptação foi realizada pelo comité europeu do COST, sendo por isso, muitas vezes denominado de modelo COST-231 *Hata*.

A expressão do modelo adaptativo COST-231 Hata para frequências compreendidas entre 1500 e 2000 MHz é a que se encontra representada na equação 8 [Ref. 32]:

$$L(dB) = 46.3 + 33.9 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10} h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10}(d) - K \quad (8)$$

Onde o valor de $a(h_m)$ é calculado através da equação 6 e K é o factor correctivo relacionado com o terreno, o qual pode ter dois valores: 0 dB para o caso de cidades pequenas ou zonas suburbanas e 3 dB para o caso de cidades de grandes dimensões.

Para o UMTS teve-se em conta o modelo de *Okumura-Hata* adaptado para ambientes urbanos, uma vez que a área em análise é referente a uma parte da baixa lisboeta. No caso do DVB-SH foi necessário utilizar o modelo COST-231 *Hata*, uma vez que a frequência utilizada é da banda dos 2GHz.

O modelo de propagação utilizado é semelhante ao utilizado em 2G/3G/Wimax, sendo, no entanto, necessária a sua calibração de maneira a encontrar-se adequado ao sistema e área em questão.

Através de um modo empírico, chega-se à seguinte equação de calibração do modelo de propagação para sistemas que utilizem frequências até 3.5GHz [Ref. 32].

$$PL = K_1 + K_2 \log_{10}(d) + K_3 \log_{10}(H_{Tx_{eff}}) + K_4 \log_{10}(d) \times \log_{10}(H_{Tx_{eff}}) - 3.2(\log_{10}(11.75 H_{Rx_{eff}})) + K_{clutter}(f) \quad (9)$$

Sendo:

$$K_{clutter}(f) = 44.9 \log_{10}(f) - 4.78(\log_{10}(f))^2 \quad (10)$$

Onde:

f : frequência em MHz

$H_{Tx_{eff}}$: altura da antena de transmissão em m

$H_{Rx_{eff}}$: altura da antena de recepção em m

K_1 , K_2 , K_3 e K_4 variam conforme a tabela 6.

Tipo de terreno	K_1	K_2	K_3	K_4
Urbano	36.2	30.2	12.0	0.1
Suburbano	43.2	68.93	12.0	0.1
Rural	45.95	100.6	12.0	0.1

Tabela 6: Valores dos parâmetros correctivos do modelo de propagação utilizado [Ref. 32].

3.3 - Áreas de cobertura

As redes de comunicações móveis são projectadas para disponibilizar cobertura em áreas urbanas e rurais de forma a ser possível aos utilizadores dessas redes terem serviços de voz, dados e vídeo via rádio.

As redes de comunicações móveis baseiam-se na noção de células, ou seja, zonas circulares que se sobrepõem a fim de cobrir uma zona geográfica.

As redes móveis funcionam com base no emissor/receptor central a nível de cada célula. Quanto menor for o raio de uma célula, maior será a banda de transmissão disponível. Assim sendo, nas zonas urbanas densamente povoadas serão utilizadas células com cobertura de centenas de metros, enquanto em zonas rurais as células poderão cobrir vários quilómetros. Numa rede móvel cada célula é cercada por 6 células vizinhas. Esta é a razão pela qual se representa geralmente uma célula por um hexágono. Na figura 15 podemos ver a distribuição de uma rede celular.

(distâncias máximas na ordem de 1 Km), mas uma larga capacidade de tráfego. As micro células são pequenas instalações que fornecem capacidade extra e que preenchem as lacunas/ falhas de cobertura da rede. Estas células podem ser incorporadas em edifícios, postes de iluminação ou outros objectos nas ruas, sendo o impacto visual das antenas minimizado ao serem integradas numa estrutura já existente.

As macro células são as de maior dimensão usadas em espaços mais abrangentes e de mais fácil propagação. A área de cobertura destas células pode chegar até 10 Km, no entanto, no limite da área de cobertura nem todos os serviços disponibilizados pela rede podem ser utilizados. Estas células têm como objectivo permitir uma cobertura contínua, sendo por vezes denominadas de célula chapéu (*umbrella*).

A cobertura prevista (cobertura teórica) e a cobertura real (cobertura com base nas medidas efectuadas) representar-se-ao nas secções 3.5.1 e 3.5.2, respectivamente.

3.4 - Serviços e aplicações

As aplicações definidas para os sistemas 3G são, como já se referiu anteriormente, as aplicações de voz, dados e vídeo.

A voz continua a ser a aplicação com maior tráfego, no entanto, os novos débitos de transmissão de dados levam-nos a que cada vez mais utilizadores recorram a este serviço, uma vez que estamos a falar de ritmos de transmissão muito semelhantes aos disponíveis pelo cabo e ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*).

A aplicação de vídeo é a grande diferença face aos sistemas de comunicações móveis precedentes, sendo por isso uma aplicação ainda em crescimento e com um tráfego menor que o da voz ou dados. O facto de a aplicação de vídeo ser a que ocupa mais recursos da rede, torna-a a mais “robusta”, o que se reflecte na taxação aplicada à

mesma. Este será, provavelmente, o grande obstáculo ao grande crescimento do tráfego de vídeo, uma vez que o seu custo para o utilizador é superior ao dos restantes serviços, torna-se um pouco mais reduzida a sua utilização. No entanto, com o surgimento do vídeo, os utilizadores das redes móveis podem ter acesso a novos serviços:

- TV móvel – o operador da rede móvel redirecciona para o terminal móvel do utilizador um determinado canal de televisão via unicast
- Vídeo on Demand – o operador da rede móvel envia para o terminal móvel do utilizador o filme escolhido pelo utilizador.
- Vídeo conferência – permite aos utilizadores das redes móveis realizarem conferências entre si de vídeo+voz em simultâneo
- Tele-medicina - o operador da rede móvel permite que um médico assistente possa avaliar ou aconselhar o utilizador móvel, que se encontra distante de um centro hospitalar, caso este recorra a este serviço
- Serviços baseados em localização - o operador da rede móvel envia informações meteorológicas, de trânsito, coordenadas, localizações de restaurantes, etc, consoante a área de localização em que o utilizador se encontra.

No caso do DVB-SH, apenas se tem a aplicação vídeo via *broadcast*, sendo que esta aplicação foi desenvolvida quer para os sistemas de transmissão clássicos de TV, os quais operam na banda de UHF e VHF, quer para os sistemas móveis UMTS e WiMAX.

Os serviços DVB-SH são baseados em serviços multimédia IP para terminais móveis. Estes serviços são desenvolvidos com vista às necessidades de cada utilizador ou de um determinado conjunto de utilizadores que partilhem o mesmo terminal. O utilizador pode aceder aos serviços DVB-SH, quer esteja em movimento ou não, sendo assim, os terminais DVB-SH deverão ter uma dimensão adequada para que possam ser portáteis e com baterias com alguma autonomia, devido ao consumo de energia ser considerável.

Os serviços típicos do DVB-SH são:

- TV clássica via broadcast
- Transmissão de conteúdos de áudio ou vídeo personalizado para TV móvel (por exemplo, canais de TV virtual, *pod casts*);
- Entrega de informação, ou seja, toques, imagens, logótipos, etc.
- Vídeo on Demand
- Serviços informativos (por exemplo, notícias), incluindo serviços baseados em localização
- Serviços interactivos, através de um canal de comunicação externa (por exemplo, UMTS)

3.5 - Apresentação e análise de medidas

Nesta secção irão ser descritas as simulações realizadas na ferramenta de planeamento utilizada e as medidas efectuadas através de um drive-test.

Em primeiro lugar irá ser feita uma breve descrição da ferramenta de planeamento utilizada, depois serão apresentados os mapas de cobertura simulados e por fim os mapas de cobertura obtidos com as medidas de campo.

3.5.1 – Ferramenta de Planeamento Utilizada

De maneira a proceder-se a um estudo teórico da previsão das áreas de cobertura e dos níveis de sinal para os dois sistemas em análise, foram efectuados testes de previsões de cobertura e sinal tendo como base uma ferramenta de planeamento.

A ferramenta de planeamento utilizada foi o A9155 v 6.5, também conhecida como Atool, desenvolvida pela *Forsk* para a *Alcatel-Lucent*.

A figura 16 mostra-nos a janela de iniciação da ferramenta de planeamento utilizada.

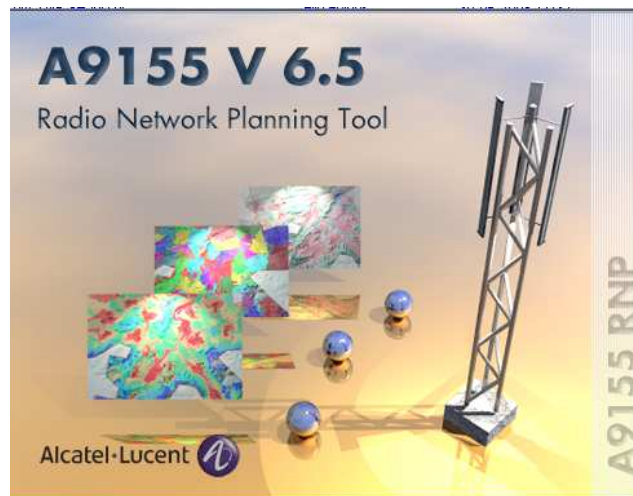


Figura 16: Ferramenta de planeamento utilizada.

O *Atool* é uma ferramenta de desenho, planeamento e optimização escalável que pode ser aplicada a diferentes tecnologias de transmissão rádio, servindo como plataforma para os operadores móveis sem fios, em qualquer fase da vida da rede em questão. Com esta ferramenta o operador móvel pode desenhar e definir a rede inicialmente ou fazer uma reestruturação ou aumento da rede em qualquer instante.

Esta ferramenta é também um sistema aberto de informação técnica que se integra facilmente com outras aplicações IT (Informação Técnica) de maneira a aumentar a produtividade. O *Atool* possui ferramentas de desenvolvimento avançado e interfaces abertas que permitem a sua integração em soluções comerciais disponíveis ou em módulos complementares.

A ferramenta de planeamento foi desenvolvida de maneira a poder ser utilizada para diferentes cenários de propagação. Com ela podemos calcular fácil e rapidamente a distribuição da cobertura de uma ou mais células, verificar quais os níveis de sinal que iremos ter ao longo da área de cobertura das mesmas, assim como o nível da qualidade do sinal. Podemos realizar as previsões de cobertura para uma ou mais tecnologias (GSM, UMTS, DVB-H, LTE e WiMAX), uma vez que o *Atool* contém uma base de dados hierárquica de serviços/tecnologias.

Esta versão da ferramenta de planeamento inclui um AFP (*Automatic Frequency Planning*) e um ACP (*Automatic Cell Planning*), permitindo aos operadores móveis realizarem as alterações pretendidas tendo uma única base de dados, o que poderá

ser bastante vantajoso no caso de o operador móvel ter diferentes tecnologias (por exemplo, GSM/UMTS/LTE).

O *Atool* suporta bases de dados geográficas de multi-formatos e com multi-resoluções, uma vez que contém uma arquitectura de base de dados que prevê a partilha dos dados de diferentes níveis. Contém também uma base de dados cartográficas com vectores/rasters georreferenciada.

Sendo fundado numa base de dados com uma arquitectura orientada para objectos, o *Atool* é uma ferramenta direccionada para o planeamento e optimização de sistemas de rádio. Uma vez que é uma ferramenta bastante robusta e escalável, permite o suporte de projectos de grandes dimensões, sendo bastante *user-friendly* e de fácil administração.

É ainda possível a integração de dados da rede existente no cliente, sendo os mesmos contemplados no novo processo de optimização ou expansão da rede actual. Podem ainda combinar-se os valores obtidos com o simulador com valores obtidos através de medições reais (*ensaios de campo*). O *Atool*, permite também a definição de *KPIs* (*Key Performance Indicators*) de maneira a ser mais fácil extrair/visualizar os resultados.

A base de dados que contém a cartografia tem como dados mapas militares digitais, também conhecidos como *rasters*, nos quais podemos encontrar informação topográfica (elevação do terreno, morfologia do terreno, tipo de terreno). Os elementos constituintes da base de dados cartográfica podem ser exportados/importados para o *MapInfo*, *ArcView* e *Google Earth*.

Os resultados obtidos com este simulador irão ter uma melhor resolução/definição para os valores que se encontrem perto da estação base sobre a qual incidir a previsão dos níveis de sinal. Podemos realizar a simulação por sector/célula, por site ou para um conjunto de sites.

Com o *Atool* podemos calcular os seguintes mapas de cobertura com recurso a simulações:

- E_c/I_0 (qualidade da ligação)
- *Downlink* e *Uplink* E_b/N_t (relação entre a energia de bit e o ruído)
- Áreas de serviço/cobertura
- Número de portadoras
- Áreas de transição (*handover*) de células
- Interferência
- BER (Bit Error Rate)/FER (Forward Error Rate) /BLER (Block Error Rate)

No âmbito de trabalho, apenas serão calculados os mapas de cobertura de cada célula e dos valores do sinal transmitido.

No anexo IV encontra-se uma breve apresentação da ferramenta de planeamento utilizada.

3.5.2 - Planeamento

Quando se inicia o planeamento de uma rede móvel é necessário ter em conta os seguintes requisitos:

- Cobertura Adequada: Deverá ter-se uma cobertura contínua sem “buracos.
- Os valores dos sinais de cobertura *outdoor/indoor* deverão estar de acordo com os requisitos do operador.
- Capacidade de Tráfego: O planeamento deve estar de acordo com o tráfego da *hora de ponta* e com o valor mínimo da probabilidade de bloqueio
- Qualidade de Serviço (QoS): O serviço disponibilizado deve ter o melhor valor possível de QoS (isto é, deve ter o menor número possível de queda de chamadas, de congestão, e o melhor valor possível de tentativas de acesso e qualidade de voz), de maneira a estar de acordo com o plano de marketing do cliente.

- Crescimento da rede: Tem que se ter em conta que o número de assinantes pode mudar e que isso pode implicar um novo desenho da rede e/ou uma expansão da mesma.
- Custos: Quanto mais simples e eficaz for o desenho da rede, maior rentabilidade se pode ter e em consequência, mais lucro.

De uma maneira geral, pode dizer-se que existem três grandes objectivos de planeamento de uma rede móvel, sendo eles: cobertura, qualidade (*uplink/downlink*) e capacidade.

A área de cobertura está directamente relacionada com o nível de sinal recebido, e portanto, o sinal transmitido na interface ar deverá ser suficientemente forte de maneira a poderem cumprir-se os requisitos de cobertura e a ser correctamente descodificado no lado do receptor. O valor do sinal recebido dependerá dos seguintes factores: sensibilidade do receptor (equipamento móvel), valor do ruído gerado no receptor e na interface ar devido a fontes externas.

Dos factores acima referidos, a sensibilidade do receptor será um factor diferenciador entre as duas tecnologias em análise, uma vez que os terminais móveis UMTS e DVB-SH têm sensibilidades diferentes. Sendo assim, a sensibilidade dos receptores irá determinar a variação que o nível de sinal recebido poderá ter, de maneira a garantir-se que este será suficientemente forte para existir uma ligação.

Tanto o UMTS como o DVB-SH são redes complexas, como tal, requerem um planeamento bastante estruturado e definido. O desenho teórico da rede, baseado na ferramenta de planeamento, tem que ser considerado como o modelo a seguir, tendo como objectivo, obter-se, no final, uma rede operacional semelhante à planeada/simulada. É necessário adaptar o planeamento da rede à topografia e topologia da área onde se irá implementar a rede, como tal é necessário proceder à calibração do modelo de propagação na ferramenta de planeamento a utilizar. Um bom planeamento de cobertura realizado na ferramenta adequada e devidamente calibrada poderá poupar muito tempo e dinheiro, sendo por isso muito importante.

Foram realizados testes de previsão de cobertura, de maneira a poderem verificar-se as principais diferenças entre as áreas de cobertura e níveis de sinal das tecnologias

UMTS e DVB-SH. Como tal, delineou-se uma área de estudo, a qual se descreve em seguida.

A área de análise é constituída por uma zona urbana no centro de Lisboa, tendo sido realizado um estudo da previsão de cobertura UMTS e DVB-SH, para o qual foram posteriormente realizados *ensaios de campo* (ver secção 3.5.3), de maneira a poderem comparar-se as duas situações.

Na figura 17 está representado um mapa com a identificação da área sujeita ao estudo, sendo identificada na mesma a localização das estações UMTS e DVB-SH co-localizadas.



Figura 17: Localização dos sites em análise.

A zona em análise encontra-se coberta por 7 sites, estando os mesmos identificados na figura anterior.

Os sites acima representados foram escolhidos por cobrirem uma pequena área denso urbana e pelo facto da estrutura da rede UMTS estar já definida e implementada. Foi apenas necessário proceder a algumas alterações na infra-estrutura do UMTS existente (ver secção 3.1), de maneira a ser possível ter-se a rede DVB-SH operacional com as estações base co-localizadas.

As características dos sites UMTS que foram considerados para análise encontram-se descritas na tabela 7.

