

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
Engenharia Electrotécnica e Computadores

Relatório de Estágio

**Estudo de uma rede TETRA
e respectivo planeamento de implementação**

Joel Ricardo da Silva Cunha Melo

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
Engenharia Electrotécnica e Computadores

Relatório de Estágio

**Estudo de uma rede TETRA
e respectivo planeamento de implementação**

Joel Ricardo da Silva Cunha Melo



Governo da Republica Portuguesa



União Europeia

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Estudo de uma rede TETRA e respectivo planeamento de implementação

Joel Ricardo da Silva Cunha Melo

Relatório submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de licenciado em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores
(Área de especialização de Telecomunicações)

Relatório realizado sob a supervisão de
Professor Mário Jorge Moreira Leitão,
do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Dezembro de 2006



Governo da Republica Portuguesa



União Europeia

Índice Geral

1 Contexto	6
1.1 Justificação	6
1.2 Grupo EDP	7
1.3 Telecomando da rede eléctrica de Média Tensão	8
2 Introdução	9
3 Introdução à tecnologia TETRA	11
3.1 Visão geral sobre os sistemas <i>Trunking</i>	11
3.2 Benefícios do <i>Trunking</i>	12
3.3 Tipos de <i>trunking</i>	12
3.4 Standardização ETSI	13
3.5 O papel do TETRAMoU	14
3.6 Sistemas TETRA em operação	14
4 TETRA	16
4.1 Introdução	16
4.2 TDMA e eficiência espectral.....	17
4.3 Modos de operação TETRA	18
4.3.1 Trunked Mode Operation (TMO)	18
4.3.1.1 Pilha Protocolar	19
4.3.1.2 Estrutura TDMA	23
4.3.1.3 Multiplexagem de canais	23
4.3.1.4 <i>Bursts</i>	26
4.3.2 <i>Direct Mode Operation</i> (DMO).....	27
4.3.2.1 Pilha protocolar.....	27
4.3.2.2 Estrutura TDMA	28
4.3.2.3 <i>Bursts</i>	28
4.3.2.4 Modos de operação	29
4.3.2.5 Benefícios do DMO	31
4.3.3 Packet Data Optimized (PDO).....	32
4.4 Endereçamento e identidades TETRA.....	33
5 Arquitectura e serviços TETRA	37
5.1 Arquitectura	37
5.1.1 Peripheral equipment interface (PEI).....	38
5.1.2 Inter-System interface (ISI)	39
5.2 Classificação dos terminais	40
5.3 Segurança	41
5.4 Modelo de referencia ISO-OSI.....	43
5.5 Serviços	44
5.5.1 Serviços de voz e dados	44
5.5.1.1 Teleserviços	44
5.5.1.2 Serviços de dados	46
5.5.1.3 Serviços suplementares.....	48
5.5.2 Comparação dos serviços.....	50
6 Estudo de cobertura.....	51
6.1 Introdução.....	51
6.2 <i>Radio Mobile</i>	51
6.3 Metodologia de trabalho	52
6.3.1 Sites	52
6.3.2 Instalações	53
6.3.3 Simulação	53
6.4 Demonstração de resultados.....	54
7 Conclusões	60
Bibliografia	61

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Estrutura do Gabinete de Telecomunicações.....	6
Figura 4.1 – Portadora TETRA	17
Figura 4.2 - Comparativo da largura de banda usada em várias tecnologias.....	17
Figura 4.3 - Pilha protocolar do TETRA V+D.....	19
Figura 4.4 - Estrutura de tramas do TETRA V+D	23
Figura 4.5 – Estrutura do burst de uplink do TETRA V+D	26
Figura 4.6 – Estrutura do burst de downlink do TETRA V+D	26
Figura 4.7 - Pilha protocolar do TETRA DMO	27
Figura 4.8 - Estrutura de tramas do TETRA DMO	28
Figura 4.9 - Estrutura do burst do TETRA DMO	28
Figura 4.10 - Operação DMO em modo <i>back-to-back</i>	29
Figura 4.11 - Operação DMO em modo repetidor	30
Figura 4.12 - Operação DMO em modo <i>dual-watch</i>	30
Figura 4.13 - Operação DMO em modo <i>gateway</i>	31
Figura 5.1 - Arquitectura básica de uma rede TETRA.....	37
Figura 5.2 - Peripheral equipment interface	39
Figura 5.3 - Modelo de referência ISO-OSI.....	43
Figura 5.4 - Definição de bearer services e teleservices.....	44
Figura 6.1 - Localização geográfica dos sites por fase de implementação	52
Figura 6.2 - Janelas de configuração	53
Figura 6.3 - Médias do sinal recebido em cada AR.....	58
Figura 6.4 - Médias do sinal recebido em cada AR por cada tipo de instalação	59

Índice de Tabelas

Tabela 4.1: Principais parâmetros do sistema TETRA.....	17
Tabela 5.1 : Classes de potência dos terminais	40
Tabela 5.2 : <i>Data rates</i> no modo de circuito	46
Tabela 5.3 : Tipos de mensagens SDS	47
Tabela 5.4 : Categorização dos serviços de telecomunicações.....	48
Tabela 5.5 : Comparativo dos serviços oferecidos em TMO e DMO	50
Tabela 6.1 : Índice de mapas de cobertura	54
Tabela 6.2 : Médias do sinal recebido em cada AR por cada tipo de instalação	59

Acrónimos

ACELP	<i>Algebric Code Excited Linear Prediction</i>
AR	<i>Área de Rede</i>
BER	<i>Bit Error Ratio</i>
BLER	<i>BLock Error Rate</i>
DAWS	<i>Digital Advanced Wireless Services</i>
DMO	<i>Direct Mode Operation</i>
DQPSK	<i>Differential Quaternary Phase Shift Keying</i>
EB	<i>Estação Base</i>
EM	<i>Estação Móvel</i>
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
FDMA	<i>Frequency Division Multiple Access</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LLC	<i>Logical Link Control</i>
MAC	<i>Medium Access Control</i>
MER	<i>Message Erasure Rate</i>
MMI	<i>Man / Machine Interface</i>
MoU	<i>Memorandum of Understanding</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
OTAR	<i>Over The Air Re-keying</i>
PDO	<i>Packet Data Optimized</i>
PEI	<i>Peripheral Equipment Interface</i>
PMR	<i>Private Mobile Radio</i>
RF	<i>Rádio Frequência</i>
SCH	<i>Signalling CHannel</i>
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>
SMS	<i>Short Messaging Service</i>
SwMI	<i>Switching and Management Infrastructure</i>
STM	<i>STatistical Multiplexing</i>
STMA	<i>STatistical Multiple Access</i>
TCH	<i>Traffic CHannel</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
TETRA	<i>Terrestrial Trunked Radio</i>
TMO	<i>Trunked Mode Operation</i>
TS	<i>Time Slot</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
V+D	<i>Voice + Data</i>
VHF	<i>Very High Frequency</i>

1

Contexto

1.1 Justificação

Este relatório refere-se a um estágio realizado no âmbito da disciplina Projecto, Seminário ou Trabalho de Final de Curso (PSTFC) do 5º ano da Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e Computadores realizado no Gabinete de Telecomunicações da EDP Distribuição, Departamento de Operações e Manutenção, Manutenção Norte (GBTL-TLOM-MN), com o tema “Estudo de um projecto de uma rede TETRA e respectivo planeamento de implementação” e com a duração de 6 meses.

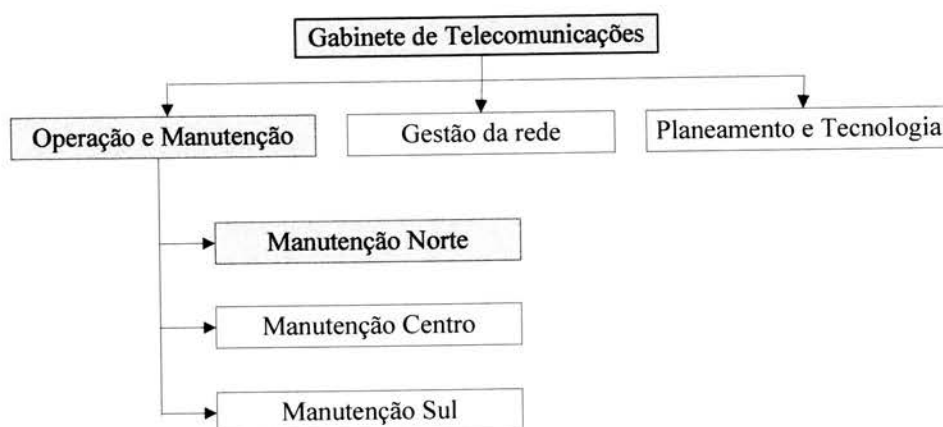


Figura 1.1 - Estrutura do Gabinete de Telecomunicações

Intervenientes:

- Orientador FEUP: Professor Mário Jorge Moreira Leitão
- Orientador EDP: Pedro Henrique Filipe P. Gama
- Aluno: Joel Ricardo da Silva Cunha Melo

Local do estágio: Instalações do GBTL, Porto - Rua João das Regras, 247

Fases do Projecto

- 1 - Estudo teórico das redes moveis digitais, nomeadamente do tipo TETRA
- 2 - Análise da proposta técnica do projecto
- 3 - Planeamento da implementação no terreno do projecto anterior

1.2 Grupo EDP

O Grupo EDP encontra-se entre os grandes operadores Europeus do sector eléctrico e é um dos maiores grupos empresariais Portugueses. É o único grupo empresarial do sector eléctrico da Península Ibérica com actividades de produção e distribuição nos dois países, Portugal e Espanha – onde detém o controlo do 4º maior operador eléctrico espanhol, a Hidrocantabrico –, e prossegue com sucesso, uma estratégia de internacionalização, apostando em mercados com elevado potencial de crescimento, e está presente nos sectores eléctricos da América Latina – com grande representação no Brasil –, de Africa e de Macau, nos negócios da Produção, Distribuição e Comercialização.