Site	Lat	Long	Altura	Tipo de Feeder	Comp. do Feeder	Antena	Ganho Antena	Azimute	Tilt Eléctrico	Tilt Mecânico	Perdas de Feeder
Campo Pequeno FDD 1	38.7434	-9.148926	42.50	7/8	30	K742212	18	12	6	4	1.8450
Campo Pequeno FDD 2	38.7434	-9.148926	42.50	7/8	15	K742212	18	107	7	2	0.9225
Campo Pequeno FDD 3	38.7434	-9.148926	42.50	7/8	15	K742212	18	207	4	4	0.9225
Av Defensores de Chaves FDD 1	38.7393	-9.145880	23.00	7/8	42	K742212	18	132	4	2	2.5830
Av Defensores de Chaves FDD 2	38.7393	-9.145880	24.00	7/8	32	K742212	18	242	4	0	1.9680
Av Defensores de Chaves FDD 3	38.7393	-9.145880	26.00	7/8	22	K742212	18	337	4	2	1.3530
Entrecampos FDD 1	38.7481	-9.146957	31.00	7/8	40	K742212	18	27	4	1	2.4600
Entrecampos FDD 2	38.7481	-9.146957	28.00	7/8	73	K742212	18	167	4	2	4.4895
Entrecampos FDD 3	38.7481	-9.146957	23.00	7/8	70	K742212	18	307	4	2	4.3050
Laranjeiras FDD 1	38.7458	-9.166663	34.00	7/8	30	K742212	18	10	2	3	1.8450
Laranjeiras FDD 2	38.7458	-9.166663	34.00	7/8	30	K742212	18	120	2	4	1.8540
Laranjeiras FDD 3	38.7458	-9.166663	34.00	7/8	40	K742212	18	130	4	2	2.2460
Av Álvaro Pais FDD 1	38.7449	-9.150678	23.00	7/8	40	K742212	18	0	4	2	3.4600
Av Álvaro Pais FDD 2	38.7449	-9.150678	26.00	7/8	40	K742212	18	242	4	1	3.4600
Av República FDD 1	38.7346	-9.145249	42.00	7/8	100	K742212	18	2	7	7	4.6800
Av República FDD 2	38.7346	-9.145249	34.00	7/8	60	K742212	18	125	7	3	3.6900
Av República FDD 3	38.7346	-9.145249	34.00	7/8	60	K742212	18	237	5	4	3.6900
Valbom FDD 1	38.7357	-9.150581	27.00	7/8	27	K742212	18	0	2	4	1.8450
Valbom FDD 2	38.7357	-9.150581	27.00	7/8	27	K742212	18	122	2	0	3.0750
Valbom FDD 3	38.7357	-9.150581	27.00	7/8	27	K742212	18	237	2	2	1.8450

Tabela 7: Características dos sites 3G.

De referir que o sistema de coordenadas apresentado na tabela 7 é o WGS84 Long/Lat para a zona UTM 28N. As unidades das variáveis acima apresentadas, encontram-se em: metros, para a altura das antenas e comprimento do *feeder*; em graus, para o azimute e *tilts* e em dBi para o ganho da antena.

O objectivo pretendido é cobrir 95% da área acima representada, através da partilha de antenas entre as duas tecnologias.

Uma vez que a previsão de cobertura depende do perfil do terreno e do tipo de área, apresenta-se em seguida uma figura com a distribuição das *Clutter Classes*, que representam o tipo de terreno da zona onde irá incidir a análise.

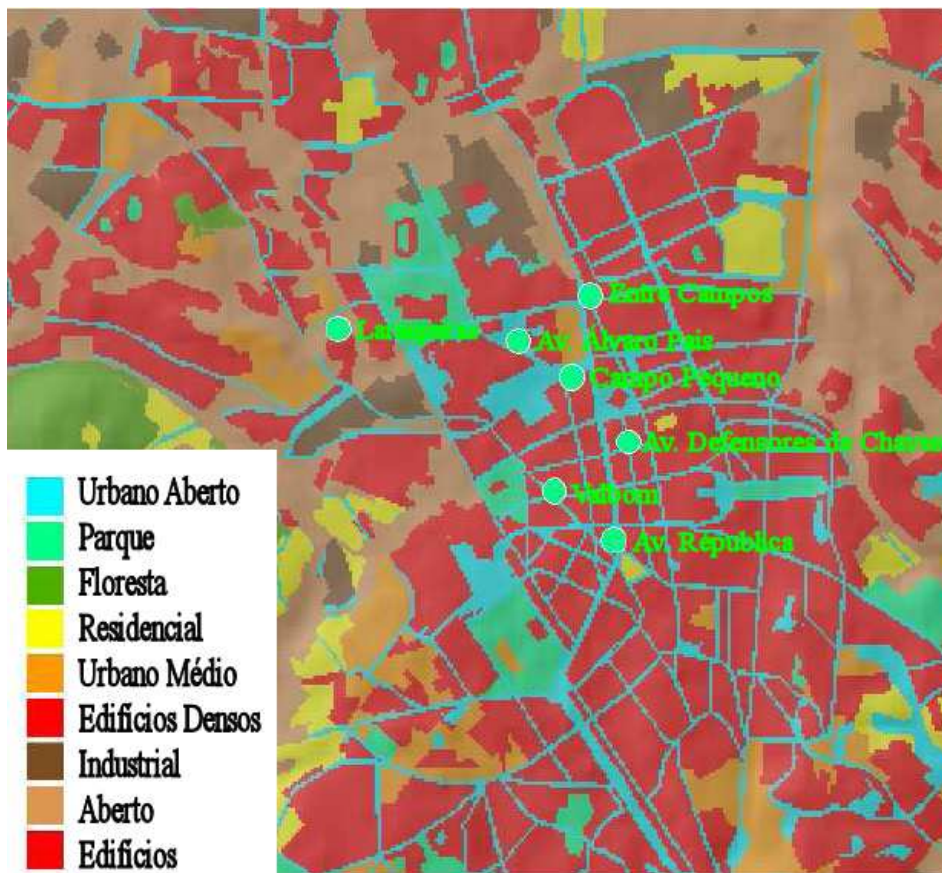


Figura 18: Definição das *Clutter Classes*.

Toda a informação referente ao planeamento de uma rede móvel realizado numa ferramenta de planeamento celular é guardada em diferentes bases de dados, sendo na maior parte dos casos utilizadas três bases de dados fundamentais: do equipamento, do perfil do terreno e do tráfego.

A base de dados do equipamento deverá conter as seguintes informações: tipo e número de antenas, número de estações base (*Node Bs*), diagramas de radiação das antenas e valor das perdas devidas aos *feeders*.

A base de dados do perfil do terreno deverá conter as seguintes informações: elevação do terreno e o tipo de terreno (*clutter classes*), tal como mostra a figura 18.

A base de dados de tráfego contém a informação do tráfego espectável por área, sendo esta informação utilizada para o cálculo do hardware necessário para cada estação base.

No planeamento efectuado no âmbito deste trabalho, foi apenas necessário proceder à actualização da base de dados de terreno, uma vez que não se teve em conta o tráfego estimado (número de utilizadores e perfil dos mesmos) e considerou-se que o equipamento utilizado era o mesmo para as duas tecnologias. O facto de não se ter tido em conta o valor do tráfego deveu-se ao facto de ainda não existirem dados concretos sobre o número de utilizadores de televisão móvel, assim como dos perfis dos utilizadores deste serviço, conforme se pode verificar pelos dados estatísticos apresentados na secção 1.1.

Na tabela 8 encontra-se a configuração do *Atool* para as simulações de cobertura UMTS.

Code	Name	Height (m)	Model standard deviation (dB)	Ec/Io Standard Deviation (dB)	Eb/Nt Standard Deviation DL (dB)	Eb/Nt Standard Deviation UL (dB)	Indoor Loss (dB)	% Pilot Finger	Orthogonality factor
0	unclassified	0	0	7	7	7	0	100	0.6
1	open	0	0	7	7	7	0	100	0.6
2	sea	0	0	7	7	7	0	100	0.6
3	inlandwater	0	0	7	7	7	0	100	0.6
4	residential	0	0	7	7	7	0	100	0.6
5	meanurban	0	0	7	7	7	0	100	0.6
6	denseurban	0	0	7	7	7	0	100	0.6
7	buildings	0	0	7	7	7	0	100	0.6
8	village	0	0	7	7	7	0	100	0.6
9	industrial	0	0	7	7	7	0	100	0.6
10	openinurban	0	0	7	7	7	0	100	0.6
11	forest	0	0	7	7	7	0	100	0.6
12	parks	0	0	7	7	7	0	100	0.6
26	denseurbanhigh	0	0	7	7	7	0	100	0.6
27	blockbuildings	0	0	7	7	7	0	100	0.6
28	denseblockbuild	0	0	7	7	7	0	100	0.6
29	rural	0	0	7	7	7	0	100	0.6

Tabela 8: Configuração dos sites 3G.

O modelo de propagação utilizado para realizar as previsões de cobertura foi o de *Okumura-Hata* (ver secção 3.2.3).

Como potência máxima e mínima de transmissão assume-se, respectivamente, 36 dBm e 33 dBm, uma vez que estes valores são os padrões para redes UMTS em áreas de grande densidade populacional (áreas denso-urbanas).

Após a calibração do modelo de propagação *Okumura-Hata* para o UMTS, foram obtidas as seguintes figuras de previsão de coberturas.

Na figura 19 podemos ver o mapa das áreas de cobertura para cada célula dos sites em análise. Conforme se pode ver, nas zonas com mais densidade de edifícios e em que estes têm uma altura maior e as ruas são mais estreitas (ex: Av. Álvaro Pais e Campo Pequeno), o raio de célula é menor do que nas áreas em que as ruas são mais largas e com edifícios de alturas inferiores (ex: Laranjeiras e Av. República).

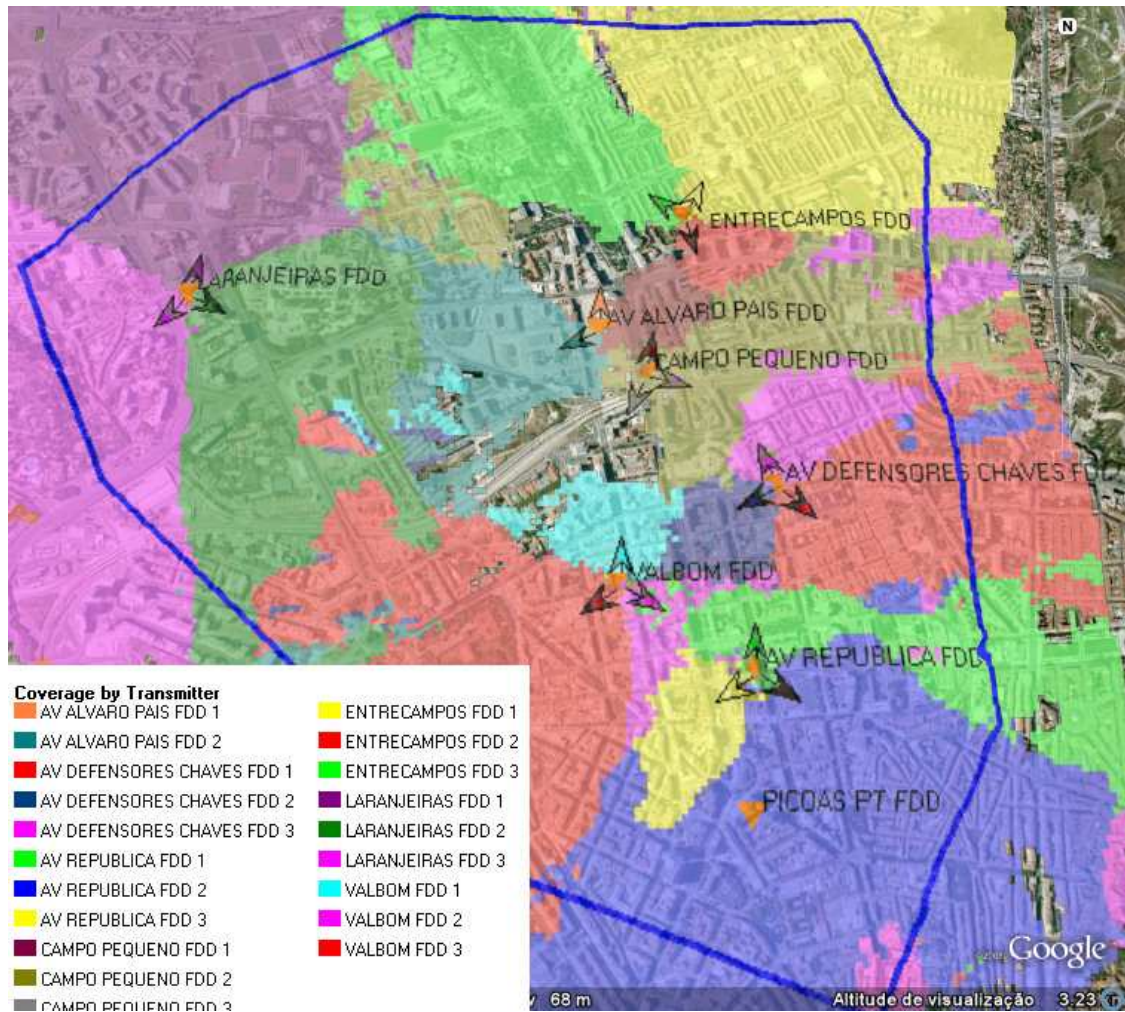


Figura 19: Cobertura de cada célula 3G.

Na figura 20 encontra-se representado o mapa com o nível de sinal transmitido pelos sites 3G em análise.

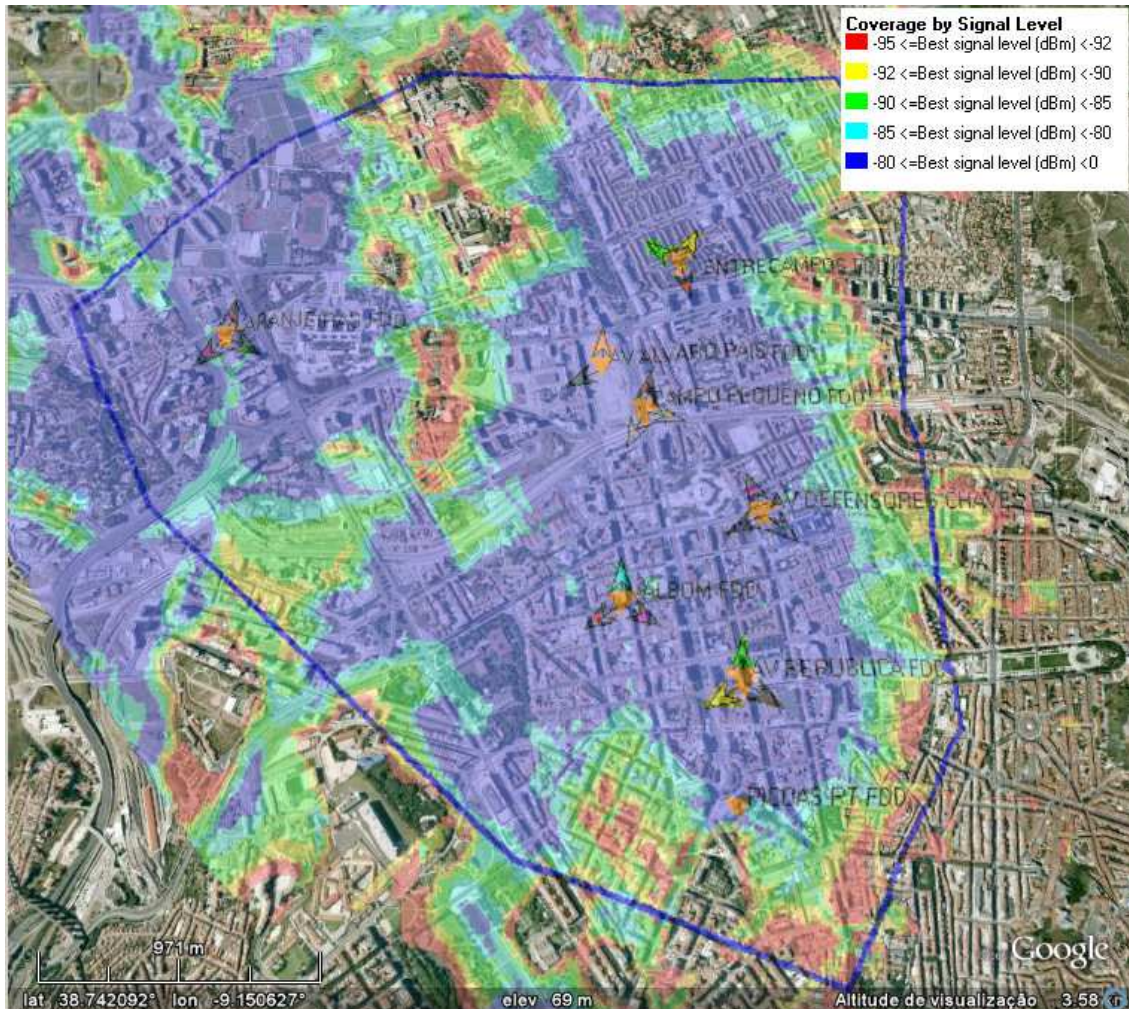


Figura 20: Nível de cobertura 3G.