As actividades do Grupo EDP estão centradas nas áreas de produção e distribuição de energia eléctrica, telecomunicações e tecnologias de informação, mas abrangem também outras áreas complementares e relacionadas, como as da água, gás, engenharia, ensaios laboratoriais, formação profissional ou gestão do património imobiliário.

A visão da empresa é simples e clara, ser o mais competitivo e eficiente produtor e fornecedor de serviços e soluções energéticas de electricidade e gás na Península Ibérica, contando para isso com os seguintes objectivos estratégicos:

- Reforço da posição competitiva na Península Ibérica
- Controlo de custos e melhoria dos níveis de qualidade de serviço da distribuição de energia eléctrica
- Maximização do valor económico dos investimentos internacionais e em actividades complementares

O Grupo EDP tem vindo a desenvolver várias iniciativas, quer de natureza organizativa quer de melhoria de produtos e serviços, que visam elevar o nível de satisfação dos seus clientes. A satisfação do cliente externo pressupõe a satisfação de clientes internos e de colaboradores e reflecte-se, necessariamente, nos resultados.

1.3 Telecomando da rede eléctrica de Média Tensão

O sistema de telecomando da rede eléctrica de média tensão tem como finalidade o comando remoto dos órgãos espalhados em pontos críticos da rede de media tensão da EDP Distribuição e a monitorização do seu estado, possibilitando a aquisição de dados e execução de comandos à distância, permitindo efectuar manobras e gestão das redes em tempos reduzidos, aumentando a qualidade de serviço, e reduzindo os tempos de indisponibilidade, aglomerando as comunicações nos centros de condução.

Actualmente, o meio de comunicação utilizado pelos órgãos de rede é baseado num sistema rádio com utilização na banda VHF (80 Mhz) e com recurso a repetidores para obtenção de uma maior cobertura. A EDP Distribuição, tem na sua rede de Média Tensão, sistemas do tipo SCADA destinados à função de comando e controlo dessas Infra estruturas.

Os sistemas de Aquisição de Dados e Controlo de Instalações (SCADA) permitem receber da rede a informação correspondente ao estado das instalações, incluindo os órgãos de manobra, e os valores das medidas, assim como enviar comandos para essas instalações. Efectua também a gestão das mensagens geradas, nomeadamente as correspondentes a alarmes verificados durante a exploração.

Na aplicação SCADA actualmente em uso para Telecomando da Rede Eléctrica da Média Tensão (TCMT) cada porta do *Front-End* de Comunicações do SCADA gere um determinado número de URR. Uma parte das unidades remotas deste sistema utiliza como via de comunicação a rede GSM.

2

Introdução

As comunicações desempenham um papel crucial na operação contínua das empresas prestadoras de serviços. O suporte de informação operacional em tempo real (SCADA, teleprotecção), voz, vídeo e interligação de redes de dados, assim como a tendências para a disponibilização de serviços a entidades externas, põe novos desafios às redes de telecomunicações destas empresas, obrigando a implementação de redes avançadas, que integrem diversas tecnologias e sejam geridas centralmente.

Para fornecer esse nível global de serviço, estas empresas necessitam de implementar sistemas integrados de comunicação e informação de apoio à operação e exploração.

No caso particular das empresas de Distribuição de Electricidade, salienta-se a necessidade de dispor de telecomunicações próprias para operarem as suas redes e satisfazerem as suas necessidades administrativas e corporativas. Neste contexto a EDP Distribuição definiu como prioritárias as seguintes necessidades:

- Introdução de novos equipamentos capazes de responder às novas necessidades (Gestão operacional da rede eléctrica)
- Integração de aplicações e serviços (voz, dados e imagem) na mesma plataforma de comunicações
- Rede flexível e de fácil configuração/ampliação

Deste modo surgiu a necessidade de renovar a rede de telecomunicações de modo a que esta se mantenha fiável e com capacidade de suprir as necessidades impostas pelas actividades da empresa, respondendo com eficácia aos requisitos operacionais desta.

Os actuais desafios que se apresentam à empresa, nomeadamente de racionalização, aumentos de eficiência e melhoria da Qualidade de Serviço, justificam a utilização de uma rede móvel digital própria (PMR), para comunicações em simultâneo de voz, dados e imagem.

Actualmente a EDP tem em uso sistemas rádio VHF e UHF convencionais para satisfação das suas necessidades. É intenção da empresa efectuar a migração das suas redes construídas com base em equipamentos e sistemas rádio do tipo convencional para uma nova rede rádio privativa PMR, do tipo digital, de recursos partilhados, de acordo com o standard TETRA, na banda dos 410 – 430 Mhz.

Os tipos de comunicações a ser utilizados são os de fonia, aplicações de dados e imagem parada, salientando-se nas aplicações de dados, a garantia adequada para o suporte ao telecomando da rede eléctrica de media tensão. As principais comunicações a utilizar são entre os despachos (centros de condução) e as brigadas móveis.

A utilização da nova rede PMR é considerada vital para uma boa gestão da rede de distribuição de electricidade, realçando as novas aplicações na transmissão de voz e dados, nomeadamente para o serviço de voz, individual e em grupo para a operação no campo, mensagens SDS para o telecontrolo, interface com o PSTN, interligação DMO (Direct Mode Operation) para a comunicação entre operadores, etc. A adopção da tecnologia TETRA ao TCMT, é considerada como fundamental para a redução dos tempos de interrupção e melhoria da Qualidade de Serviço. O TETRA dá garantia de acesso rápido à rede, não permitindo a intromissão de comunicações de outros serviços, qualquer que seja a sua prioridade.

O estado actual da arte desta nova plataforma tecnológica, permite concluir que estas tecnologias estão suficientemente estáveis quanto à **fiabilidade, funcionalidade e qualidade**, o que leva à conclusão que a estratégia de implementação da futura rede digital móvel TETRA é a mais adequada para, em tempo útil, melhorar a qualidade de serviço da empresa e diminuir os tempos de interrupção, pelas suas características técnicas que o distinguem de outros sistemas digitais nomeadamente no que concerne a:

- Flexibilidade
- Robustez
- Segurança
- Fiabilidade
- Resiliência
- Comunicação simultânea de voz, dados e imagem
- Garantia de acesso à rede e rapidez («300ms)
- Funções de Despacho/Consolas
- Eficiência de espectro
- Chamadas de Grupo e Emergência
- Integração de Serviços
- Escalabilidade

Características estas que o tornam ideal às necessidades operacionais da empresa.

3

Introdução à tecnologia TETRA

3.1 Visão geral sobre os sistemas *Trunking*

Os primeiros sistemas de rádio serviam grupos fechados, eram analógicos, tinham modulação FM e canal aberto. Estes sistemas foram evoluindo para sistemas mais complexos com utilização de sinalização para permitir chamadas selectivas. A separação entre grupos diferentes de utilizadores era feito por divisão de frequência, visto que cada grupo tinha a ou as suas frequências. A interligação de utilizadores pertencentes a grupos com frequências diferentes só era possível através de um processo manual com a intervenção do operador.

O crescimento destas redes começou a levantar alguns problemas nomeadamente na disponibilidade de espectro. A simples distribuição fixa de grupos de utilizadores por frequências era extremamente ineficiente. Para manter um determinado grau de qualidade que se mede em termos de tempo médio de espera na hora de maior tráfego, eram necessários cada vez mais canais embora estes estivessem livres uma grande parte do tempo. Para aumentar a eficiência na utilização dos canais sem degradar a qualidade de serviço apareceram sistemas de concentração de canais onde estes recursos estavam disponíveis para todos, sendo atribuídos quando solicitados. Estes sistemas são conhecidos como de recursos partilhados ou *trunking*.

A introdução de sistemas *trunking* em comunicações por rádio trouxe necessariamente um aumento de complexidade no sistema de sinalização, processamento e gestão. A utilização das facilidades de processamento cada vez mais sofisticadas permitiu ainda a introdução de novas funcionalidades, utilizando a mesma infra-estrutura, nomeadamente serviços de dados em conjunto com o sistema de sinalização ou independente dele. Apareceram vários sistemas proprietários utilizando estes princípios. Todos os grandes fornecedores tinham sistemas proprietários para oferecer mas estes tinham a grande desvantagem de serem incompatíveis entre eles. Deste modo, quem optasse por um desses sistemas ficava-se “amarrado” ao fornecedor quer em termos de infra-estrutura quer em termos de terminais.

3.2 Benefícios do *Trunking*

As técnicas *trunking* têm sido usadas ao longo de vários anos em redes telefónicas comutadas. O seu principal benefício quando comparado com os sistemas convencionais é normalmente visto como eficiência espectral, ou possibilidade de ter mais utilizadores rádio por canal RF comparado com um sistema rádio convencional para uma determinada qualidade de serviço, causada pela atribuição automática e dinâmica de um pequeno número de canais de comunicação partilhados por um número relativamente grande de utilizadores. Deste modo todos os utilizadores partilham todos os canais de tráfego em vez de estarem restritos a um único canal. Uma vez que estes sistemas suportam mais utilizadores do que os sistemas convencionais, os governos apoiam activamente o desenvolvimento e implementação de sistemas *trunking* na medida em que estes ajudam a aliviar a pressão de conseguir responder aos requisitos para atribuição de espectro.

Contudo, para o utilizador comum, a eficiência espectral nada significa. O que este quer é resolver os problemas operacionais associados às PMR convencionais mantendo a simplicidade de operação destas. O principal elemento do *trunking* que resolve estes problemas é o uso de um canal de controlo que permitem a atribuição automática e dinâmica de canais de tráfego de voz entre utilizadores de rádio móvel, deste modo cada conversação não necessita de um canal dedicado, o que conduz a uma utilização mais eficiente das frequências. Esta eficiência conduz a elevados aumentos de capacidade. Outro dos benefícios chave de um sistema *trunking* rádio sobre um sistema celular comercial é as funcionalidades e serviços fornecidos. Estes permitem ao utilizador a flexibilidade de adaptar o sistema às suas práticas de trabalho assim como permitem desenvolver estas de modo a tirar o máximo partido das funcionalidades que estes sistemas oferecem, fornecendo ainda um tempo de acesso muito mais rápido e permitindo a grupos operacionais de utilizadores coordenarem as suas actividades com base num sistema de informação coordenado por um ou mais operadores.

3.3 Tipos de *trunking*

TETRA emprega *trunking* para reduzir o espectro total ocupado. TETRA suporta três tipos de *trunking*:

Message trunking

Para a totalidade da chamada, que consiste em diversas transacções, um canal compreendendo um ou mais *time slots* numa frequência portadora, é alocado continuamente. Os vazios na transmissão dos dados ou voz permanecem não utilizados, o que significa que a sua capacidade é desperdiçada. O canal de tráfego é libertado somente quando a chamada é terminada.

Transmission trunking

Permite que o canal de tráfego seja alocado somente para a duração de cada transacção. O canal de tráfego é libertado no fim de cada transacção. A sinalização relacionada ocorre no canal de controlo. Este método assegura o uso eficiente da capacidade de transmissão disponível mas necessita de um sistema com tempos de reacção curtos. Contudo, o inconveniente é que em sistemas muito carregados a nível de tráfego podem ocorrer atrasos e partes da conversação podem ter de ser repetidos.

Quasi-transmission trunking

Neste modo é executado o *transmission trunking* mas com libertação de canais atrasada de um curto intervalo de tempo no fim de cada transacção. Durante este intervalo de tempo denominado *hang-time*, o canal permanece reservado para a próxima transacção. Se o canal for libertado, a sinalização é executada através do canal de controlo. Isto conserva menos capacidade de canal do que o método anterior mas reduz o risco de rupturas nas conversações quando ocorrem faltas de capacidade.

3.4 Standardização ETSI

A sociedade de Informação oferece um enorme potencial para enriquecer a vida de toda a gente. A nova tecnologia está a afectar o nosso trabalho, bem como as nossas vidas. Mas com novas oportunidades vêm novos desafios. A tecnologia torna as coisas mais rápidas, mais fácil, melhores. Mas é também mais complexa. Troca de dados em torno do Mundo, plataformas com práticas diferentes, línguas diferentes requerem uma ferramenta neutra para todas as partes envolvidas comunicarem. A standardização abre um trajecto através de toda esta complexidade.

O Instituto Europeu de Standard de Telecomunicações (*European Telecommunications Standards Institute* - ETSI) é uma organização independente de normalização, que tem por missão a produção de standards europeus de telecomunicações, desenvolvendo igualmente actividades de pré-normalização e normalização nas áreas das tecnologias da informação e da radiodifusão televisiva e sonora. ETSI une 654 membros de 59 países de dentro e fora da Europa, incluindo fabricantes, operadores de rede, administrações, fornecedores de serviço, corpos da pesquisa e utilizadores. O programa de trabalho do Instituto é determinado pelos seus membros, que também são responsáveis pela aprovação das deliberações. Como resultado, as actividades de ETSI estão intimamente próximas das necessidades do mercado e há uma larga aceitação dos seus produtos. Embora a responsabilidade principal do ETSI seja o desenvolvimento de *standards* para a Europa, um dos seus objectivos é também o de apoiar a harmonização global sempre que possível. Assim muitos dos seus *standards* são também adoptados no resto do Mundo, à semelhança do que acontece com o TETRA que se está a tornar num *standard* verdadeiramente global.

TETRA é uma de um número de tecnologias de comunicação digital standardizadas pela ETSI. A finalidade principal do *standard* TETRA era definir uma série de interfaces abertas, assim como serviços e funcionalidades com detalhe suficiente que permitisse a fabricantes independentes desenvolverem produtos e infra-estruturas com total interoperabilidade entre si e que colmatasse as necessidades de organizações tradicionais de utilizadores PMR.

3.5 O papel do TETRAMoU

Reconhecendo que as importantes exigências do mercado fora da responsabilidade do espaço ETSI necessitavam de ser dirigidas para assegurar o sucesso do TETRA, um variado número de organizações formaram a associação TETRA MoU (*Memorandum of Understanding*) em Dezembro de 1994, agora conhecida como a Associação TETRA. Os objectivos desta são suportar e promover o *standard* TETRA a nível Mundial, assegurar a interoperabilidade do equipamento e fornecer um fórum que actua em nome dos seus membros, indivíduos que compartilham um interesse comum no sucesso do *standard* TETRA, sendo estas organizações de utilizadores, fabricantes, fornecedores de aplicações, integradores, operadores, reguladores, consultores, etc, de modo a incentivar a adopção do *standard* e suportar iniciativas para obter níveis apropriados de espectro tais que o crescimento em sistemas operacionais TETRA não esteja restringido pelos regulamentos. Hoje em dia a Associação TETRA representa 130 organizações de todos os continentes.

3.6 Sistemas TETRA em operação

O Sistema de Rádio *Trunking* Terrestre (TETRA) é uma norma Europeia para o sistema de redes de radiocomunicações móveis dirigido a utilizadores profissionais. Os sistemas de radiocomunicações TETRA suportam aplicações comuns e aplicações profissionais avançadas, tais como chamadas em conferência, comunicações de voz e dados, telecópia, transferência de ficheiros, acesso a bases de dados, tratamento de mensagens, serviços de localização de veículos e de gestão de frotas, características que fizeram com que fosse adoptado em segmentos de mercado tão variados como a segurança pública, transportes, prestadores de serviços, comércio e indústria, forças militares, etc. Apesar de grande parte das redes estar implementada na Europa, um interesse crescente na tecnologia esta a verificar-se nas regiões da Ásia, Médio Oriente e América do Sul. De seguida são apresentados alguns sistemas TETRA actualmente em funcionamento, sistemas que mostraram claramente que o TETRA cumpre as expectativas dos utilizadores e excede consideravelmente as funcionalidades de outros sistemas digitais mais antigos.

Aeroporto Gardermoen

É o maior aeroporto da Noruega com capacidade de 17 milhões de passageiros por ano e foi o primeiro contrato TETRA do Mundo. O sistema fornece uma cobertura total do aeroporto, incluindo áreas ao ar livre, assim como áreas interiores e subterrâneas.

Central Nuclear de Leninegrado

Primeiro sistema TETRA aplicado no Sistema Nuclear Russo. Sistema composto por duas estações base, com capacidade de cerca de 400 utilizadores e cobrindo uma área de até 30 km num ambiente hostil. É usado para comunicações de voz e usa o *Short Data Service* e *Packet Data Service* de forma a permitir aplicações de dados

Móvil Producing Nigéria

Sistema implementado no Delta Nigeriano onde a maioria das 90 milhões de toneladas de petróleo da Nigéria são produzidas. Oferece soluções de cobertura para uma área de aproximadamente 3.200km², com elevados requisitos de segurança e condições de propagação difíceis, como grandes edifícios, construções e sistemas de túneis.

Sistema de Rádio da Segurança Pública da Cidade do Cabo

Sistema de segurança pública, primeiro do género a ser implementado em África, cobrindo mais de 4.419 km² e 5.047 utilizadores que assistem mais de 3,1 milhões de habitantes na Cidade do Cabo e arredores. A rede é composta por 19 sites.