Para o caso do DVB-SH, uma vez que a maior parte dos sistemas de TV móvel operam na banda UHF ou na banda S, pode fazer-se uma segmentação do site UMTS co-localizado. Assim sendo, poder-se-á utilizar a infra-estrutura UMTS existente, necessitando apenas de se alterar o necessário.

A modulação utilizada foi a 16QAM com um *code rate* de $\frac{1}{2}$ e MPE-FEC de $\frac{3}{4}$ e uma relação C/N= 14 dB.

Apresenta-se em seguida na figura 21 a calibração do modelo com os parâmetros utilizados, tendo como base a equação anterior.

Também para o caso do DVB-SH, foram realizadas as estimativas de previsão de cobertura e de nível de sinal, as quais se apresentam a seguir.

Na figura 22 podemos ver o mapa das áreas de cobertura para cada célula DVB-SH. De maneira análoga à verificada nas previsões de cobertura do UMTS, nas zonas com mais densidade de edifícios e em que estes têm uma altura maior e as ruas são mais estreitas o raio de célula é menor do que nas áreas em que as ruas são mais largas e com edifícios de alturas inferiores.

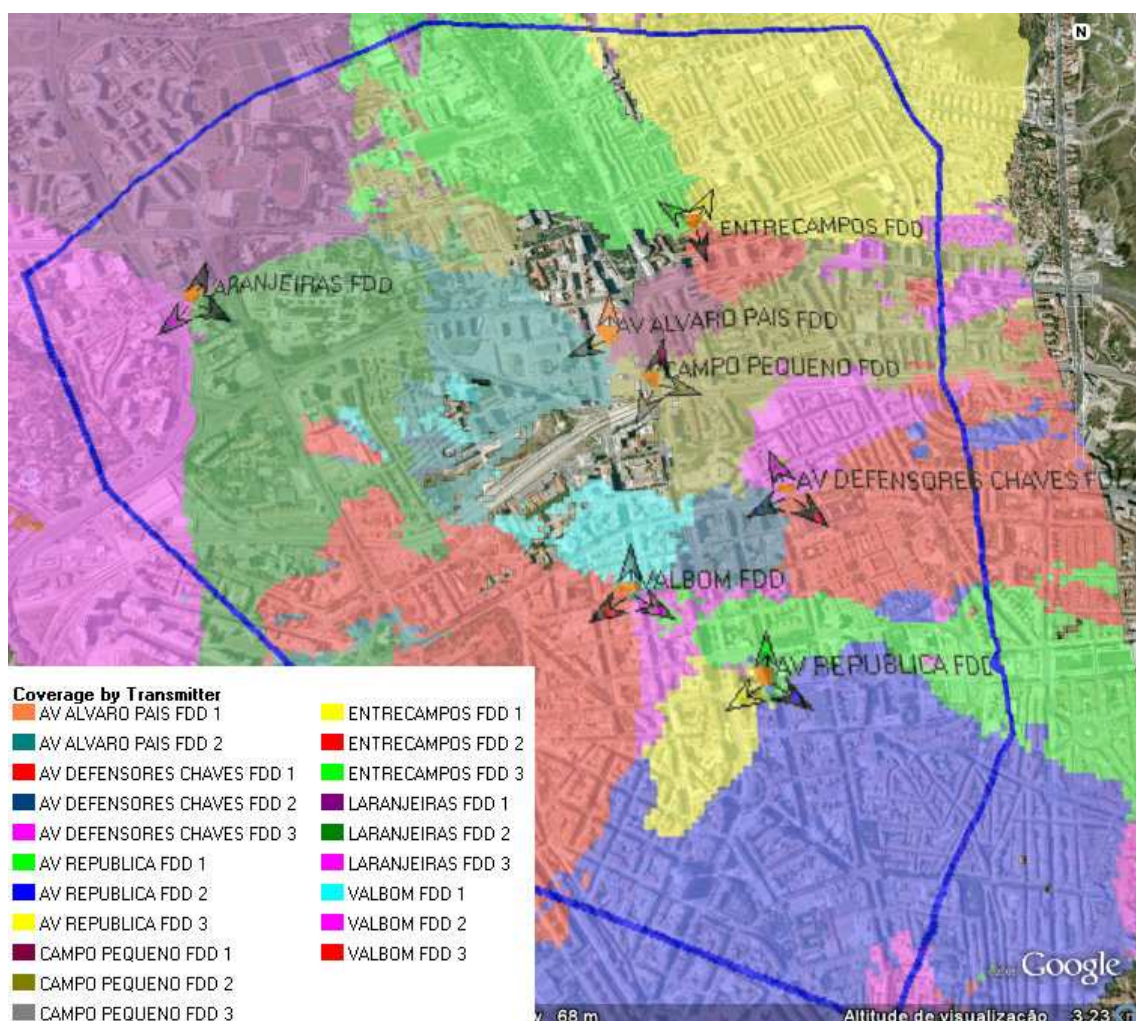


Figura 22: Cobertura por célula DVB-SH.

Na figura 23 encontra-se representado o mapa com o nível de sinal transmitido pelos sites DVB-SH em análise.

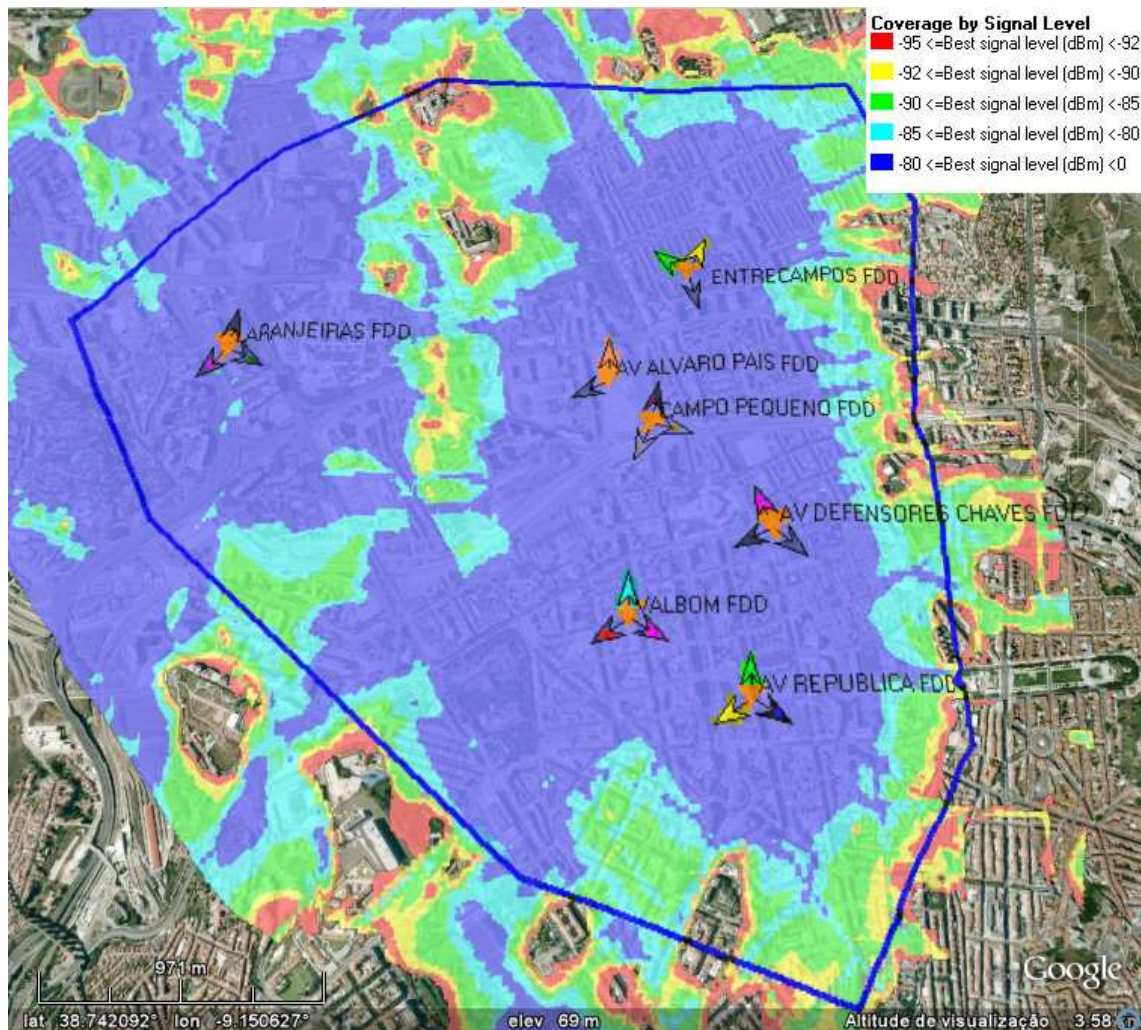


Figura 23: Nível de sinal DVB-SH.

3.5.2 - Medidas

As medidas efectuadas às redes de comunicações móveis servem para se poder fazer a caracterização dos canais de rádio, de maneira a poder prever-se a ampliação da rede no futuro. A recolha de medidas permite ainda a confrontação dos resultados simulados pelas ferramentas de planeamento celular com os resultados medidos.

Foram realizados *ensaios de campo* para recolha de medidas reais, como medidas quer de planeamento quer de optimização das redes móveis. Através destas medidas, poderá ter-se a noção real dos valores de sinais transmitidos e recebidos, os quais

poderão contribuir para uma análise da rede e, em consequência, para uma melhoria da mesma.

A realização de medidas tem assim os seguintes objectivos:

- Verificar a performance da rede que está a ser monitorizada
- Determinar uma possível necessidade de melhoramento da rede
- Verificar as diferenças entre os valores de sinais previstas pelas simulações do planeamento da rede com os valores obtidos nas medidas

A ferramenta de recolha de medidas pode recolher informação sobre os sinais medidos e apresentá-los sob duas formas:

- Resultados das medidas recolhidas – através da utilização de contadores acumulativos para capturar o número de ocorrências/eventos para casos específicos de maneira a poderem obter-se resultados de congestão ou falhas.
- Recolha de dados para avaliação – os resultados medidos ficam armazenados para posteriormente serem abertos numa ferramenta de pós-processamento de medidas e assim serem realizadas as análises pretendidas.

Neste caso, optou-se pela segunda opção, ou seja, foram realizadas medidas de recolha de dados tendo as mesmas sido posteriormente pós-processadas numa ferramenta adequada, de maneira a poderem apresentar-se as medidas dos sinais que se queriam comparar.

Seguem-se os resultados obtidos com os *ensaios de campo* para recolha dos sinais recebidos de UMTS e DVB-SH.

Na figura 24 encontram-se representados os níveis de sinal/cobertura UMTS recolhidos aquando do *ensaios de campo*. De referir que estes valores foram recolhidos para a rede de um operador português que se encontra activo no mercado nacional.

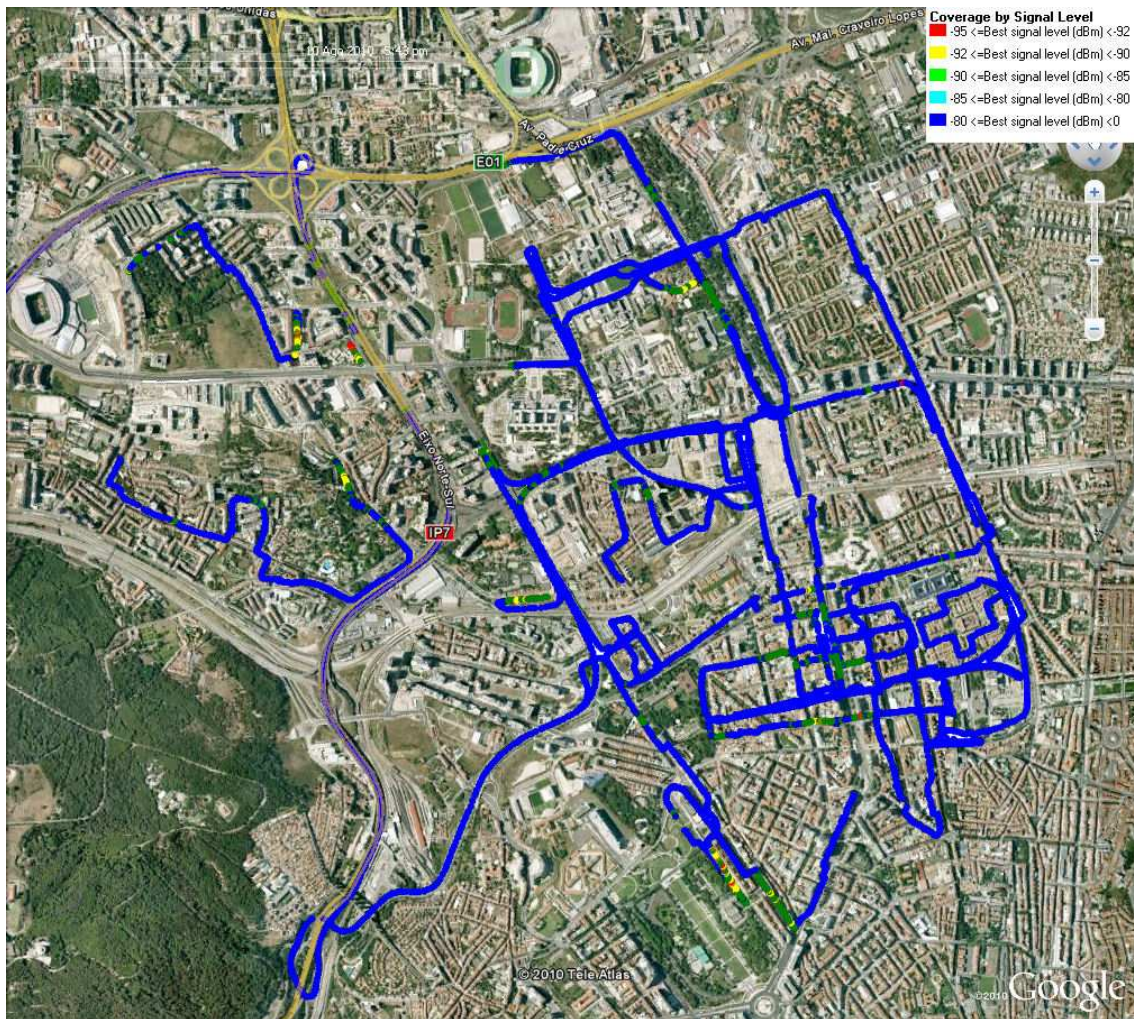


Figura 24: Nível de sinal UMTS.

Na figura 25 encontram-se representados os níveis de sinal/cobertura DVB-SH recolhidos aquando do *ensaios de campo*. Refira-se que estes valores foram recolhidos tendo como base uma portadora DVB-SH a operar na banda dos 1900/2100 MHz (frequência da portadora DVB-SH utilizada = 2170MHz).

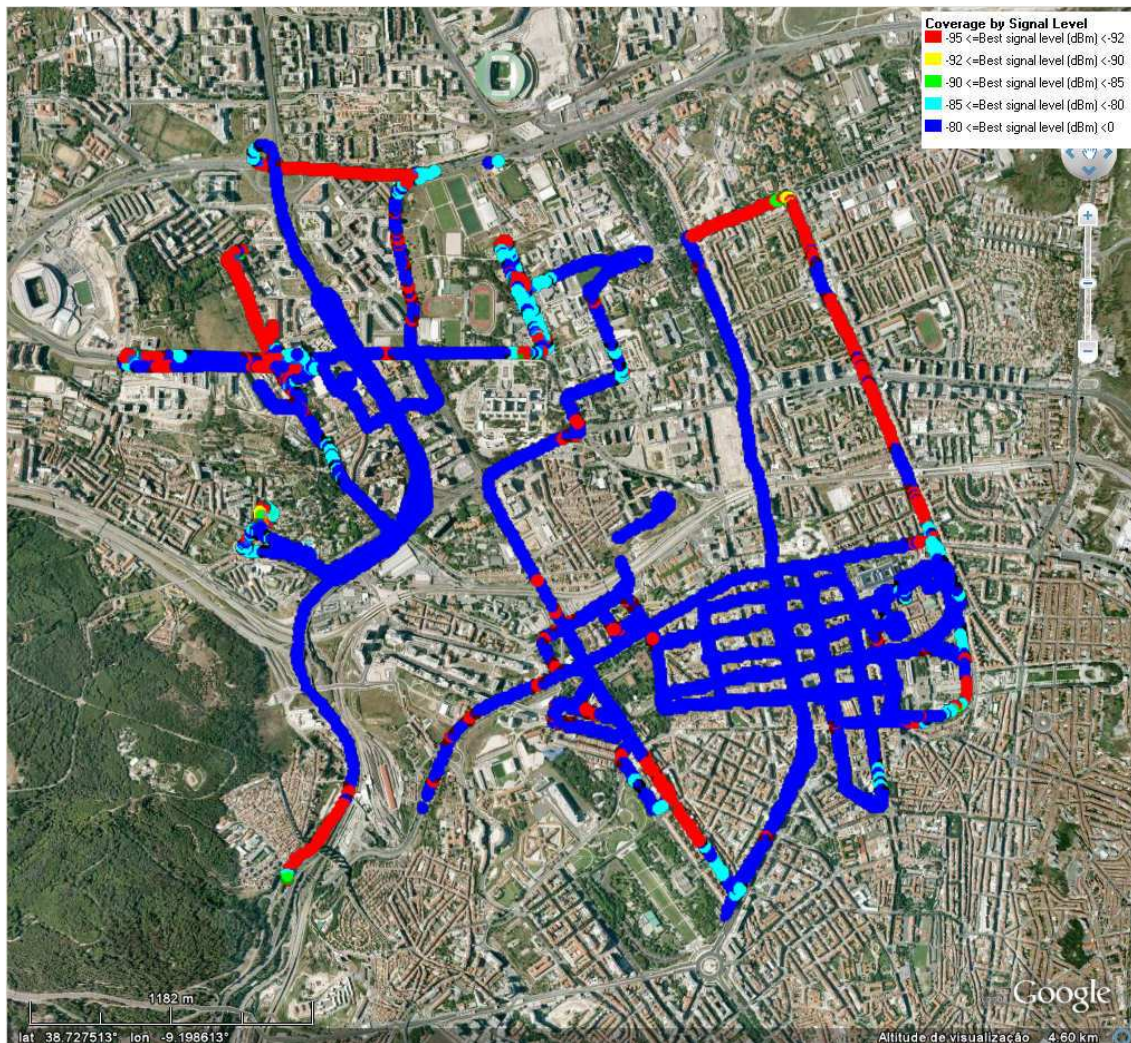


Figura 25: Nível de sinal DVB-SH

3.5.3 - Comparação de Resultados

Comparando os dois sistemas, podemos dizer que, a nível de cobertura, os raios das células DVB-SH são maiores, pois temos uma potência de transmissão maior. No entanto, como a sensibilidade da recepção de um móvel DVB-SH para assegurar o serviço é inferior (-95dBm) à do UMTS (-105 dBM), conclui-se que iremos ter uma menor área de cobertura como o DVB-SH.