Serviço Regional de Protecção Civil da Madeira

O serviço de protecção civil é responsável pela segurança dos 250.000 habitantes da Região Autónoma da Madeira e coordena a actuação das entidades de segurança pública da ilha, permitindo a interoperabilidade entre as mesmas. A rede cobre 13 sites na ilha da Madeira, incluindo um centro de comando e controlo totalmente integrado.

Câmara Municipal de Lisboa

O serviço de protecção civil é responsável pela segurança dos habitantes do Município de Lisboa e coordena a actuação das entidades de segurança pública da zona. A rede é constituída por 10 Estações Base, que asseguram a cobertura do Município de Lisboa, pelo Sistema de Comutação Central, por 4 sistemas de despacho e por uma frota de terminais portáteis e moveis, estes últimos integrados num sistema de localização geográfica.

4

TETRA

4.1 Introdução

TETRA é definido como um *standard* digital para redes rádio com recursos partilhados, desenvolvido pela ETSI. O *standard* é na prática, um conjunto de *standards*, cada um deles contendo várias partes, uma vez que um sistema tão detalhado é demasiado complexo para ser colocado numa única especificação, que cobrem diferentes aspectos da tecnologia, por exemplo, interfaces aéreas, interfaces de rede e os seus serviços e funcionalidades. Foi desenvolvido especificamente para ir ao encontro das necessidades actuais e futuras de uma larga variedade de organizações tradicionalmente utilizadoras de sistemas PMR, permitindo assim através de uma arquitectura escalável, e de uma elevada eficiência espectral, desenvolvimentos de rede com configurações que variam desde pequenas áreas ate uma cobertura de rede de nível nacional, ou até mesmo internacional, o que o torna ideal para aplicações em segmentos de mercado tais como segurança publica, serviços de emergência, empresas de transportes, forças militares, comercio e industria, e empresas prestadoras de serviços, como é o caso da EDP.

A norma TETRA foi desenvolvida ao longo dos anos através da cooperação de fabricantes, utilizadores, operadores e outros especialistas, aproveitando as lições e técnicas dos sistemas de rádio privado analógicos e do desenvolvimento com sucesso da norma GSM durante a década de 80. O desenvolvimento desta tecnologia verificou-se no início da década de 90, tendo tido grande adesão a partir do ano 2000, devido sobretudo ao atraso na comercialização da 3ª geração do GSM. A norma TETRA utiliza a tecnologia TDMA, com 4 canais de utilizador numa única portadora rádio e espaçamento entre portadoras de 25Khz, o que resulta numa utilização extremamente eficiente do espectro de frequências. A norma proporciona ainda um tempo de estabelecimento de chamada muito reduzido, um elevado suporte a comunicações de grupo, modo de funcionamento directo entre rádios, serviço de transferência de pacotes e circuitos de dados, economia de frequências e excelentes funcionalidades de segurança.

A tabela seguinte sumariza os principais parâmetros do sistema TETRA

Tabela 4.1: Principais parâmetros do sistema TETRA

Parâmetro	Valor
Distancia entre portadoras	25 kHz
Modulação	p/4-DQPSK
Método de acesso	TDMA com 4 <i>time slots</i> por portadora
Débito binário por portadora RF	36 kbit/s
Débito binário do utilizador	7.2 kbit/s
Débito binário máximo do utilizador	28.8 kbit/s (4 * 7.2 kbit/s)
Codificador de voz	ACELP a 4.56 bit/s

4.2 TDMA e eficiência espectral

A tecnologia TDMA foi adoptada no TETRA uma vez que oferece a melhor solução para balançar o custo do equipamento com os serviços e funcionalidades requeridos pelas organizações de utilizadores. A tecnologia TDMA usada no TETRA fornece 4 canais de comunicação independentes num canal RF de largura de banda de 25 kHz, como pode ser observado na figura 4.1, o que o torna duas vezes mais eficiente em termos de largura de banda ocupada quando comparado com um canal RF tradicional de largura de banda de 12.5 kHz do FDMA.

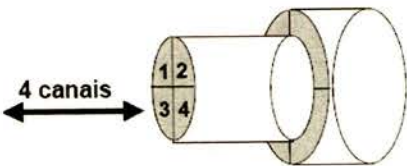


Figura 4.1 – Portadora TETRA

A Figura 4.2 permite fazer uma comparação com algumas das actuais tecnologias, ao nível da eficiência espectral.

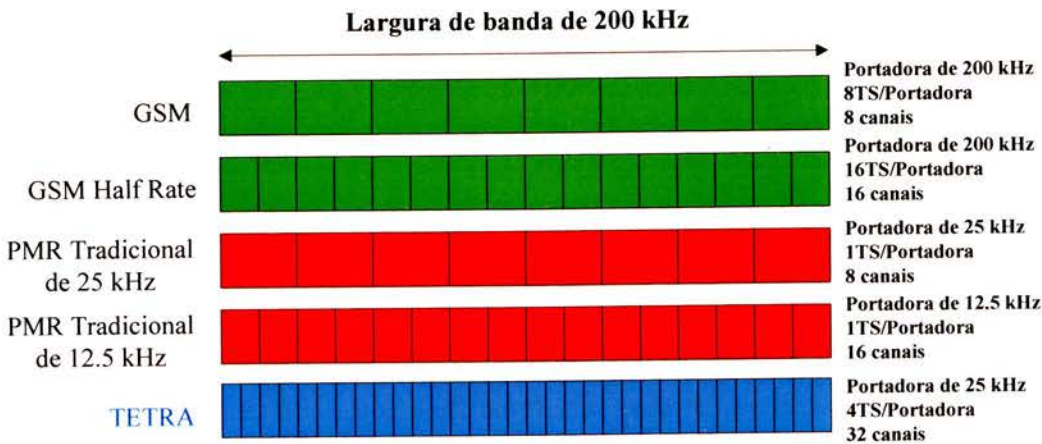


Figura 4.2 - Comparativo da largura de banda usada em várias tecnologias

Em termos de espectro esta tecnologia conduz a uma excelente economia: numa largura de banda de 200 kHz existem 32 canais - $(200 \text{ kHz} / 25 \text{ kHz}) * 4 \text{ TS}$; a título comparativo, na mesma largura de banda o GSM suporta 8 canais – cada portadora é de 200 kHz e tem 8 TS. Eficiência espectral RF é a combinação de três factores, a largura de banda ocupada por canal de comunicação, o factor de reutilização da frequência determinado pela relação Portadora / Interferência (C/I) em dB's e a tecnologia *trunking* usada. Como vimos anteriormente o TETRA utiliza a ultima tecnologia *trunking*.

Uma das vantagens da tecnologia TDMA é que permite que novos serviços e funcionalidades sejam suportados com custo mínimo. Alguns exemplos são:

Data Rates mais elevadas

As leis da física limitam a *data rate* máxima numa dada largura de banda de canal RF. Assumindo o mesmo esquema de modulação, quanto maior for a largura de banda do canal mais elevada será a *data rate*. Uma vez que TDMA usa canais maiores do que o FDMA, a *data rate* combinada numa portadora RF é mais elevada.

Voz e dados concorrentes

Devido à estrutura dos *time slots* TDMA é possível designar um *time slot* para transportar voz e o *time slot* seguinte para transportar dados numa transmissão de dois *slots* dos terminais rádio. Esta capacidade permite a um terminal rádio transmitir ou receber concorrentemente voz e dados ao mesmo tempo.

4.3 Modos de operação TETRA

O TETRA é uma tecnologia digital que permite integrar e centralizar os sistemas de telecomunicações de voz, dados e imagem, fornecendo a transmissão de voz e alternativas diferentes para a transmissão de dados. Inicialmente, três diferentes *standards* foram especificados: TETRA V+D (TMO), TETRA DMO, e TETRA *packet data optimized* (PDO). A escolha depende das intenções do utilizador, suas tarefas, e como pode melhor cumpri-las.

4.3.1 Trunked Mode Operation (TMO)

Este é o modo comum de utilização da rede TETRA, também conhecido por modo de circuito (V+D) e permite transmissão simultânea de voz e dados através de uma configuração de circuitos comutados. Opera na gama de frequências dos 150-900 MHz. É utilizado recorrendo à infra-estrutura da rede e permite aceder a todas as funcionalidades fornecidas pelo sistema. Neste modo é fornecida uma grande variedade

de serviços de voz e de dados sobre o mesmo suporte, suportando inclusive *handover* e *roaming*.

4.3.1.1 Pilha Protocolar

O ponto mais importante do TETRA é que toda a estrutura e pilha protocolar foram projectados para transmitir a voz digital assim como dados.

Para perceber como uma rede TETRA realiza as suas diferentes tarefas vamos analisar a estrutura das suas 3 camadas inferiores. Serão analisadas as tarefas específicas de cada camada e analisaremos como as camadas 2 e 3 são sub divididas para garantir a cooperação lisa entre as diferentes entidades protocolares requeridas para executar as diferentes tarefas.

Como representado na figura 4.3, a pilha protocolar é dividida em duas grandes partes: o plano de utilizador, responsável pelo transporte dos dados do utilizador e o plano de controlo, necessário para o controlo da ligação de comunicação. O plano de controlo é muito mais complexo e compreende várias funções nas camadas 2B e 3. Os dados do utilizador acedem directamente à camada 2A. As camadas 1 e 2A comuns a ambos não têm conhecimento do conteúdo de dados e sinalização com que lidam.

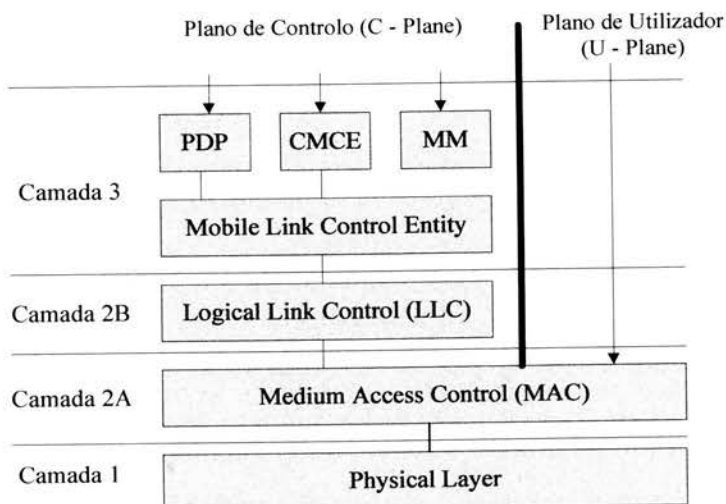


Figura 4.3 - Pilha protocolar do TETRA V+D

A base da camada protocolar está na camada física. A camada de ligação de dados é composta por duas sub-camadas (LLC e MAC).

Uma sub-camada MAC é introduzida para lidar com o problema de partilha do meio por um número de utilizadores. Na MAC a pilha protocolar é dividida em duas partes, *user plane* para transporte de informação sem capacidade de endereçamento e *control plane* para sinalização e dados do utilizador com capacidade de endereçamento. Acima do MAC reside a sub-camada LLC responsável por controlar a ligação lógica entre uma EM e um EB. Na camada de rede 3 encontramos uma sub-camada MLCE (*Mobile Link Control Entity*), que reside acima do LLC para assegurar o estabelecimento e

manutenção da conexão à EB. Estabelece também um ponto de convergência, assim as entidades da camada 3 podem ser usadas no topo das diferentes entidades da camada 2. No topo da camada 3 encontram-se várias entidades: *Packet Data Protocol* (PDP), *Circuit Mode Control Entity* (CMCE) e *Mobility Management* (MM).

De seguida é apresentada uma breve descrição das camadas e suas funções:

Camada 1

Esta camada representa a interface física. Lida com os *bursts* físicos, enviados ou recebidos. Contem as seguintes funções:

- Orientadas ao rádio:
 - Modulação/desmodulação
 - Comutação entre recepção e transmissão
 - Características RF
 - Ajuste dos parâmetros rádio
- Orientadas ao símbolo e ao bit
 - Sincronização de símbolo
- *Burst Building*
 - *Scrambling / de-scrambling*
 - Recepção e envio de dados de e para a sub-camada MAC

Camada 2

Lida com as conexões lógicas e esconde o meio físico das camadas superiores. É constituída pelas seguintes sub-camadas:

***Medium Access Control* (MAC)**

Faz a gestão do acesso ao canal de rádio assim como dos seus recursos. As principais funções são:

- Codificação de canal
- Controlo de acesso ao canal rádio:
 - Sincronização de tramas
 - Procedimentos de acesso aleatório
 - Fragmentação / re-associacao

- Gestão de recursos rádio:
 - Medidas BER e BLER
 - Calculo da path loss
 - Alocação de recursos rádio
 - Gestão do controlo de potencia

Logical Link Control (LLC)

Controla as ligações lógicas ponto-a-ponto entre a estação móvel e a estação base. É usado apenas na operação *C-plane*. Dois diferentes serviços podem ser fornecidos:

- Ligação básica, que não precisa de fase de estabelecimento e utiliza mensagens singulares com protecção simples contra erros
- Ligação avançada, estabelecida a pedido, permite a segmentação das mensagens e tem uma protecção estendida contra erros para um melhor grau de serviço

Compreende, entre outras, as seguintes funções:

- Controlo de fluxo
- Retransmissões
- Troca de dados de controlo e/ou dados de utilizador com o MCLE
- Confirmação de dados recebidos

Camada 3

Coordena os procedimentos a nível da rede.

Mobile Link Control Entity (MLCE)

É uma plataforma para os serviços oferecidos na camada de rede. As suas funções são:

- Discriminação de protocolo
- Gestão de conexões móvel-base
- Gestão de identidades
- Selecção da qualidade de serviço
- Gestão de mobilidade dentro de uma área registada

Funções de acesso de sub-rede

Esta sub-camada tem SAP's para os serviços de controlo de chamadas de dados e serviços de voz de circuitos comutados, serviços de dados em pacote, *Short Data Service* (SDS), *Mobility Management* e serviços suplementares. As funções destes diferentes serviços são listadas de seguida:

Mobility Management (MM)

Lida com funções necessárias à mobilidade da MS:

- Seleccção da LA (*location area*)
- Registo
- Autenticação
- Seleccção de rede

Circuit Mode Control Entity (CMCE)

O CMCE é dividido em 3 sub-entidades, SDS, *Call Control* (CC) e controlo de serviços suplementares. As funções são as seguintes:

• *Short Data Service (SDS)*

Lida com mensagens de dados sem conexão com as seguintes capacidades:

Minimiza o número de transmissões necessárias para mandar short data como mensagem de sinalização

Endereço de origem e destino associados ao *short data*

• *Call Control (CC)*

Lida com chamadas no modo de circuito com as seguintes funções:

- Estabelecimento, manutenção e terminação de serviços básicos de chamadas
- Endereçamento
- Identidade de chamada

• *Controlo de serviços suplementares*

Lida com processos associados a serviços suplementares. Algumas das funções são:

- Activação/desactivação
- Definição
- Registo
- Invocação e operação

Packet Data Protocol (PDP)

Lida com o Protocolo IP, versões 4 e 6 usando SNDGP.

4.3.1.2 Estrutura TDMA

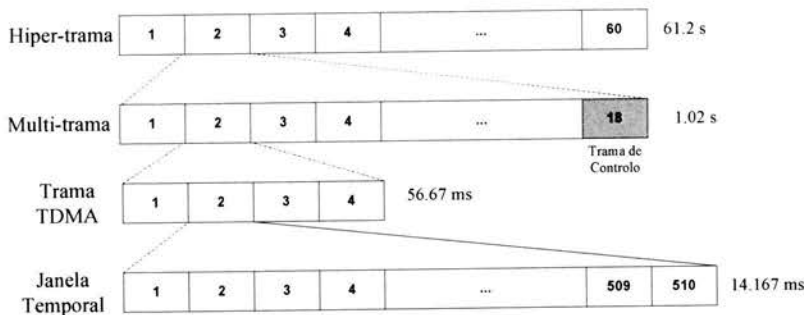


Figura 4.4 - Estrutura de tramas do TETRA V+D

Como se pode observar da figura 4.4, cada janela temporal é composta por 510 bits ou 255 símbolos que correspondem a uma duração de 14,167 ms. Uma trama TDMA é composta por 4 *time slots*, ou seja, $4 * 14,167 \text{ ms} = 56,67 \text{ ms}$. Repetindo esta trama 18 vezes obtemos uma multi-trama com duração aproximada de 1,02s ($18 * 56,67\text{ms}$). Destas tramas, as 17 primeiras são de tráfego e a ultima é a trama de controlo, devota a funções de sinalização e controlo, em particular para envio contínuo de informação de *broadcast* para sincronização e informação do sistema. O conjunto de 60 multi-tramas designa-se de hiper-trama e tem uma duração total de $60 * 1.02 \text{ s} = 61.2\text{s}$. Esta estrutura complexa é necessária para acomodar todas as diferentes funções de transmissão, sinalização, encriptação e controlo, necessárias para fornecer a extraordinária flexibilidade do TETRA V+D.

4.3.1.3 Multiplexagem de canais

Toda a sinalização e tráfego que corre sobre canais lógicos dedicados não deve ser confundido com o conceito de canais físicos, isto é, diferentes funções são agrupadas separadamente em canais lógicos que podem estar mapeados num único ou em vários canais físicos separados.

Canais Lógicos

Os canais lógicos representam a interface entre o protocolo e o subsistema rádio. Podem ser separados em duas categorias, os canais de tráfego e os canais de controlo.

• Canais de tráfego

Os canais de tráfego transportam informação do utilizador, no caso voz ou dados. Diferentes canais de tráfego são definidos para aplicações de voz ou dados e para diferentes velocidades de mensagens de dados.