Em relação ao nível de sinal, podemos verificar que nas zonas junto aos sites, os níveis de sinal para as duas tecnologias são muito semelhantes, verificando-se as

principais diferenças quando nos afastamos dos sites. Como a área de cobertura das células DVB-SH é menor, os níveis de sinal em DVB-SH irão variar mais rapidamente que em 3G.

As figuras apresentadas estão de acordo com os conceitos teóricos, uma vez que o objectivo do 3G é ter uma maior área de cobertura, mesmo que isso implique um menor nível de sinal. Quanto ao DVB-SH, o objectivo não passa por uma grande área de cobertura, mas sim, por um melhor nível de sinal, para que a qualidade dos serviços prestada seja a melhor possível. De maneira a poder ter-se a mesma área de cobertura que o 3G, em DVB-SH utilizam-se repetidores, os quais permitirão um aumento da área de cobertura, mas com a condição de se manter a qualidade do nível de sinal (não provocam um aumento de capacidade). Os repetidores poderão, pois, ser úteis em locais onde existam buracos de cobertura, permitindo uma cobertura contínua; podem ser utilizados em áreas subterrâneas (ex: parques de estacionamento) e túneis, de maneira a repetirem o sinal presente à entrada dos mesmos para dentro das áreas sem cobertura; entre sites bastante distantes (ex: zonas rurais) fazendo o prolongamento de uma célula e servindo de zona de *over-lapping*.

De forma a poderem verificar-se mais detalhadamente as diferenças de cobertura entre os dois sistemas, foram escolhidos 20 pontos aleatoriamente no percurso onde decorreram as medidas, de maneira a poderem comparar-se as mesmas nesses pontos. Na figura 26 encontram-se identificados os pontos onde foram recolhidos os valores de cobertura para as duas tecnologias.

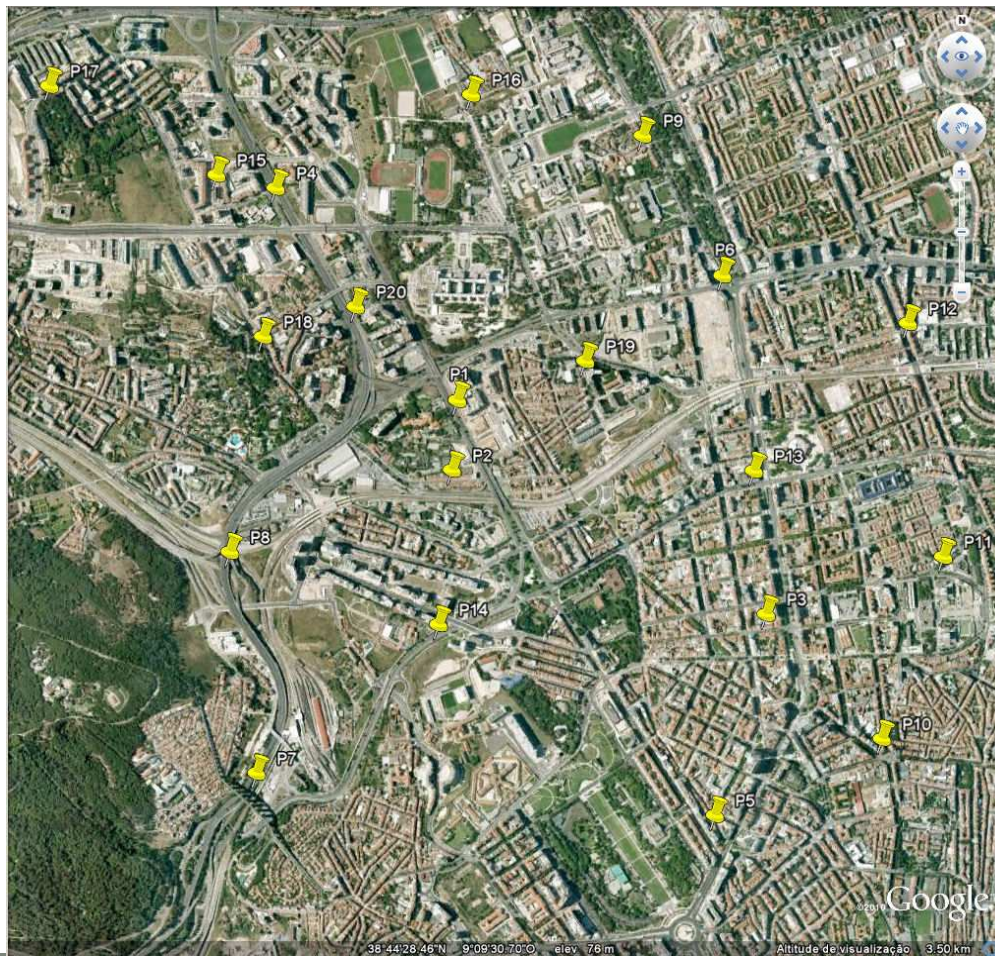


Figura 26: Localização dos pontos de recolha de dados.

Podemos ver na tabela 10 os valores obtidos para cada ponto em questão.

Pontos	Lat	Lont	UMTS [dBm]	DVB-SH [dBm]
P1	38°44'38.78" N	9°9'39.61" W	-68	-78
P2	38°44'27.94" N	9°9'40.38" W	-91	-79
P3	38°44'10.13" N	9°8'48.45" W	-89	-75
P4	38°45'3.47" N	9°10'9.88" W	-97	-79
P5	38°43'43.97" N	9°8'56.40" W	-90	-83
P6	38°44'53.15" N	9°8'56.01" W	-73	-76
P7	38°43'48.72" N	9°10'12.21" W	-67	-98
P8	38°44'17.12" N	9°10'16.86" W	-71	-77
P9	38°45'10.82" N	9°9'9.74" W	-92	-80
P10	38°43'54.39" N	9°8'29.04" W	-69	-76
P11	38°44'17.74" N	9°8'19.59" W	-71	-77
P12	38°44'47.36" N	9°8'25.81" W	-65	-80
P13	38°44'28.36" N	9°8'50.68" W	-92	-78
P14	38°44'8.25" N	9°9'42.27" W	-74	-80
P15	38°45'5.10" N	9°10'19.74" W	-96	-99
P16	38°45'15.52" N	9°9'38.01" W	-70	-84
P17	38°45'16.03" N	9°10'47.22" W	-89	-95
P18	38°44'44.66" N	9°10'11.82" W	-90	-83
P19	38°44'41.98" N	9°9'18.76" W	-86	-95
P20	38°44'43.71" N	9°9'54.11" W	-70	-71

Tabela 10: Valores dos pontos de recolha de dados.

Nota: O sistema de coordenadas apresentado na tabela anterior é o sistema WGS-84.

Apresenta-se agora, na figura 27, o gráfico resultante dos valores de potência (em dBm) recolhidos para os 20 pontos de medição.

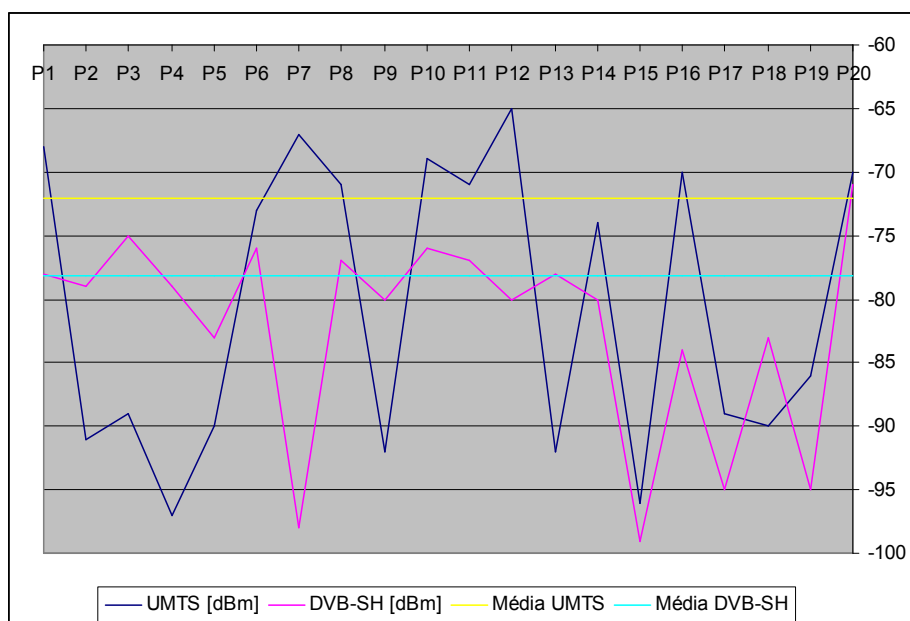


Figura 27: Representação dos valores dos dados medidos.

Podemos verificar, pelo gráfico anterior, que o valor médio de cobertura dos dois sistemas para os pontos considerados é próximo (-72 dBm para o UMTS e -78 dBm para o DVB-SH), o que era espectável dada a área de análise ser bastante condensada e pertencer a um centro denso-urbano onde o nível de sinal deverá ser bom. Se verificarmos a tabela com os diferentes valores, podemos observar que na maior parte dos casos os valores de sinal do UMTS são superiores aos do DVB-SH (61.9%). É ainda de referir que os valores de sinal do DVB-SH nos pontos medidos são mais próximos uns dos outros do que os valores do UMTS, os quais apresentam maior variação de nível.

De uma maneira geral, pode dizer-se que a tecnologia UMTS tem como objectivo a área de cobertura, ao passo que, o DVB-SH tem como objectivo a qualidade do sinal.

3.6 - Concorrentes ou complementares

Verificou-se que os objectivos de cobertura das duas tecnologias são diferentes, tendo uma como objectivo o nível de qualidade do sinal recebido (DVB-SH) e a outra a maior área de cobertura possível (UMTS).

Ambas as tecnologias podem fornecer TV móvel, sendo que o DVB-SH é uma tecnologia de transmissão de redes móveis com uma componente satélite e uma componente terrestre, e o UMTS é apenas constituído por uma componente terrestre.

Como foi descrito na secção 3.1, a solução proposta passa por uma arquitectura partilhada pelas duas tecnologias, ou seja, a componente terrestre do DVB-SH será uma arquitectura partilhada com o sistema UMTS já existente.

Sabendo-se que o UMTS oferece outros serviços para além da TV móvel (voz/dados/vídeo), podemos concluir que esta tecnologia irá ter uma partilha de recursos para os diferentes serviços disponíveis. Uma vez que a transmissão de vídeo é o serviço que ocupa mais recursos no UMTS, e sendo o utilizador exigente face à

qualidade da imagem e da transmissão da televisão visionada no seu terminal móvel, isto poderá ser um factor decisivo para a implementação do DVB-SH. Para os operadores móveis 3G é bem mais vantajoso que os utilizadores realizem massivamente chamadas de voz ou de dados, pois assim podem ter recursos disponíveis para um maior número de utilizadores. Na realidade, as transmissões de TV móvel via UMTS são ainda o menor volume de negócio para os operadores móveis, muito à custa do pouco investimento no desenvolvimento de novos conteúdos e aplicações para a TV móvel. No entanto, este mercado continua em crescimento, prevendo-se mesmo que seja o que irá crescer mais nos próximos anos.

Com o DVB-SH a questão dos recursos partilhados com outros serviços não se põe, ao passo que, como temos uma transmissão por *broadcast*, em vez de unicast como é o caso do UMTS, é bem mais simples ter diferentes conteúdos para diferentes utilizadores.

Pode-se assim dizer que, dados a diferenciação de conteúdos e o tipo de transmissão, além do facto de o UMTS possibilitar outro tipo de serviços, que o DVB-SH e UMTS são duas tecnologias de transmissão de TV móvel, que podem e devem ser complementares, não sendo, de forma alguma, concorrentes.

3.7 – Referências

[27] - Alcatel-Lucent , “*Upgrading existing UMTS infrastructure for S-Band Mobile TV*”, 5 de Abril 2007.

[28] – Visto em: <http://ieee802.org/11/>

[29] - Visto em: www.lx.it.pt/cost231

[30] - Visto em: www.itu.int/ITU-R/

[31] - Visto em: www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredes4g/pagina_3.asp

[32] - Visto em: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredes4g/pagina_3.asp

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

4.1 – Conclusões

O mundo das comunicações móveis encontra-se em constante mudança e desenvolvimento. A cada dia que passa, os operadores móveis preocupam-se mais com a satisfação das necessidades dos seus clientes. Sendo assim, as aplicações para os terminais móveis das redes celulares têm que ter capacidade para disponibilizar todas as aplicações possíveis aos operadores.

A televisão móvel é considerada como a aplicação com mais tendência a crescer no futuro próximo. A necessidade de se ter conteúdos adaptados para o formato dos ecrãs dos terminais móveis e de programas que possam ser visualizados quando se

quer, originou que os operadores de televisão analógica/digital repensassem os seus conteúdos programáticos e a sua forma de transmissão.

A necessidade de uma transmissão em *broadcast* em substituição e/ou conjugação com a transmissão em *unicast* dos sistemas de televisão existentes veio abrir as portas para o desenvolvimento do DVB-SH.

Existindo já uma tecnologia móvel, o UMTS, a qual suporta televisão móvel, o desafio seria explicar a razão do aparecimento do DVB-SH como a tecnologia “preferida” para as transmissões de televisão móvel em redes celulares ou como uma tecnologia complementar ao UMTS.

Aceite o desafio, compararam-se as duas tecnologias em termos de arquitectura, áreas de cobertura, serviços e aplicações.

Ao nível da arquitectura, conclui-se que ambas podem partilhar a arquitectura existente do UMTS, sendo somente necessário proceder ao acréscimo da componente terrestre do DVB-SH na mesma, conseguindo-se assim ter uma nova tecnologia com um baixo custo de investimento.

Ao nível de serviços e aplicações, conclui-se que a grande diferença entre as duas tecnologias é o facto do UMTS ter uma transmissão de televisão via *unicast*, ao passo que o DVB-SH utiliza o *broadcast* para transmissões em massa. Em comum têm o facto de ambas permitirem serviços auxiliares, como é o caso do *video-on-demand*.

De maneira a compararem-se as áreas de cobertura e os níveis de sinais transmitidos pelas duas tecnologias, foram realizados mapas com previsões de cobertura e nível de sinal transmitido com o recurso a uma ferramenta de planeamento celular. Posteriormente, foram realizados *ensaios de campo* de maneira a poderem confrontar-se os resultados previstos pelas simulações com os resultados obtidos nas medições. Conforme se apresentou anteriormente os resultados obtidos com as medições estão de acordo com os simulados.

Por fim, conclui-se que, dada a versatilidade de serviços e aplicações disponíveis no UMTS, e sendo o DVB-SH direccionado para a transmissão de televisão móvel, as duas tecnologias não são concorrentes, podendo, e talvez mesmo devendo, coexistir.

4.2 – Trabalho Futuro

Uma das acções que se poderá fazer futuramente será uma campanha de optimização dos sites DVB-SH, uma vez que se realizou uma réplica dos sites UMTS co-localizados. Sendo assim, poderá ser necessário estudar e analisar novas posições e localizações dos sites DVB-SH de maneira a ter-se uma melhor cobertura em termos de nível de sinal.

Outra acção possível, e esta contempla ambas as tecnologias, seria o ajuste dos parâmetros de potência e *handover*, sempre com o intuito de melhorar os níveis de sinal e qualidade.

Uma vez que os dados sobre o tráfego de televisão móvel em Portugal ainda são muito poucos, futuramente, com base nos dados estatísticos que irão ser fornecidos a cada trimestre pela ANACOM, poderá ser feito um estudo do tráfego e perfil do utilizador de televisão móvel para ambas as tecnologias.