- *Speech Traffic Channel (TCH/S)*;
Taxa de transmissão de 4.56 kbit/s para transporte de informação de voz digitalizada
- Canais de tráfego no modo de circuito:
 - 7.2 kbit/s *net rate* (TCH/7.2);
Taxa de transmissão de 7.2 kbit/s sem protecção de dados
 - 4.8 kbit/s *net rate* (TCH/4.8);
Taxa de transmissão de 4.8 kbit/s com baixa protecção de dados
 - 2.4 kbit/s *net rate* (TCH/2.4).
Taxa de transmissão de 2.4 kbit/s com alta protecção de dados

• Canais de controlo (CCH)

Os canais de controlo transportam mensagens de sinalização e dados em pacotes. São definidas 5 categorias:

- *Broadcast Control CHannel (BCCH)*;
- *Linearization CHannel (LCH)*;
- *Signalling CHannel (SCH)*;
- *Access Assignment CHannel (AACH)*;
- *STealing CHannel (STCH)*.

○ BCCH

O BCCH é um canal unidireccional para uso comum por todas as EM's. Fornece informação do sistema. São definidas duas categorias:

- *Broadcast Network Channel (BNCH)*:
Só *downlink*, faz *broadcast* de informação da rede para as EM's
- *Broadcast Synchronization Channel (BSCH)*:
Só *downlink*, faz *broadcast* de informação usada para sincronização de tempo e *scrambling* das estações móveis.

○ LCH

O LCH é usado pela base e EM's para linearizarem os seus transmissores. São definidas duas categorias:

- *Common Linearization Channel (CLCH)*:
Canal de *uplink* partilhado por todas as EM's
- *BS Linearization CHannel (BLCH)*:
Canal de *downlink*, usado pela EB

○ SCH

Canal partilhado por todas as EM's. No entanto pode conter mensagens específicas a uma EM ou grupo de EM's. Dependendo do tamanho da mensagem pode ser dividido numa das seguintes 3 categorias:

- *Full size Signalling Channel (SCH/F)*:
Canal bidireccional usado para mensagens de tamanho completo
- *Half size Downlink Signalling Channel (SCH/HD)*:
Canal de *downlink* usado para mensagens de meio tamanho
- *Half size Uplink Signalling Channel (SCH/HU)*:
Canal de *uplink* usado para mensagens de meio tamanho

○ AACH

O AACH deve estar presente em todos os *slots downlink* transmitidos. Transporta indicações referentes ao tipo de utilização de cada canal físico sendo usado para indicar em cada canal físico a alocação dos *slots* de *downlink* e *uplink*.

○ STCH

O STCH é um canal associado a um TCH que temporariamente “rouba” uma parte da capacidade TCH associada de transmitir mensagens de controlo. Pode ser usado quando sinalização rápida é requerida. No modo *half duplex* o STCH é unidireccional e tem a mesma direcção que o TCH associado.

Canais Físicos

Um canal físico é definido por um par de frequências portadoras rádio (*uplink* e *downlink*) e um e um número de janela temporal. Deve haver 4 canais físicos por par de frequências rádio.

São definidos três tipos de canais físicos:

• Control Physical channels (CP's)

O canal CP é um canal físico transportando exclusivamente CCH. Dois tipos de canais CP são definidos:

- Main Control Channel (MCCH)
- Secondary Control Channel (SCCH)

• Traffic Physical channels (TP's)

O canal TP é um canal físico transportando TCH.

- Unallocated Physical channels (UP's)
O canal UP é um canal físico não alocado a uma ou mais EM's.

4.3.1.4 Bursts

A transmissão da informação é executada em pacotes de símbolos chamados *burst*. Um *burst* é um período da portadora RF que é modulado por uma *data stream*. Um *burst*, representa consequentemente o índice físico de um *timeslot* ou de um *subslot*.

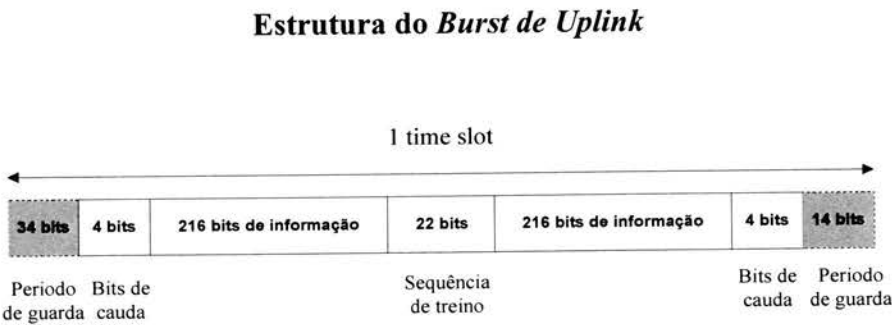


Figura 4.5 – Estrutura do burst de uplink do TETRA V+D

Como se pode ver na figura 4.5, no centro do *burst* existe uma sequência de treino conhecida de 22 bits que é usada para sincronização e avaliação das propriedades do canal de transmissão. A informação útil é transportada em dois blocos de 216 bits cada antes e depois da sequência de treino e são protegidos por codificação apropriada. São também usados bits de cauda no início e fim do *burst*. Entre os *bursts* existe ainda um período de guarda de modo a compensar os diferentes tempos de atraso dos *bursts* de móveis a diferentes distâncias da estação base.



Figura 4.6 – Estrutura do burst de downlink do TETRA V+D

A estrutura do *burst* de *downlink* é bastante parecida com a do de *uplink*. De novo a informação útil é apropriadamente codificada e transmitida em dois blocos de 216 bits cada. Contudo os períodos de guarda são substituídos por sequências de treino adicionais para melhorar a sincronização nos móveis. Existe também um bloco de *broadcast*, no qual parte é enviada antes da sequência de treino e outra parte depois. Além disso, alguns bits são necessários para ajuste de fase.

4.3.2 Direct Mode Operation (DMO)

Como já foi visto, a tecnologia *trunking* oferece muitos benefícios quando comparada com as comunicações convencionais mas falta uma funcionalidade chave que estas oferecem – Comunicação directa fora da área de cobertura da rede. TETRA oferece o melhor dos dois mundos, *Trunking* e comunicações directas, num único terminal.

TETRA DMO é tida como a mais importante funcionalidade TETRA, uma vez que oferece a possibilidade de comunicação directa entre duas ou mais EM's, usado frequências rádio específicas, sem recorrer ao uso da infra-estrutura da rede *trunking* (TETRA SwMI), o que o torna de extrema importância para certas aplicações PMR. Circuitos de voz são do tipo *simplex* para chamadas individuais e de grupo. A cobertura típica é de 400m – 2km consoante a zona é urbana ou rural. Ao nível espectral, as comunicações DM são feitas exclusivamente na banda reservada para o DMO.

TETRA DMO é um sistema simples mas robusto que permite comunicações rápidas e directas usando parâmetros tão aproximados ao sistema TMO quanto possível, mas em áreas em que pode não haver cobertura TMO, ou onde essa cobertura pode ser insuficiente. DMO não substitui TMO e não oferece a capacidade e eficiência de recursos do sistema TETRA TMO, contudo DMO é uma poderosa funcionalidade entre muitas que o TETRA oferece, que compreende vários sub-modos de operação. É um diferenciador significativo entre o TETRA e outros serviços celulares.

4.3.2.1 Pilha protocolar

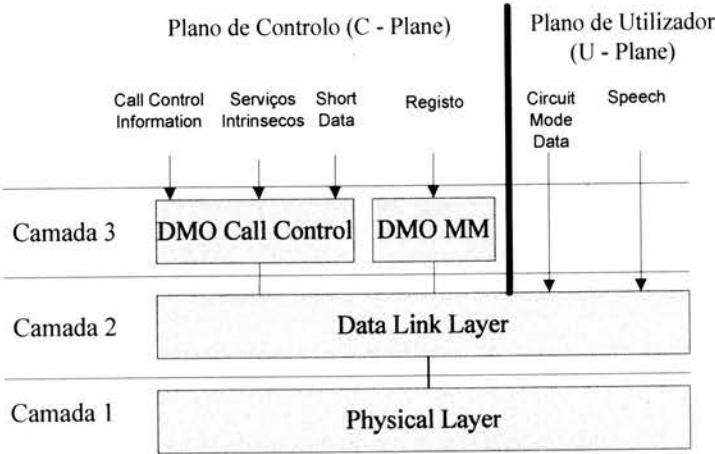


Figura 4.7 - Pilha protocolar do TETRA DMO

Comparado com o TETRA V+ D, a pilha protocolar de DMO tem uma estrutura mais simples. Devido à falta da participação de uma infra-estrutura, muitas funções TETRA V+D não são necessárias ou não estão disponíveis; por exemplo, há somente uma gestão de mobilidade limitada e um número muito restrito de serviços suplementares. Contudo, à semelhança de TETRA V+D, a pilha TETRA DMO consiste num plano do controle e um plano de utilizador. Outra vez as camadas 1 e 2 são usadas por ambos os planos em comum.