4.3 - Análise Crítica

Durante a realização desta dissertação deparei-me com alguns contratemplos, os quais foram sempre, com a ajuda do meu orientador, minimizados.

O objectivo do planeamento de redes de comunicações móveis não é somente identificar qual será a necessidade actual da implementação da rede móvel, é também um olhar para o futuro, pois é necessário preparar a rede para uma possível expansão.

Sempre que se desenvolve um nova tecnologia de comunicações móveis, as tecnologias existentes têm que estar preparadas para poderem transitar para a nova tecnologia. O mundo das comunicações móveis continua em crescente desenvolvimento e crescimento, pelo que se espera que no futuro a noção de um telefone móvel seja ultrapassada e dê origem a um terminal portátil onde se pode ter um Telefone e/ou PC e/ou TV portátil.

Com a introdução no mercado de terminais móveis mais robustos e com tamanhos, pesos e aplicações mais acessíveis aos utilizadores, poderemos esperar que o mercado da televisão móvel possa crescer ainda mais do que o previsto.

Como a televisão móvel é ainda um serviço em crescimento e com uma taxa de utilização ainda pequena, torna-se por vezes difícil a sua implementação no mercado. O facto de este serviço exigir alguns recursos torna-o também um pouco mais caro que os serviços 3G existentes. O esquema da figura 28, pretende dar-nos uma ideia de como poderá ser simples ou difícil a implementação de um novo serviço nas redes móveis.



Figura 28: Ciclo de vida de um serviço de redes móveis.

ANEXO I

Comparação UMTS versus DVB-SH

Helena Catarino, Pedro Pinho

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL)

Departamento de Engenharia Electrónica e Telecomunicações e de Computadores (DEETC), Lisboa, Portugal
20975@alunos.isel.ipl.pt, ppinho@deetc.isel.ipl.pt

1 - RESUMO:

Este documento tem como objectivo a comparação das tecnologias UMTS e DVB-SH, no que respeita a níveis de sinal transmitidos e área de cobertura de cada célula. Pretende-se assim, concluir qual a tecnologia que apresenta uma melhor cobertura e desempenho. No final, irá perceber-se se estas tecnologias podem ser consideradas complementares ou concorrentes.

2 - INTRODUÇÃO:

Dada a grande necessidade dos utilizadores das redes móveis poderem ter acesso aos conteúdos e aplicações pretendidas em qualquer lugar, a qualquer momento, os sistemas de comunicações móveis têm que se adaptar à evolução dos mercados e às necessidades dos utilizadores.

Os sistemas de televisão operam, normalmente, com o valor máximo de potência de transmissão e com antenas colocadas o mais alto possível, de maneira a poder-se ter a maior área de cobertura. Nos sistemas rádio, a área de serviço é dividida em células, existindo um transmissor por cada célula. Estes sistemas têm como objectivo uma maior eficiência, através da reutilização de frequências em pequenas distâncias. Poderá dizer-se, que um sistema rádio é tanto mais eficiente quanto maior for o número de vezes que cada canal é reutilizado na mesma área geográfica.

Em redes UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), a aplicação mais popular é vídeo. As pessoas usam o seu terminal móvel 3G para assistirem a programas televisivos em directo, ou fazerem *download* de vídeos (notícias, música ou outros

tipos de entretenimento). No entanto, a ineficácia do modo *unicast* actualmente utilizado impede que um mercado em massa seja criado, tanto economicamente como tecnicamente (cada utilizador usa um recurso rádio, exclusivamente atribuído a ele). Consequentemente, a utilização de uma infra-estrutura adaptada usando o modo *broadcast* (o mesmo programa enviado simultaneamente para todos os utilizadores), é indispensável [Ref. 1].

Apresenta-se em seguida uma figura representativa da arquitectura UMTS.

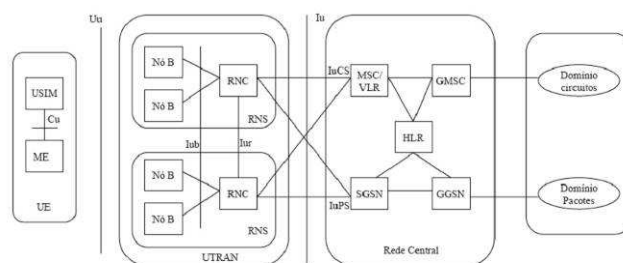


Figura 1: Arquitectura UMTS [Ref. 2]

A solução ideal seria a combinação dos modos *broadcast* e *unicast* numa abordagem unificada, sendo o modo *broadcast* utilizado para os canais mais solicitados, e o modo *unicast* para os canais com menos audiência. Com esta combinação, o uso do espectro é optimizado, e cada utilizador poderá ter acesso aos seus programas favoritos.

A combinação *unicast/broadcast* utilizada nos serviços de Televisão Móvel, consiste numa rede aberta, projectada para funcionar

como um complemento às redes móveis existentes e não como uma rede concorrente.

A Televisão Móvel está no caminho de se tornar um mercado maciço principal. Tem a potencialidade de impulsionar os rendimentos dos operadores. Hoje, mais de metade das redes 3G/UMTS no mundo inteiro têm serviços de Televisão Móvel. Este é o primeiro passo em direcção a uma nova experiência de TV. Devido às utilizações intimamente ligadas à mobilidade, a interactividade é uma parte importante da Televisão Móvel. É hoje amplamente reconhecido que a Televisão Móvel começa com uma TV portátil, mas finaliza como uma TV personalizada, interactiva e em tempo real.

Em média os serviços de televisão móvel são utilizados cerca de 5 minutos por dia. Apesar do uso destes serviços estar em crescimento, a expectativa da sua utilização anda à volta dos 30 minutos diários. Com esta ideia em mente, o acesso rápido ao conteúdo televisivo pretendido sem gastar muito tempo a percorrer os canais disponíveis, torna-se muito importante. Devido ao pouco tempo de uso por dia, e à tendência de que os utilizadores móveis querem programas curtos de poucos minutos, em vez de programas longos, o conteúdo programático também tem de mudar. Formatos produzidos para televisão normal, não são bem adaptados à televisão móvel, onde filmes curtos e um maior suporte interactivo são exigidos.

Durante a última década, as aplicações digitais de vídeo e áudio nos meios de telecomunicações têm sofrido um grande desenvolvimento. No entanto, o maior benefício deste progresso só é atingido se toda a rede de comunicação (desde o emissor até ao receptor) for digital.

Com a tecnologia DVB (*Digital Video Broadcasting*) consegue-se obter transmissões de imagens com melhor qualidade assim como uma maior oferta de canais de transmissão. Sendo assim, abre-se a possibilidade dos

utilizadores poderem ter serviços que até agora não eram possíveis, tais como a recepção móvel de televisão (através do DVB-SH), a interactividade, a televisão à carta de serviços multimédia [Ref. 3].

O DVB-SH (*Digital Video Broadcasting S Band*) é um sistema de transmissão concebido para fornecer vídeo, áudio e dados para pequenos dispositivos móveis, como telemóveis e PDAs (*Personal Digital Assistants*), usando frequências da banda-S. A principal característica do DVB-SH é o facto de ser um sistema híbrido por satélite / terrestre que permite a utilização de um satélite para alcançar cobertura de grandes regiões ou mesmo de um país inteiro. Foi concebido para utilizar frequências abaixo dos 3GHz, normalmente em torno de 2.2GHz. O DVB-SH visa explorar oportunidades na banda-S, onde existe menos congestionamento do que na banda UHF.

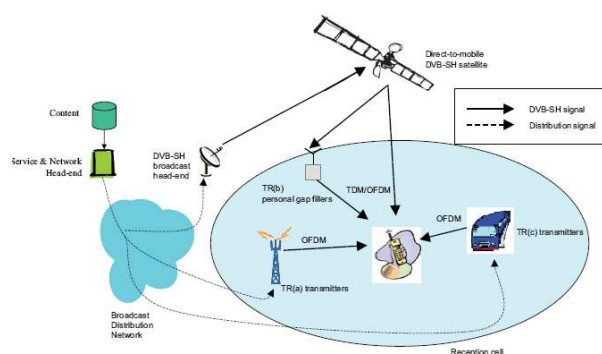


Figura 2: Arquitectura DVB-SH [Ref. 4].

Uma vez que o DVB-SH é uma tecnologia digital de frequência única, apresenta mais vantagens, tais como: a eficiência espectral, flexibilidade e robustez. Consegue-se assim, numa única banda de frequências, transmitir mais do que um programa simultaneamente.

A combinação das tecnologias DVB-SH e UMTS pode proporcionar uma panóplia de serviços de comunicação, informação e aplicações interactivas em tempo real e com mobilidade.

A inclusão de um circuito DVB-SH num terminal móvel 3G é uma óptima opção quer a nível económico quer técnico. Utilizando a radiodifusão, consegue-se chegar a mais utilizadores com um custo muito reduzido e com a utilização de poucos recursos rádio.

Com a conjunção das duas tecnologias (UMTS+DVB-SH) obtém-se um compromisso entre a difusão clássica de vídeo e a difusão de dados, com uma atribuição flexível da largura de banda a diferentes serviços [Ref. 5].

Apresenta-se em seguida uma figura com a arquitectura de rede resultante da conjunção do UMTS+DVB-SH.

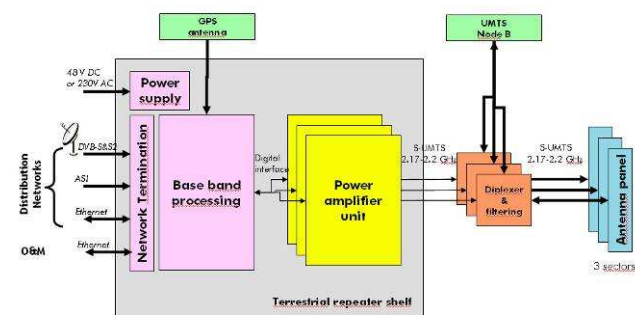


Figura 3: Arquitectura resultante da combinação UMTS e DVB-SH [Ref. 5].

Neste documento apresentar-se-á o planeamento de uma área denso-urbana, recorrendo-se a uma ferramenta de planeamento de redes móveis. Uma vez findo o planeamento, serão realizados testes para recolha de medidas para que se possa comparar os resultados previstos (teóricos) com os resultados obtidos (medidas).

Tanto o planeamento como as medidas foram realizados tendo em conta o ambiente de propagação e os elementos de rede necessários.

3 - PLANEAMENTO:

Foram realizados testes de previsão de cobertura, de maneira a poder-se verificar as principais diferenças entre as áreas de cobertura e níveis de sinal das tecnologias UMTS e DVB-SH. Como tal, delineou-se uma área de estudo, a qual se descreve em seguida.

A área de análise é constituída por uma zona urbana no centro de Lisboa, tendo sido realizado um estudo da previsão de cobertura UMTS e DVB-SH, para o qual foi posteriormente realizados *ensaios de campo*, de maneira a poder-se comparar as duas situações.

Apresenta-se em seguida um mapa com a identificação da área sujeita ao estudo, sendo identificada na mesma a localização das estações UMTS e DVB-SH co-localizadas.



Figura 4: Localização dos sites em análise.

A zona em análise encontra-se coberta por 7 sites, estando os mesmos identificados na figura anterior.

A tabela seguinte apresenta as configurações dos sites UMTS em análise.

Site	Lat	Long	Altura	Tipo de Feeder	Comp. do Feeder	Antena	Ganho Antena	Azimute	Tilt Elétrico	Tilt Mecânico	Perdas de Feeder
Campe Pequeno FDD 1	38.7434	-9.148926	42.50	7/8	30	K742212	18	12	6	4	1.8450
Campe Pequeno FDD 2	38.7434	-9.148926	42.50	7/8	15	K742212	18	107	7	2	0.9225
Campe Pequeno FDD 3	38.7434	-9.148926	42.50	7/8	15	K742212	18	207	4	4	0.9225
Av Defensores de Chaves FDD 1	38.7393	-9.145880	23.00	7/8	42	K742212	18	132	4	2	2.5830
Av Defensores de Chaves FDD 2	38.7393	-9.145880	24.00	7/8	32	K742212	18	242	4	0	1.9680
Av Defensores de Chaves FDD 3	38.7393	-9.145880	26.00	7/8	22	K742212	18	337	4	2	1.3530
Entrecampos FDD 1	38.7481	-9.146957	31.00	7/8	40	K742212	18	27	4	1	2.4600
Entrecampos FDD 2	38.7481	-9.146957	28.00	7/8	73	K742212	18	167	4	2	4.4895
Entrecampos FDD 3	38.7481	-9.146957	23.00	7/8	70	K742212	18	307	4	2	4.3050
Laranjeiras FDD 1	38.7458	-9.166663	34.00	7/8	30	K742212	18	10	2	3	1.8450
Laranjeiras FDD 2	38.7458	-9.166663	34.00	7/8	30	K742212	18	120	2	4	1.8540
Laranjeiras FDD 3	38.7458	-9.166663	34.00	7/8	40	K742212	18	130	4	2	2.2460
Av Álvaro Pais FDD 1	38.7449	-9.150678	23.00	7/8	40	K742212	18	0	4	2	3.4600
Av Álvaro Pais FDD 2	38.7449	-9.150678	26.00	7/8	40	K742212	18	242	4	1	3.4600
Av República FDD 1	38.7346	-9.145249	42.00	7/8	100	K742212	18	2	7	7	4.6800
Av República FDD 2	38.7346	-9.145249	34.00	7/8	60	K742212	18	125	7	3	3.6900
Av República FDD 3	38.7346	-9.145249	34.00	7/8	60	K742212	18	237	5	4	3.6900
Valbom FDD 1	38.7357	-9.150581	27.00	7/8	27	K742212	18	0	2	4	1.8450
Valbom FDD 2	38.7357	-9.150581	27.00	7/8	27	K742212	18	122	2	0	3.0750
Valbom FDD 3	38.7357	-9.150581	27.00	7/8	27	K742212	18	237	2	2	1.8450

Tabela 11: Características dos sites 3G.

De referir que o sistema de coordenadas apresentado na tabela anterior é o WGS84 Long/Lat para a zona UTM 28N. As unidades das variáveis acima apresentadas, encontram-se em: metros, para a altura das antenas e comprimento do *feeder*; em graus, para o azimute e *tilts* e em dBi para o ganho da antena.

O objectivo pretendido é cobrir 95% da área acima representada, através da partilha de antenas entre as duas tecnologias.

Uma vez que a previsão de cobertura depende do perfil do terreno e do tipo de área, apresenta-se em seguida uma figura com a distribuição das *Clutter Class* da zona onde irá incidir a análise.

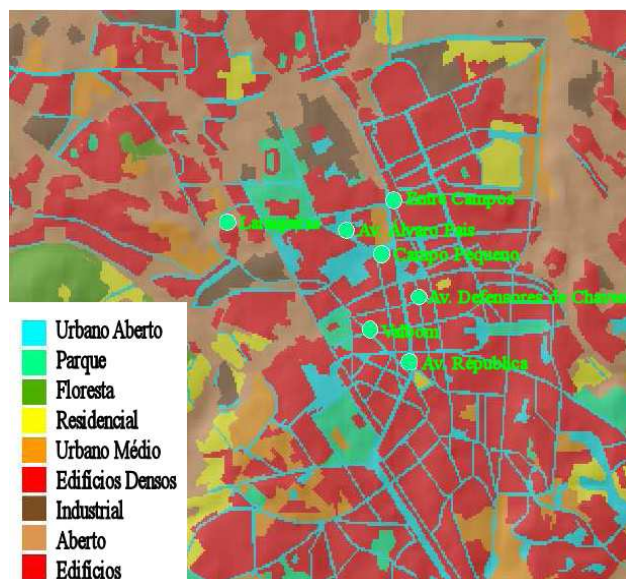


Figura 5: Definição das Clutter Classes.

Apresenta-se em seguida a configuração do *Atool - A9155 V 6.6* (ferramenta de planeamento utilizada) para as simulações de cobertura UMTS.

Code	Name	Height (m)	Model standard deviation (dB)	ECIO Standard Deviation (dB)	EBT Standard Deviation DL (dB)	EBNT Standard Deviation UL (dB)	Indoor Loss (dB)	% Pilot Finger	Orthogonality factor	
0	unclassified	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
1	open	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
2	sea	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
3	inlandwater	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
4	residential	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
5	meanurban	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
6	denseurban	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
7	buildings	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
8	village	0	0	122	2	7	7	0	100	0.6
9	industrial	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
10	openurban	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
11	forest	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
12	parks	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
26	denseurbanhgh	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
27	blockbuildings	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
28	denseblockbul	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6
29	rural	0	0	7	7	7	7	0	100	0.6

Tabela 12: Configuração dos sites 3G.

O modelo de propagação utilizado para realizar as previsões de cobertura foi o de Okumura-Hata. [Ref. 6].

Como potência máxima de transmissão assume-se 36dBm e como potência mínima de transmissão 33dBm.

Após a calibração do modelo de propagação Okumura-Hata para o UMTS, foram obtidos os resultados apresentados nas figuras 6 e 7.

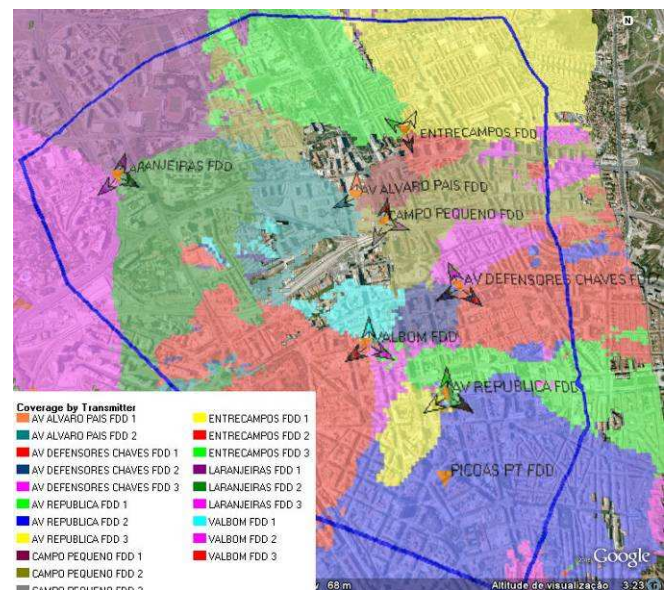


Figura 6: Cobertura de cada célula 3G.

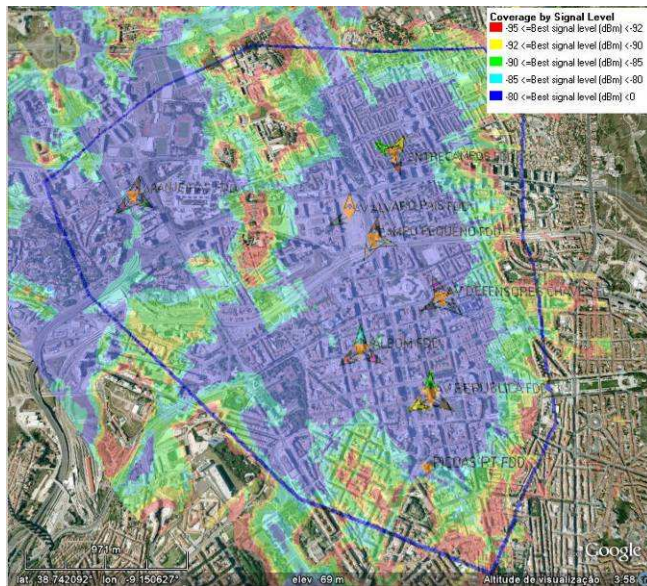


Figura 7: Nível de cobertura 3G.

Para o caso do DVB-SH, uma vez que a maior parte dos sistemas de TV móvel operam na banda UHF ou na banda S, pode-se fazer uma segmentação do site UMTS co-localizado. Sendo assim, poder-se-á utilizar a infraestrutura UMTS existente, necessitando apenas de se alterar o necessário.

O modelo de propagação a utilizar será semelhante ao utilizado em 2G/3G/Wimax, sendo no entanto necessária a sua calibração de maneira a encontrar-se adequado para o sistema e área em questão. Através de um modo empírico, chega-se à seguinte equação de calibração do modelo de propagação para sistemas que utilizem frequências até 3.5GHz.

$$L_{MODEL} = K_1 + K_2 \log(d) + K_3 \log(H_{Tx,off}) + K_4 \times DiffractionLoss + K_5 \log(d) \times \log(H_{Rx,off}) + K_6 (H_{Rx,off}) + K_{clutter} f(clutter)$$

Equação 1: Calibração do modelo de Propagação de Okumura-Hata

A modulação utilizada foi a 16QAM com um code rate de $\frac{1}{2}$ e MPE-FEC de $\frac{3}{4}$ e uma relação C/N= 14 Db.

Apresenta-se em seguida a calibração do modelo com os parâmetros utilizados, tendo como base a equação anterior.

Parameters:		Diffraction		Parameters per clutter class:	
Near transmitter		Method	1 - Deygout		
Maximum Distance	2000	K4	0,23	1 - OPEN (0m)	-15
K1 - los	19	Other parameters			
K2 - los	39,2	K5	-4,33	2 - SEA (0m)	-20
K1 - nlos	19	K6	0	3 - INLAND WATER (0m)	-20
K2 - nlos	39,2	Kclutter	1	4 - MEAN INDIVIDUAL (0m)	-11,8
Far from transmitter		Hilly terrain correction	0 - No	5 - MEAN COLLECTIVE (0m)	-10,51
K1 - los	52	Limitation to Free Space Loss	1 - Yes	6 - DENSE COLLECTIVE (0m)	-6,83
K2 - los	28,65	Profiles:	0 - Radial	7 - BUILDING (0m)	-7
K1 - nlos	52	Grid calculation:	0 - Centred	8 - VILLAGE (0m)	-16,2
K2 - nlos	28,65	Clutter taken into account:			
Effective antenna height		Heights			
Method	0 - Height above the ground	Consider heights in diffraction	1 - Yes	9 - INDUSTRIAL (0m)	-13,7
Distance min (m)	0	Receiver on top of clutter	0 - No	10 - OPEN IN URBAN (0m)	-11,08
Distance max (m)	15000	Range			
K3	15,07	Maximum Distance	0	11 - FOREST (0m)	-14,79
		Weighting function	0 - Uniform	12 - PARK (0m)	-9,59
				13 - DENSE INDIVIDUAL (0m)	-7,28
				14 - BLOCK BUILDING (0m)	-6,5
				16 - SCATTERED URBAN (0m)	-12,7

Figura 8: Parâmetros de calibração do modelo de propagação utilizados.

Como potência máxima de transmissão assume-se 44dBm e como potência mínima de transmissão 37dBm.

Apresenta-se em seguida a configuração do *Atool - A9155 V 6.6* para as simulações de cobertura DVB-SH.

Code	Name	Height (m)	Model standard deviation (dB)	Echo Standard Deviation (dB)	EBNT Standard Deviation DL (dB)	EBNT Standard Deviation UL (dB)	Indoor Loss (dB)	% Pilot Finger	Orthogonality factor
1	open	0	8	7	7	7	0	100	0,8
2	sea	0	4	7	7	7	0	100	0,8
3	inlandwater	0	4	7	7	7	0	100	0,8
4	residential	0	8	7	7	7	14	100	0,8
5	meanurban	0	10	7	7	7	14	100	0,8
6	denseurban	0	10	7	7	7	18	100	0,8
7	buildings	0	10	7	7	7	18	100	0,8
8	village	0	8	7	7	7	14	100	0,8
9	industrial	0	8	7	7	7	14	100	0,8
10	openurban	0	4	7	7	7	14	100	0,8
11	forest	0	8	7	7	7	0	100	0,8
12	parks	0	8	7	7	7	0	100	0,8
27	blockbuildings	0	8	7	7	7	18	100	0,8
28	denseblockbuil	0	10	7	7	7	18	100	0,8
29	rural	0	8	7	7	7	0	100	0,8

Tabela 3: Configuração da ferramenta de planeamento para o DVB-SH.

Também para o caso do DVB-SH, foram realizadas as estimativas de previsão de cobertura e de nível de sinal, as quais se apresentam em seguida.

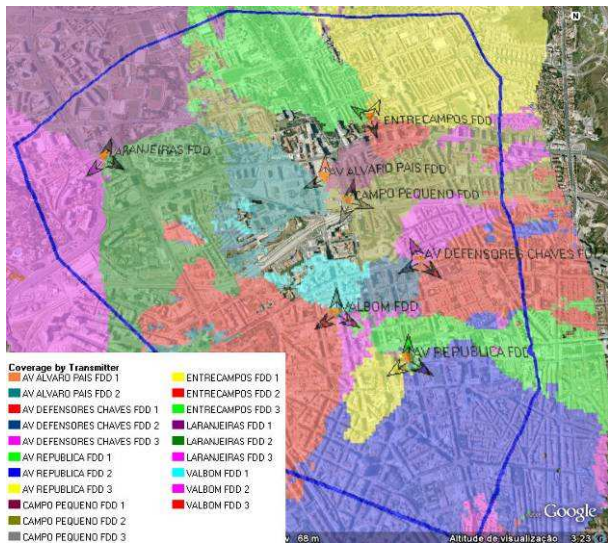


Figura 9: Cobertura por célula DVB-SH.

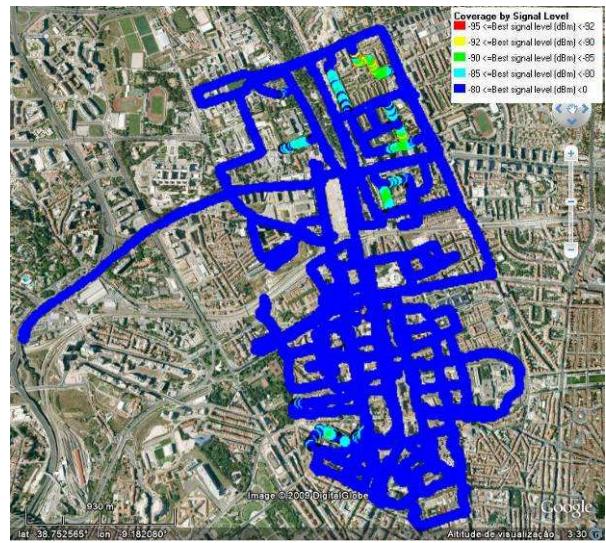


Figura 11: Nível de sinal UMTS.

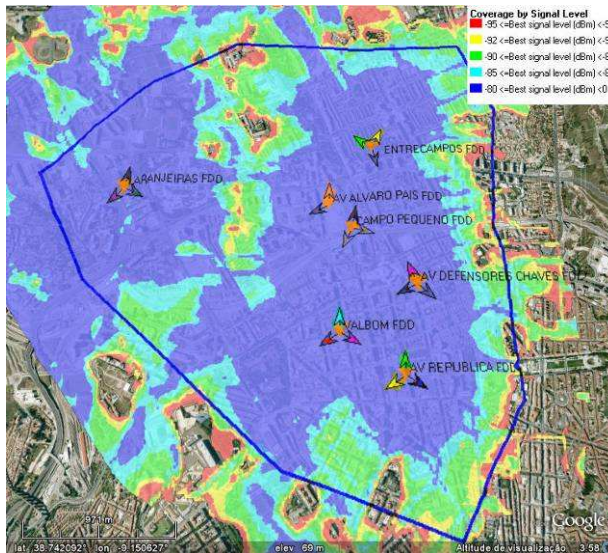


Figura 10: Nível de sinal DVB-SH.

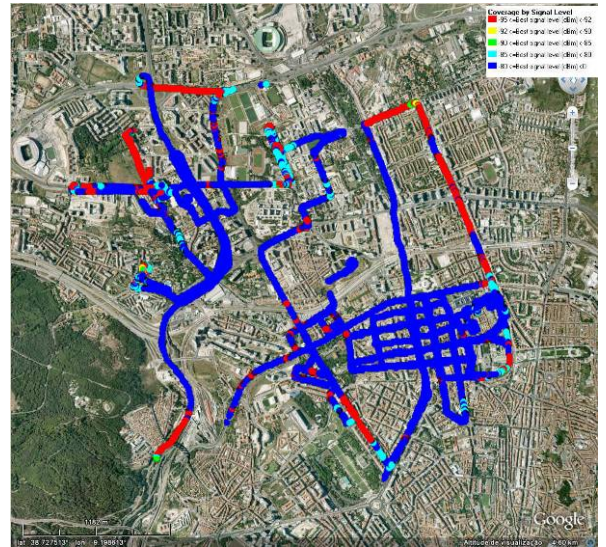


Figura 12: Nível de sinal DVB-SH

4 - MEDIDAS:

Apresentam-se em seguida os resultados obtidos com os ensaios de campo para recolha dos sinais recebidos de UMTS e DVB-SH. A figura 11 apresenta o nível de sinal da tecnologia UMTS e a figura 12 o nível de sinal do DVB-SH.

5 - COMPARAÇÃO DE RESULTADOS:

Comparando os dois sistemas, podemos dizer que no que respeita ao nível de cobertura, os raios das células DVB-SH são maiores, pois temos uma potência de transmissão maior. No entanto, como a sensibilidade da recepção de um móvel DVB-SH, para assegurar o serviço é inferior (-95dBm) à do UMTS (-105 dBm), conclui-se que iremos ter uma menor área de cobertura com o DVB-SH.

Em relação ao nível de sinal, podemos verificar que nas zonas junto aos sites, os níveis de sinal para as duas tecnologias são muito semelhantes, as principais diferenças verificam-se quando nos afastamos do centro dos sites. Como a área de cobertura das células DVB-SH é menor, os níveis de sinal em DVB-SH irão variar mais rapidamente que em 3G.

6 – CONCLUSÕES:

As figuras apresentadas, estão de acordo com os conceitos teóricos, uma vez que o objectivo do 3G é ter uma maior área de cobertura, mesmo que isso implique um menor nível de sinal.

Quanto ao DVB-SH, o objectivo não passa por uma grande área de cobertura, mas sim, por um melhor nível de sinal, para que a qualidade dos serviços prestada seja a melhor possível. De maneira a poder-se ter a mesma área de cobertura que o 3G, em DVB-SH utilizam-se repetidores, os quais permitem um aumento da área de cobertura, mas com a condição de se manter a qualidade do nível de sinal.

De uma maneira geral, pode-se dizer que a tecnologia UMTS tem como objectivo a área de cobertura, ao passo que, o DVB-SH tem como objectivo a qualidade do sinal.

Conclui-se assim, que as duas tecnologias podem coexistir, não sendo directamente concorrentes, mas podendo ser complementares, uma vez que uma tem

como objectivo a qualidade do sinal e a outra um maior raio de cobertura.

Referências

- [1] - Wireless Systems de Vijay K. Garg
- [2] - [http://w3.ualg.pt/~bamine/AP/UMTS1-20605-22317.ppt#307,13,UMTS - Arquitectura da Rede](http://w3.ualg.pt/~bamine/AP/UMTS1-20605-22317.ppt#307,13,UMTS-Arquitectura da Rede) (Outubro 2009)
- [3] - DVB-H: digital Broadcast Service to Handheld Dispositivos de Gerard Faria, Jukka A. Henriksson, Erik Stare e Pekka Talmola
- [4] - A Rádio na Convergência Tecnológica UMTS, DAB e DVB – Perspectivas em Aberto, Rui de Melo
- [5] - Upgrading existing UMTS infrastructure for Mobile TV
- [6] - <http://www.deetc.isel.ipl.pt/sistemastele/Pr2/arquivo/folhas%20de%20apio/Modelos%20Propaga%C3%A7%C3%A3o.pdf> (Outubro 2009)
- [7] - www.portaladsl.com.br (Outubro 2009)
- [8] - www.dvb.org/technology (Junho 2008)
- [9] - www.deetc.isel.ipl.pt/sistemastele/CTVS (Outubro 2009)
- [10] - [dvb-h_solutions.pdf](#) da Rohde & Schwarz
- [11] - DVB Channel Coding Padrões for Broadcasting Digital Video Services.pdf de G M Drury
- [12] - www.digitag.org (Outubro 2009)
- [13] - <http://iee802.org/11/> (Outubro 2009)
- [14] - www.lx.it.pt/cost231 (Outubro 2009)
- [15] - www.itu.int/ITU-R/ (Outubro 2009)
- [16] - [_DVB-H Specification – En302304.v1.1.1.pdf](#)

Comparison of UMTS and DVB-SH in terms of the quality of the received signal and the cell range

Helena Catarino and Pedro Pinho

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL)
Departamento de Engenharia Electrónica e Telecomunicações e de Computadores (DEETC), Lisboa, Portugal
20975@alunos.isel.ipl.pt, ppinho@deetc.isel.pt

Abstract. The objective is to determine which technology provides better coverage and performance. In the end, you will understand whether these technologies should be considered complementary or competing.

Keywords: UMTS, DVB-SH, coverage, signal.

1 Introduction

Given the great need of mobile users being able to access desired content and applications anywhere, anytime, the mobile communication systems have to adapt to the market changes and users' needs.

Television systems are operating normally, with the maximum transmission power and antenna placed as high as possible in order to reach the largest coverage area. In radio systems, the service area is divided into cells, with a transmitter in each cell. The aim of these systems is to achieve greater efficiency through the reuse of frequencies over small distances. It can be said that the higher the number of times that each channel is reused in the same geographic area, the more efficient a radio system is.

In UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), the most popular application is video. People use their 3G handsets to watch live TV programs, or to download videos (news, music or other entertainment). However, the ineffectiveness of the unicast mode, currently used, prevents the creation of a massive market either economically or technologic (each user uses a radio resource, assigned exclusively to him). Accordingly, the use of an infrastructure designed to use broadcast mode (the same program being sent simultaneously to all users) is essential [1].

The ideal solution would be a combination of broadcast and unicast modes in a unified approach, so the broadcast can be used to the most requested channels and the unicast mode for channels with less audience. With this combination the use of the spectrum is optimized, and each user may have access to their favourite programs.

The combination of unicast/broadcast services used in mobile TV is an open network, designed to operate as a complement to existing mobile networks, not as a competing network.