4.3.2.2 Estrutura TDMA

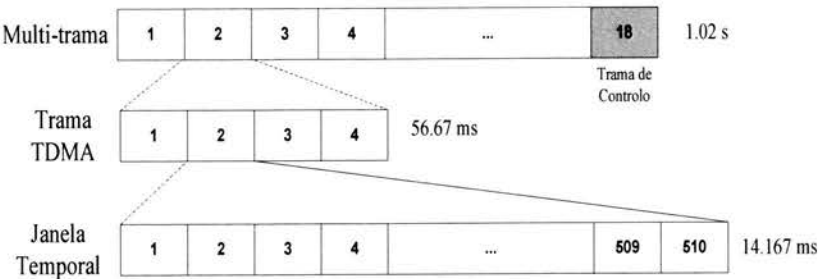


Figura 4.8 - Estrutura de tramas do TETRA DMO

A estrutura básica da trama do TETRA DMO é similar à do TETRA V+D. Contudo é menos complicada uma vez que a hiper-trama foi omitida, como pode ser visto na figura.

4.3.2.3 Bursts

A estrutura de burst do TETRA DMO é similar à de TETRA V+D, no entanto, como a figura mostra, algumas modificações foram feitas. Naturalmente, não há nenhum *burst* de DMO a ser emitido de e para as estações base e consequentemente o número de *bursts* diferentes foi reduzido. Por outro lado, um *burst* específico do linearização foi adicionado para lidar com as condições mais difíceis da propagação associadas à modalidade directa.

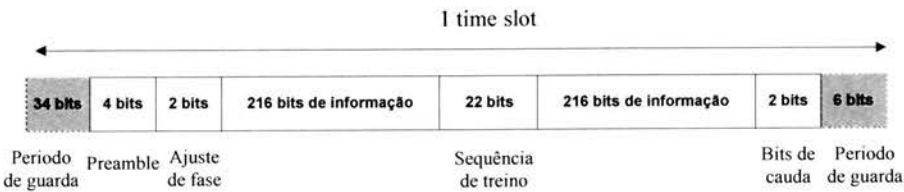


Figura 4.9 - Estrutura do burst do TETRA DMO

4.3.2.4 Modos de operação

De acordo com os standards TETRA existem 4 modos básicos de operação em DMO, que podem ser relativos à comunicação entre terminais em modo de operação directa:

1. “Back-to-back” (cobertura rádio *standard*)

Comunicação directa entre dois ou mais terminais rádio sem intervenção do despacho. Permite operação fora da rede TETRA principal e comunicações de recurso em caso de falha da rede TETRA.

Comunicação ponto a ponto ou ponto a multiponto entre terminais usando DM *air interface*.

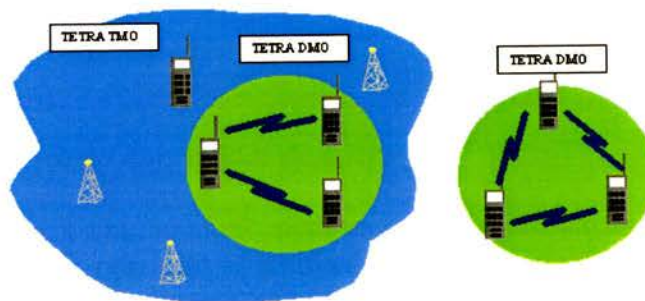


Figura 4.10 - Operação DMO em modo *back-to-back*

2. DMO Repeater (cobertura rádio alargada)

Permite uma maior cobertura rádio em modo directo com vários terminais.

O repetidor recebe informação de um móvel que esteja a transmitir, num *timeslot* de *uplink*, e retransmite esta informação a outro móvel ou grupo de móveis num *timeslot* de *downlink*. O standard define 3 diferentes tipos de repetidor:

- 1 – tipo 1A - suporta uma única chamada de cada vez num canal DM sobre uma portadora única.
- 2 – tipo 1B – usa portadora dupla e suporta uma única chamada de cada vez. É consequentemente mais complexo, uma vez que uma conversa  o decorre sobre dois canais DM em portadoras distintas, mais versátil e também mais dispendioso mas reduz potenciais interferências.
- 3- tipo 2 – Usa portadora dupla e suporta duas chamadas simultâneas, o que implica um acréscimo na complexidade ao nível RF, mas permite o suporte para múltiplos repetidores com duas chamadas simultâneas.

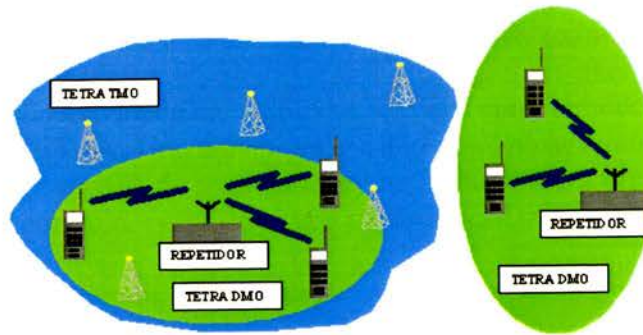


Figura 4.11 - Operação DMO em modo repetidor

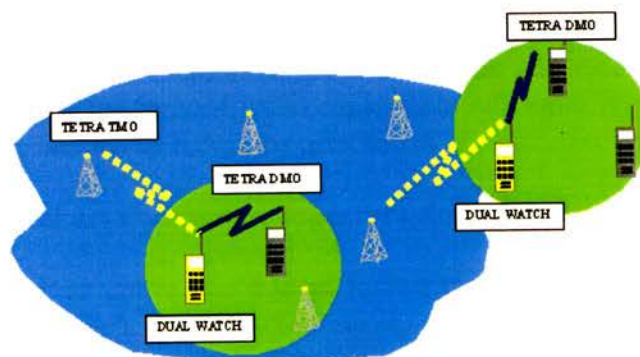
ou relativos a comunicações entre terminais que operem em DMO e TMO:

3. Dual Watch

(“scanning” periódico do dois modos de operação)

Este modo refere-se a um terminal multi-modo com capacidade de operação *dual-watch*. Neste modo de operação o terminal rádio esta operacional num dos modos (TMO ou DMO) e simultaneamente monitoriza sinalização do modo que não esteja em operação. Existem 3 modos de operação:

- 1- Terminal está no estado *idle* em ambos os modos e periodicamente monitoriza o canal de controlo do modo *trunked* e a frequência DM seleccionada
- 2- Comunica com outra DM-MS e monitoriza o canal de controlo do modo *trunked* sem interromper a operação em modo directo
- 3- Comunica com a *switching and management infrastructure* em modo *trunked* e periodicamente monitoriza a frequência DM seleccionada sem interromper a operação em modo *trunked*.

Figura 4.12 - Operação DMO em modo *dual-watch*

4. DMO Gateway

(Possibilita os utilizadores DMO comunicarem com utilizadores TMO e vice-versa)

Providencia inter-conectividade em ambos os sentidos entre o modo de operação directo e a rede trunking TETRA. Um móvel pode então comunicar simultaneamente durante uma chamada DMO através de uma gateway na infra-estrutura principal, por exemplo, com um centro de controlo, permitindo aos utilizadores DMO ter o acesso à rede TMO sempre que desejam.

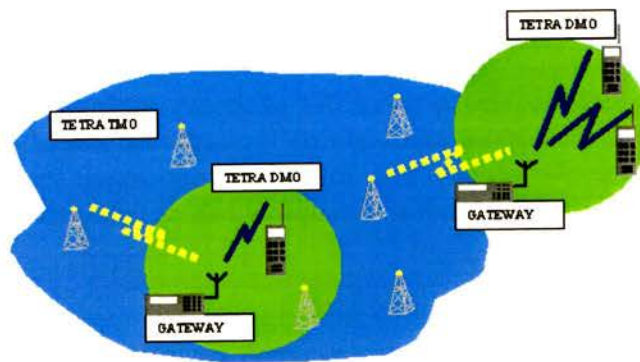


Figura 4.13 - Operação DMO em modo *gateway*

De referir que podem ainda existir combinações dos modos de operação referidos (por exemplo, *gateway/repeater*)

4.3.2.5 Benefícios do DMO

A operação em DMO oferece uma série de benefícios relativamente a um sistema *trunking*:

- Operação DMO fora da cobertura da infra-estrutura *trunking*

Permite operação em áreas remotas do país onde pode não existir cobertura de rede. Este tipo de comunicações fornece então capacidade adicional fora da rede TMO para trabalho localizado, incidentes e eventos periódicos.

- Operação DMO em áreas de pobre cobertura dentro da infra-estrutura *trunking*

No ambiente urbano, as aplicações podem incluir instalações no subsolo, estações de metro, parques automóveis, centros comerciais, túneis e passagens subterrâneas que podem constituir um local de “sombra” em relação à cobertura do sistema, tornando as comunicações viáveis unicamente através do DMO. No ambiente rural podem existir vales e vastas áreas montanhosas no qual este modo de operação seja fundamental ao estabelecimento de comunicações.