The Mobile TV is on its way to becoming a major mass market. Nowadays more than half of 3G/UMTS networks worldwide have mobile TV services. This is the first step towards a new TV experience. Due to the use closely related to mobility, interactivity is an important part of Mobile TV. It is now widely recognized that the Mobile TV starts with a portable TV, but ends up as a personal TV, interactive and in real time.

The average time of use of mobile TV services is about 5 minutes per day. Despite the increasing use of these services, the expectation of their use is around 30 minutes daily. Bearing this in mind, faster access to TV contents without spending too much time to scroll through the available channels becomes a priority for mobile networks operators. Due to the short time of use per day, and the trend that mobile users want short programs of a few minutes, instead of long programs, the program contents must also change. Formats produced for normal TV are not well suited to mobile TV, where short films and more interactive support are required.

During the last decade, digital video and audio applications in the telecommunications facilities have suffered a great development. However, the greatest benefits of this progress can be achieved only if the entire communication network (from transmitter to receiver) is digital.

With the DVB (Digital Video Broadcasting) we can have transmissions of better quality images and a wider range of transmission channels. Thus, it makes it possible for the users to have services that were

unavailable before, such as mobile TV reception (via DVB-SH), interactivity, television on demand of multimedia services [3].

The DVB-SH (Digital Video Broadcasting S Band) is a transmission system designed to provide video, audio and data to small mobile dispositivos such as phones and PDAs (Personal Digital Assistants), using S-band frequencies. The main feature of DVB-SH is the fact that being a hybrid satellite/terrestrial system can allow the use of a satellite to achieve coverage in large regions or even in an entire country. This system was originally designed for using frequencies below 3GHz, usually around 2.2GHz. The DVB-SH explores the opportunities offered by the S-band, where there is less congestion than in the UHF band.

Since the DVB-SH is a digital single frequency, it has further advantages, such as spectral efficiency, flexibility and robustness. With the DVB-SH we can have a single frequency band, transmitting more than one program simultaneously.

The combination of the two technologies, UMTS and DVB-SH, can provide a range of communication services, information and interactive applications in real time with mobility.

The inclusion of a DVB-SH circuit in a 3G handset is an excellent choice, both economically and technically. Using the radio, it is possible to reach more users with a very low cost and with little use of radio resources.

With the combination of these two technologies (UMTS + DVB-SH) we achieve a compromise between the classical broadcast video and data broadcasting, with a flexible allocation of bandwidth to different services [5].

The figure 1 shows the network architecture resulting from the combination of UMTS + DVB-SH.

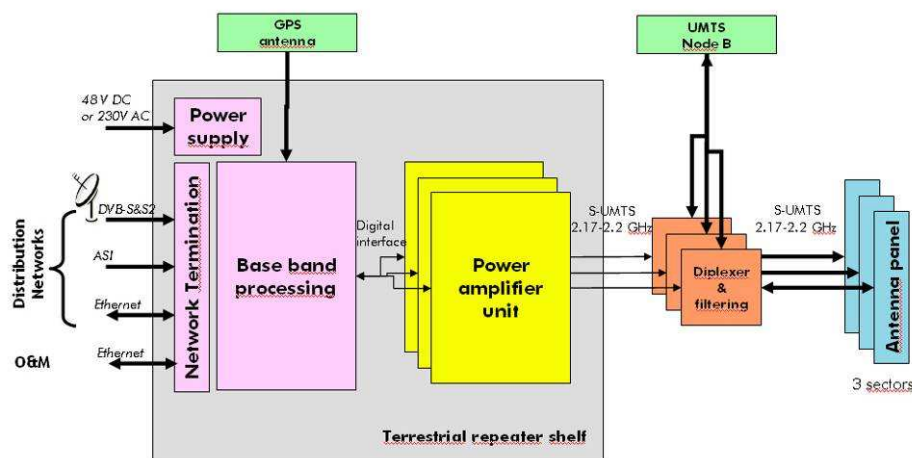


Figure1: Architecture of the UMTS and DVB-SH combination [5].

This paper will present the planning of a dense-urban area, making use of a planning tool for mobile networks.(Atool - A9155 V 6.6). Once completed the planning phase, tests will be performed to collect measurements so that we can compare the expected results (theoretical) with the practical results (measurements).

Both the planning and the measurement have been done with regard to the propagation environment and the network elements required.

2. Planning

Tests were conducted to predict coverage, in order to establish the main differences between the coverage areas and signal levels of UMTS and DVB-SH. Therefore a study area was developed, as described below.

The analysis area consists of an urban area in the center of Lisbon, where it was made a planning for the UMTS and DVB-SH coverage, and subsequently, was carried out ensaios de campo, in order to make it possible to compare the two situations.

The figure 2 shows a map identifying the subject area to study and the location of the UMTS + DVB-SH stations.

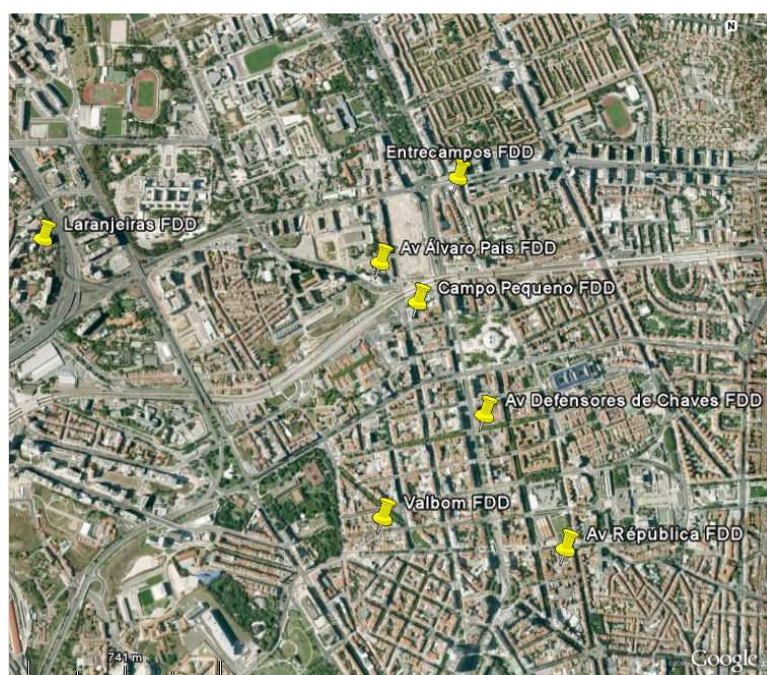


Figure 2: Location of the sites.

The area in question is covered by 7 sites, indicated in the figure above.

The following table shows the settings of the UMTS+DVB-SH collocated sites under consideration.

Site	Lat	Long	Altura	Tipo de Feeder	Comp. do Feeder	Antena	Ganho Antena	Azimute	Tilt Eléctrico	Tilt Mecânico	Perdas de Feeder
Campo Pequeno FDD 1	38.7434	-9.148926	42.50	7/8	30	K742212	18	12	6	4	1.8450
Campo Pequeno FDD 2	38.7434	-9.148926	42.50	7/8	15	K742212	18	107	7	2	0.9225
Campo Pequeno FDD 3	38.7434	-9.148926	42.50	7/8	15	K742212	18	207	4	4	0.9225
Av Defensores de Chaves FDD 1	38.7393	-9.145880	23.00	7/8	42	K742212	18	132	4	2	2.5830
Av Defensores de Chaves FDD 2	38.7393	-9.145880	24.00	7/8	32	K742212	18	242	4	0	1.9680
Av Defensores de Chaves FDD 3	38.7393	-9.145880	26.00	7/8	22	K742212	18	337	4	2	1.3530
Entrecampos FDD 1	38.7481	-9.146957	31.00	7/8	40	K742212	18	27	4	1	2.4600
Entrecampos FDD 2	38.7481	-9.146957	28.00	7/8	73	K742212	18	167	4	2	4.4895
Entrecampos FDD 3	38.7481	-9.146957	23.00	7/8	70	K742212	18	307	4	2	4.3050
Laranjeiras FDD 1	38.7458	-9.166663	34.00	7/8	30	K742212	18	10	2	3	1.8450
Laranjeiras FDD 2	38.7458	-9.166663	34.00	7/8	30	K742212	18	120	2	4	1.8540
Laranjeiras FDD 3	38.7458	-9.166663	34.00	7/8	40	K742212	18	130	4	2	2.2460
Av Álvaro Pais FDD 1	38.7449	-9.150678	23.00	7/8	40	K742212	18	0	4	2	3.4600
Av Álvaro Pais FDD 2	38.7449	-9.150678	26.00	7/8	40	K742212	18	242	4	1	3.4600
Av República FDD 1	38.7346	-9.145249	42.00	7/8	100	K742212	18	2	7	7	4.6800
Av República FDD 2	38.7346	-9.145249	34.00	7/8	60	K742212	18	125	7	3	3.6900
Av República FDD 3	38.7346	-9.145249	34.00	7/8	60	K742212	18	237	5	4	3.6900
Valbom FDD 1	38.7357	-9.150581	27.00	7/8	27	K742212	18	0	2	4	1.8450
Valbom FDD 2	38.7357	-9.150581	27.00	7/8	27	K742212	18	122	2	0	3.0750
Valbom FDD 3	38.7357	-9.150581	27.00	7/8	27	K742212	18	237	2	2	1.8450

Table 13: 3G+DVB-SH collocated sites characteristics.

The coordinate system shown in the table 1 is the WGS84 Long/Lat for UTM zone 28N. The units of the variables above are: meters for the antennas heights and feeder length; degrees, for azimuth and tilts and dBi for antennas gain.

The objective is to cover 95% of the area shown above, through the combined use of the two technologies in the antennas.

Since the estimates of coverage depend on the profile of the terrain and the morphology of the area. The next figure the distribution of the Clutter Class in the area the analysis will focus on.



Figure 3: Clutter Classes.

The table 2 presents the setup Atool - A9155 V 6.6 (planning tool used) for UMTS+DVB-SH coverage simulations.

Code	Name	Height (m)	Model standard deviation (dB)	Ec/Io Standard Deviation (dB)	Eb/Nt Standard Deviation DL (dB)	Eb/Nt Standard Deviation UL (dB)	Indoor Loss (dB)	% Pilot Finger	Orthogonality factor
0	unclassified	0	0	7	7	7	0	100	0.6
1	open	0	0	7	7	7	0	100	0.6
2	sea	0	0	7	7	7	0	100	0.6
3	inlandwater	0	0	7	7	7	0	100	0.6
4	residential	0	0	7	7	7	0	100	0.6
5	meanurban	0	0	7	7	7	0	100	0.6
6	denseurban	0	0	7	7	7	0	100	0.6
7	buildings	0	0	7	7	7	0	100	0.6
8	village	0	0	7	7	7	0	100	0.6
9	industrial	0	0	7	7	7	0	100	0.6
10	openinurban	0	0	7	7	7	0	100	0.6
11	forest	0	0	7	7	7	0	100	0.6
12	parks	0	0	7	7	7	0	100	0.6
26	denseurbanhigt	0	0	7	7	7	0	100	0.6
27	blockbuildings	0	0	7	7	7	0	100	0.6
28	denseblockbuik	0	0	7	7	7	0	100	0.6
29	rural	0	0	7	7	7	0	100	0.6

Table 2: 3G+DVB-SH collocated sites configurations.

Since there is no generic propagation model for different types of environments, frequency and parameters, most of the times the network planners choose to use a hybrid model, which will consider whether the characteristics of the empirical models or rhetorical models. Hybrid models therefore have a greater flexibility and can be defined and calibrated with the use of measurements for the desired propagation environments, where the network planning will be applied.

For the networks above 3.5 GHz the propagation models of Okumura-Hata, Ikegami-Walfisch and the Ercceg are used. For this study the Okumura-Hata model has been chosen [6] since it is the easiest to implement, although this model has to be adapted to the environment in question and also for the two frequencies pilot of the UMTS and DVB-SH.

This model requires an adjustment for different types of environments, once the topology and morphology of the terrain varies. Thus, urban environments typically have to take into account that not all buildings have the same structures, dimensions and floors. On the other hand, we can have straight or curved streets, small squares, alleys, etc.. Thus, the expression to use in case of urban environments is as follows:

$$\bar{P}L_{Urban} = 69,55 + 26,16 \log_{10} f - 13,82 \log_{10} h_b + (44,9 - 6,55 h_b) \log_{10} d - a(h_m) \quad (2)$$

Being $a(h_m)$ given by:

$$a(h_m) = (1,11 \log_{10} f - 0,7) h_m - (1,56 \log_{10} f - 0,8) \quad (3)$$

The maximum transmission power is assumed to be 36dBm and the minimum transmission power 33dBm.

After calibration of the Okumura-Hata propagation model for UMTS, we obtained the results shown in Figures 4 and 5.

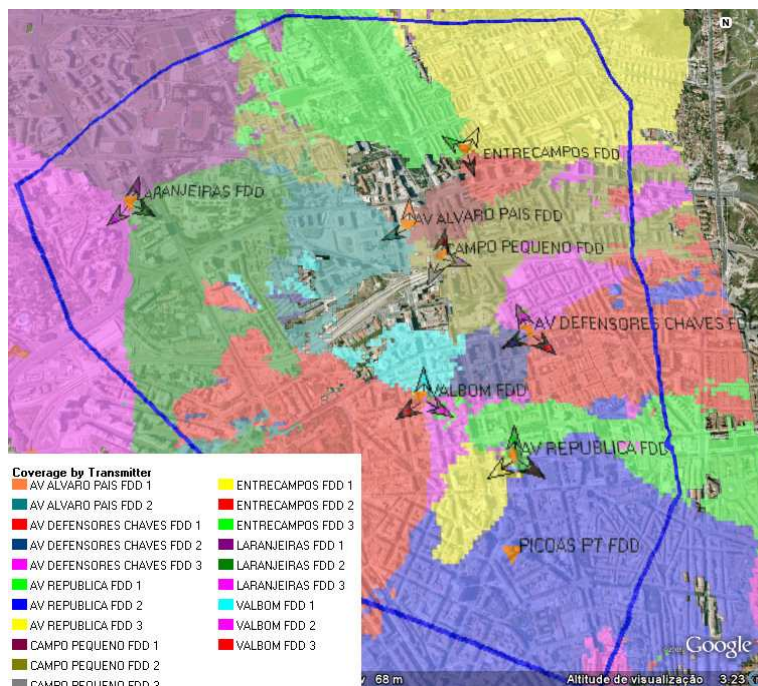


Figure 4: 3G coverage by sector.

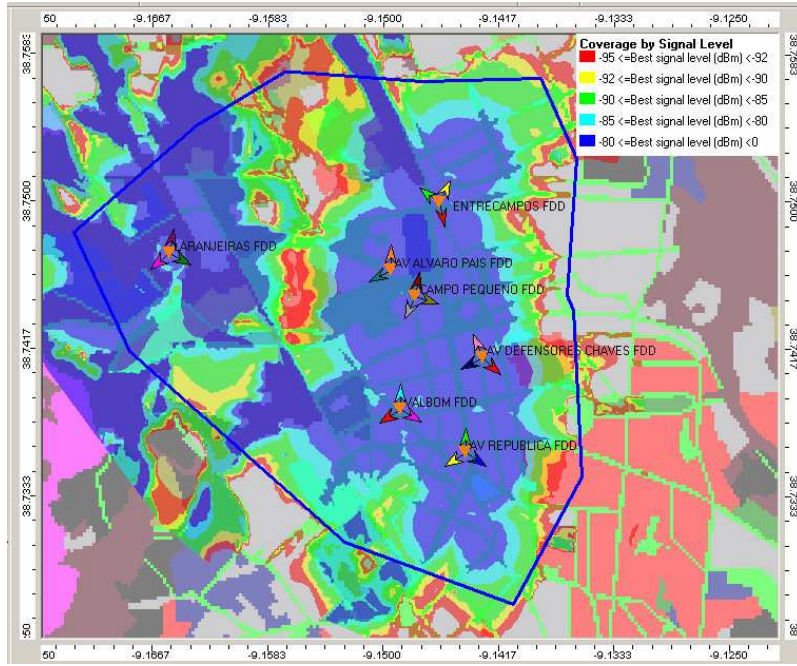


Figure 5: 3G Signal levels.

For the DVB-SH case, since most mobile TV systems operate in the UHF band or S band, you can make a segmentation of the co-located UMTS site. Thus, the existing UMTS infrastructure can be used, with the necessary changes, i.e., the introduction of a terrestrial repeater shelf in the Node B (see figure 1).

The propagation model to be used is similar to that used in 2G/3G/Wimax, however it is necessary to calibrate the model in order to meet the appropriate requisites for the area in question.

Since Okumura-Hata model was initially developed for frequencies up to 1500 MHz, for the DVB-SH and 4G networks, which operate at higher frequencies, it is necessary to adapt the model in order to have a valid expression for higher frequencies. This adaptation was made by the European Committee COST, so it is often called COST-231 Hata model.

The expression of adaptive model COST-231 Hata for frequencies between 1500 MHz and 2000 is as follows:

$$L(dB) = 46,3 + 33,9 \log_{10}(f) - 13,82 \log_{10} h_b - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \log_{10} h_b) \log_{10}(d) - K \quad (4)$$

Where the value of $a(h_m)$ is calculated using Equation 3 and K is the corrective factor related with the terrain, which can have two values: 0 dB for the case of small towns or suburban areas and 3 dB for the case of large cities.

The modulation used was 16QAM with a code rate of $\frac{1}{2}$ and $\frac{3}{4}$ of MPE-FEC and a $C/N=14$ dB.

The next figure presents the calibration of the model with the parameters used, based on the previous equation.

Parameters:	
Near transmitter	
Maximum Distance	2000
K1 - los	19
K2 - los	39,2
K1 - nlos	19
K2 - nlos	39,2
Far from transmitter	
K1 - los	52
K2 - los	28,65
K1 - nlos	52
K2 - nlos	28,65
Effective antenna height	
Method	0 - Height above the ground
Distance min (m)	0
Distance max (m)	15000
K3	15,07

Diffraction	
Method	1 - Deygout
K4	0,23
Other parameters	
K5	-4,33
K6	0
Kclutter	1
Hilly terrain correction	0 - No
Limitation to Free Space Loss	1 - Yes
Profiles:	0 - Radial
Grid calculation:	0 - Centred
Clutter taken into account:	
Heights	
Consider heights in diffraction	1 - Yes
Receiver on top of clutter	0 - No
Range	
Maximum Distance	0
Weighting function	0 - Uniform

Parameters per clutter class:	
	Losses (dB)
1 - OPEN (0m)	-15
2 - SEA (0m)	-20
3 - INLAND WATER (0m)	-20
4 - MEAN INDIVIDUAL (0m)	-11,8
5 - MEAN COLLECTIVE (0m)	-10,51
6 - DENSE COLLECTIVE (0m)	-6,83
7 - BUILDING (0m)	-7
8 - VILLAGE (0m)	-16,2
9 - INDUSTRIAL (0m)	-13,7
10 - OPEN IN URBAN (0m)	-11,08
11 - FOREST (0m)	-14,79
12 - PARK (0m)	-9,59
13 - DENSE INDIVIDUAL (0m)	-7,28
14 - BLOCK BUILDING (0m)	-6,5
16 - SCATTERED URBAN (0m)	-12,7

Figure 6: Calibration parameters used.

The maximum transmission power is assumed to be 44 dBm and the minimum transmission power 37dBm.

Also for the case of DVB-SH, were estimated the predicted coverage and signal level estimates are presented below.

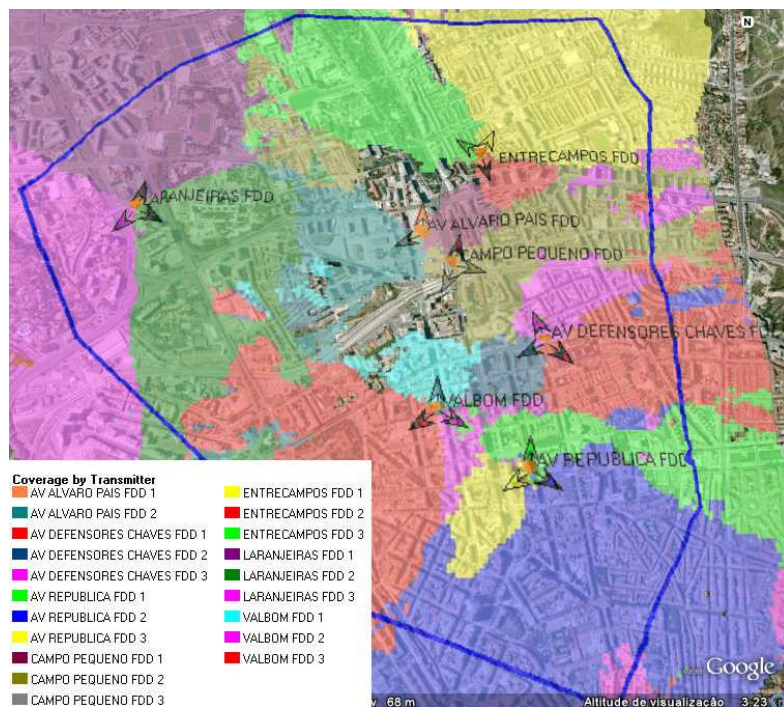


Figure 7: DVB-SH coverage by sector.

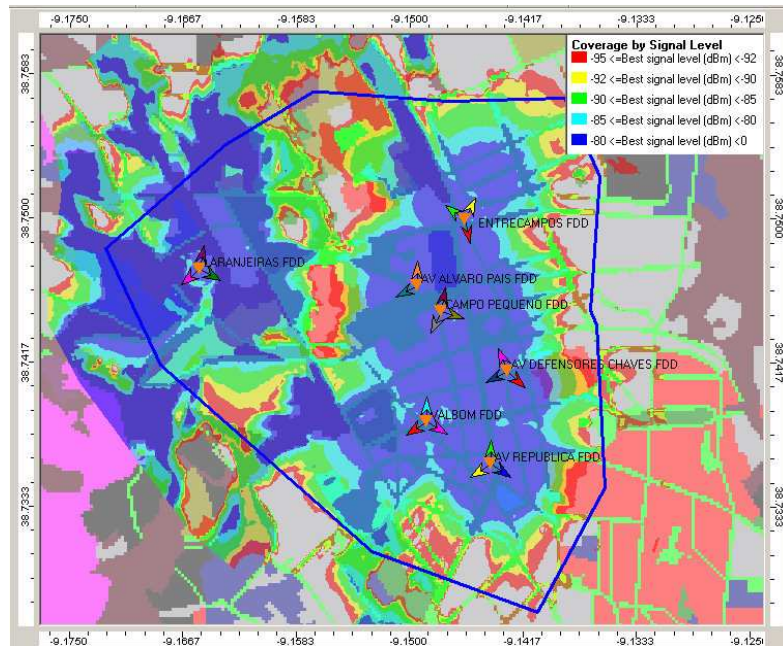


Figure 8: DVB-SH Signal levels.

The predicted simulations show that the coverage area for UMTS is bigger than the one obtained for DVB-SH. In the limit of the cells we can see that the degradation of the signal strength is more abrupt in DVB-SH than in UMTS.

3. Measures

The next figures present the results obtained with the ensaios de campo for collecting the signals received from UMTS and DVB-SH. Figure 9 - signal level for UMTS technology and figure 10 - signal level for the DVB-SH.

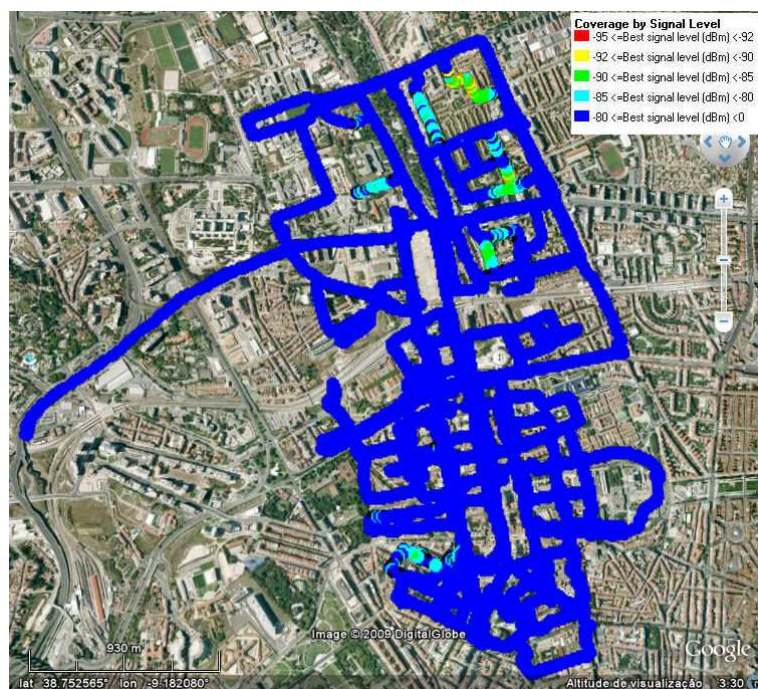


Figure 9: UMTS Signal levels.

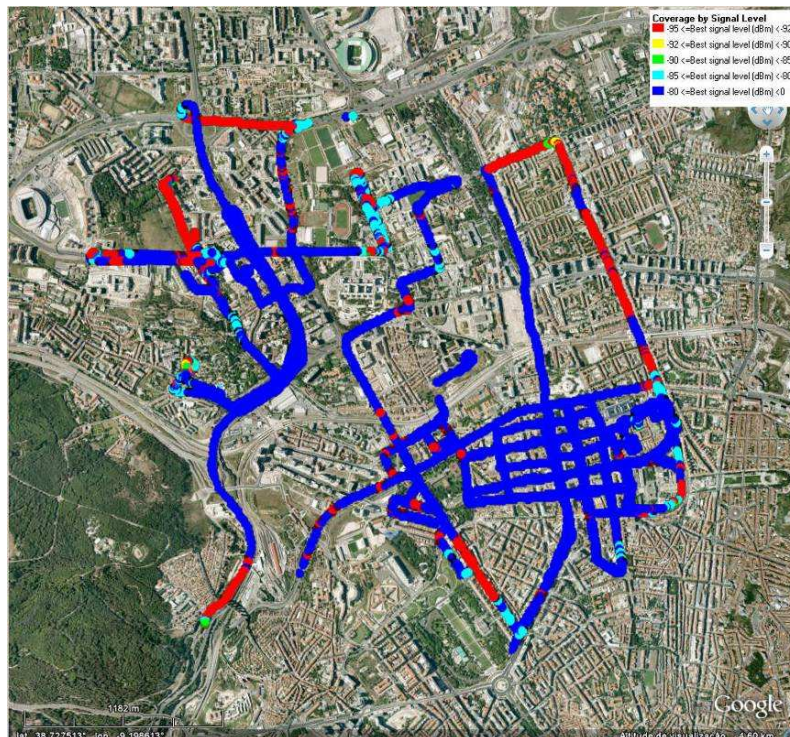


Figure10: DVB-SH Signal levels.

4. Comparison of Results

Comparing the two systems, we can say that regarding the coverage level, the rays of the DVB-SH cells are larger, because we have higher transmission power. However, since the sensitivity reception of a DVB-SH mobile, to ensure the service is lower (-95dBm) to UMTS (-105 dBm), we will have a smaller coverage area with DVB-SH.

In what concerns the signal level, we can see that in the surround site areas the signal levels for the two technologies are very similar. Major differences occur when we move away from the sites. As the coverage area of DVB-SH cells is lower, levels of signal in DVB-SH will vary faster than 3G.

5. Conclusions

The figures presented are in agreement with the theoretical concepts, since the goal of 3G is to have longer range, even if it means a lower signal level.

The aim of DVB-SH is not to cover a large area, but to provide a better signal level so that the quality of services is better. In order to have the same footprint as 3G, DVB-SH repeaters are used, which allow the increase of the coverage area, but with the condition that they maintain the quality of the signal level. In general, it can be said that UMTS aimed is the range, while the DVB-SH is designed to signal quality. It follows therefore that the two technologies can coexist and can be complementary, rather than directly competing, since one aims at the quality of the signal and the other at a longer range.

References

1. Vijay K. Garg, "Wireless Systems", Prentice-Hall, Inc., 2002
2. http://w3.ualg.pt/~bamine/AP_UMTS1-20605-22317.ppt#307,13,UMTS -Arquitectura da Rede, Outubro 2009
3. G. Faria, J. A Henriksson, E. Stare, and P. Talmola, "DVB-H: Digital broadcast services to handheld dispositivos," Proceedings of the IEEE, vol.94, no. 1, pp. 194–209, January 2006
4. Rui de Melo, "A Rádio na Convergência Tecnológica UMTS, DAB e DVB – Perspectivas em Aberto", Revista da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais. Porto. ISSN 1646-0502. 1 (2004) 9-22
5. Alcate-Lucent, "Upgrading existing UMTS infrastructure for S-Band Mobile TV", 5 de Abril 2007.
6. Z. Nadir, Member, IAENG , N. Elfadhil, F. Touati, "Pathloss Determination Using Okumura-Hata Model And Spline Interpolation For Missing Data For Oman", Proceedings of the World Congress on Engineering 2008 Vol I, WCE 2008, July 2 - 4, 2008, London, U.K.
7. Blaustein Matha. , "Radio Propagation in Cellular Networks", Artech House, Boston-London, 1999

ANEXO II

WinProp Propagation Engine



Coverage and capacity planning of wireless networks requires accurate predictions of the mobile radio channel with very short computation times for all types of cells in any kind of environment.

Accurate, fast, and efficient

The propagation model is one of the most important modules in a radio network planning tool. While for network optimization the computation time should be short, all physical phenomena should be considered to achieve a high accuracy. WinProp's DPM (Dominant Path Model) focuses on all relevant propagation effects and combines high accuracy with computation times in the range of empirical models. An auto-calibration with measurements allows a simple tuning of DPM's parameters.

Full range of cell types & air interfaces

To achieve the highest accuracy for macro, micro, and pico cells, WinProp considers simultaneously different types of databases (topography, clutter, vector buildings) - depending on their availability in rural, suburban, and urban environments as well as inside buildings. So all air interfaces (2G, 2.5G, 3G, HSPA, LTE, WiMAX), arbitrary antenna heights, all transmitter types, and all cells in the whole network can be planned with the WinProp propagation model.

Vector Building Data



Today, wireless networks must provide high data rates inside buildings. Therefore the actual buildings cannot be ignored in the predictions. The waveguiding in street canyons as well as the diffractions at roofs and wedges are dominating the wave propagation in urban scenarios. WinProp's DPM considers optionally the vector data of the buildings to include the most important propagation effects. This leads to a very high accuracy.

Trees and Vegetation

Trees and parks attenuate the propagation of electromagnetic waves. Vegetation areas are considered in the prediction and characterized by their heights and by a specific attenuation (dB/m).

Transition to large areas

Very large areas can be predicted in a hybrid mode. Around the transmitter with the DPM and far away with Atoll's standard propagation model. A weighted bilinear interpolation between the two models leads to a smooth transition.

Indoor Coverage

In-Building coverage is very important and WinProp offers two options for the indoor coverage: Either empirical indoor models without consideration of indoor walls or CNP (Combined Network Planning) including indoor walls.



Databases

The WinProp plug-in fully supports various data formats for topo, clutter and vector building data.

Plug-In for Forsk Atoll

WinProp Propagation Engine

Plug-In for Forsk Atoll

Features:

Air Interfaces

2G, 2.5G, 3G, HSPA, LTE, WiMAX
GSM/GPRS/EDGE, UMTS/HSPA, LTE, CDMA 2000,
TD-SCDMA, WiMAX/BWA, Microwave Links
Frequency bands between 300 MHz and 30 GHz

Cell Types

Macro, Micro, Pico, Femto
Arbitrary transmitter heights

Input Data

Topographical (DTM) Databases

Pixel databases

Clutter (land usage) Databases

Pixel databases. Each class with
individual height, clearance,
and frequency dependent losses

Vegetation Databases

Pixel data (either extracted from clutter
or vector data) with individual heights

Building Databases

Either 3D vector building data
(cylinders with polygonal ground plane)
or pixel data extracted from DEM

Prediction Models

Empirical Models (Direct Ray)

COST 231 Walfisch-Ikegami

Deterministic Models (Vertical Plane)

Knife Edge Diffraction (at topography,
clutter heights and/or building data)

3D Deterministic Models

DPM (Dominant Path Model)

IRT (Intelligent Ray Tracing)

Outputs

Forsk Atoll Data Format

Path Loss Map

Further Output (visualized with separate GUI)

Delay Spread

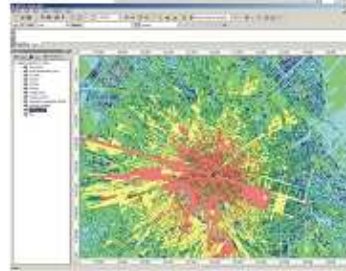
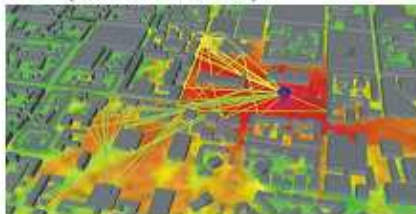
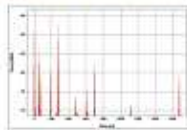
Angular Spread

Propagation Paths

Channel Impulse Response

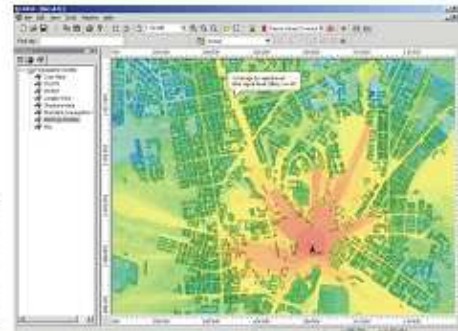
Angular Profile

(DoA for MS and BS)



WinProp IRT

WinProp DPM



Additional Tools

Auto-Calibration with measurements

Calibration of parameters of Dominant Path Model

Calibration of clutter classes

Platforms

Propagation Module as Plug-In (DLL)

for Forsk Atoll™ and Alcatel-Lucent 9155™

AWE Communications GmbH
Phone: + 49 70 31 71 49 7 -0

Otto-Lilienthal-Str. 36
Fax: +49 70 31 71 49 7-12

71034 Boeblingen Germany
mail@awe-communications.com