- DM *fall-back operation* quando o sistema *trunking* esta inoperacional

É uma importante aplicação DMO quando o sistema *trunking* se torna inoperacional por uma qualquer razão: falha do sistema, acto de sabotagem, sobre carregamento de tráfego

- Extensão da operação *trunking* a áreas de pobre cobertura

Através duma *gateway*, o TETRA oferece a possibilidade de estender a cobertura do sistema *trunking* ate áreas de fraca cobertura, permitindo assim a operação nestas

Numa empresa como a EDP, este tipo de comunicações pode ser bastante vantajoso. Devido à localizada natureza do trabalho, as equipas operacionais podem tomar a opção de operar em DMO, uma vez que pode não haver necessidade de sobrecarregar a rede TMO com tráfego de voz localizado. Permite ainda a operação mesmo que não exista cobertura TMO. Outro factor que contribuirá para essa decisão será o facto das equipas não quererem sofrer degradação de GoS quando a rede TMO está sobrecarregada.

4.3.3 Packet Data Optimized (PDO)

A optimização das transmissões de dados orientadas ao pacote sobre canais rádio é um complemento ao TETRA, acompanhando assim novos serviços com exigências cada vez mais elevadas. Deste modo PDO é uma específica variação TETRA dedicada unicamente à transmissão de dados em pacote. Usa a mesma separação de portadora de 25kHz e modulação 4DQPSK como no TETRA V+D. A diferença principal do TETRA V+D é que TETRA PDO emprega sempre a transmissão de dados em pacote sobre a interface aérea. Uma vantagem em relação ao TETRA V+D é o curto tempo de transmissão de menos de 100 ms. Ao contrario da estrutura da frame e slot usada no TETRA V+D, TETRA PDO utiliza uma estrutura de transmissão burst sem time slots ou frames. No TETRA V+D o método de acesso ao meio era o TDMA com quatro janelas temporais sobre uma portadora de 25kHz. Em vez disso foi introduzido um método de acesso estatístico chamado multiplexing estatístico/ múltiplo acesso (STM/STMA) e os pacotes de dados são transmitidos em bursts de comprimento variável (pacotes únicos ou múltiplos). Cada burst é transmitido individualmente usando o princípio da transmissão de dados em pacote no modo orientado à conexão ou sem conexão. Este modo de transmissão é particularmente destinado a tipos de transferência de dados que têm uma natureza *bursty* tal como o acesso à Internet.

De notar que TETRA PDO também oferece mobilidade não restringida com total capacidade de roaming e handover.

Apesar de tudo isto, a taxa de dados mínima do TETRA PDO é apenas um pouco mais elevada do que a do TETRA V+D, e uma vez que no futuro os débitos mínimos aceitáveis serão cada vez mais elevados aos actuais o interesse no TETRA PDO começou a desvanecer-se, e a standardizacao de diferentes partes de TETRA PDO foi interrompida. TETRA PDO é agora obsoleto uma vez que foi substituído por novas iniciativas que estão a apontar para taxas de bit mais elevadas. O trabalho em TETRA PDO foi substituído pela promoção do DAWS (*Digital Advanced Wireless Services*),

grupo de trabalho que foi criado pelo ETSI com o objectivo de definir um sistema que permitisse serviços de dados com débitos elevados sobre redes TETRA.

4.4 Endereçamento e identidades TETRA

Os endereços e identidades TETRA existem para suportar os seguintes objectivos:

- permitir a um elevado numero de redes (e operadores de rede) coexistirem, e para cada rede suportar um elevado numero de subscritores
- permitir identificar qualquer subscritor em qualquer rede
- permitir o uso de identidades encurtadas para chamadas intra-TETRA de modo a reduzir a sinalização de informação nas mensagens de *set-up*
- suportar eficientemente *roaming* e migração dos subscritores

As identidades estão organizadas nos seguintes grupos:

TETRA Subscriber Identities (TSI);
Short Subscriber Identities (SSI);
TETRA Management Identities (TMI);
Network Layer SAP addresses (NSAP);
TETRA Equipment Identities (TEI);
Mobile Network Identity (MNI);

As identidades TETRA principais são as identidades do subscritor. Uma diferença chave entre TETRA e as redes móveis públicas é a existência de identidades de grupo. Tanto quanto possível, as identidades do grupo dentro do TETRA devem ser tratadas de forma idêntica às identidades individuais, isto é, identidades individuais e de grupo devem ter a mesma estrutura e devem ser alocadas do mesmo espaço de identidades TETRA.

Identidades de Subscritor

Identidades de Subscritor (TSI ou SSI) devem existir em dois tamanhos:

- *TETRA Subscriber Identity (TSI)*: 48 bits de comprimento
- *Short Subscriber Identity (SSI)*: 24 bits de comprimento

O SSI deve ser uma truncatura do TSI. Cada TSI deve ser único através de todo o domínio TETRA, isto é, todas as redes TETRA, mas cada SSI deve apenas ser único num sub-domínio TETRA, ou seja numa rede TETRA.

TETRA Subscriber Identities (TSI)

Endereço global da rede TETRA usado para identificar um subscritor individual ou de grupo dentro do domínio de todas as redes TETRA. Cada EM deve conter pelo menos uma família de TSI's. Cada família deve conter um *Individual TETRA subscriber identity* (ITSI) e pode também ter um Alias TETRA Subscriber Identity (ATSI) e vários *Group TETRA Subscriber Identity* (GTSI).

Para suportar operações de rede seguras, um ATSI pode ser alocado além ao ITSI. Haverá apenas um ATSI por ITSI e o par ITSI-ATSI deverá apenas ser conhecido pelo operador de rede. Uma vez que o ATSI não deverá estar disponível a outros utilizadores, o operador de rede pode mudar o valor do ATSI em intervalos frequentes sem notificar qualquer dos outros utilizadores.

Para suportar endereçamento de grupo, um (ou mais) GTSI devem ser alocados além do ITSI. Pode haver diversos GTSI por ITSI e o mesmo GTSI pode estar associado aos diversos ITSI's.

10 bits	14 bits	24 bits
MCC Mobile Country Code	MNC Mobile Network Code	SSI Short Subscriber Identity

MCC – Identificador do País da rede

MNC – Identificador da rede

SSI – Único dentro de uma rede TETRA

O conjunto MCC+MNC corresponde ao *Mobile Network Identity* (MNI)

GTSI – Identidade usada para estabelecer e receber chamadas de grupo. Um utilizador TETRA pode ter vários GTSI associados ao seu ITSI. Múltiplos utilizadores podem ter o mesmo GTSI como um endereço de recepção válido.

ITSI – Identidade usada para especificar um utilizador TETRA individual. Um ITSI não pode ser partilhado por múltiplos utilizadores.

Short Subscriber Identities (SSI)

O SSI é a parte específica da rede do TSI. SSI deve ser único dentro de um dado subdomínio TETRA. O SSI é suficiente para identificar um subscritor dentro de uma rede (SwMI). O mesmo valor SSI pode ser usado em vários subdomínios TETRA. Um *Individual Short Subscriber Identity* (ISSI) deve ser formado a partir de um ITSI removendo o *Mobile Country Code* (MCC) e o *Mobile Network Code* (MNC).

TETRA Management Identity (TMI)

O TMI é definido como uma identidade não transferível da rede (camada 3). Deverá estar alocado a uma terminação antes que possa ser usado, e não pode ser trocado dinamicamente ou transferido entre terminações pelo utilizador. O TMI deve apenas ser usado como um endereço pelas funções de gestão de rede interna usando um conjunto de mensagens de gestão específico. Estas mensagens de gestão, e consequentemente o espaço de endereço TMI, devem ser inacessíveis aos utilizadores de rede normais.

10 bits	14 bits	24 bits
MCC Mobile Country Code	MNC Mobile Network Code	SMI Short Management Identity

MCC – Identificador do País da rede

MNC – Identificador da rede

SMI – Identificador curto da rede

O TMI deverá apenas ser usado para suportar funções de gestão

Network layer SAP (NSAP) addresses

Os endereços de NSAP são um método adicional de endereçamento que pode ser usado para fornecer compatibilidade directa com as redes externas (não-TETRA). O uso de endereços NSAP é uma opção do operador para sistemas de V+D.

Cada operador de rede pode alocar endereços NSAP em adição ao TSI.

Endereços NSAP podem ser usados pelo CMCE para encaminhamento de chamadas de utilizadores externos (não TETRA).

TETRA Equipment Identity (TEI)

O TEI identifica uma peça do equipamento TETRA, seja um terminal móvel ou um terminal de rede (MT ou NT). Este deve ser alocado pelo fabricante do equipamento, que por sua vez pode ser fornecedor de varias redes, por isso o TEI não deve ser específico a uma rede.

6 dígitos	2 dígitos	6 dígitos	1 dígito
TAC Type Approval Code	FAC Final Assembly Code	ESN Electronic Serial Number	SPR Spare

TAC - Identificador do laboratório onde o equipamento foi testado e aprovado

FAC - Identificador do fabricante e do local da montagem final do equipamento

ESN - numero de série individual que identifica o equipamento

TEI deve ser usado para suportar as funções de segurança do TETRA, como por exemplo activação e desactivação de MS's.

Mobile Network Identity (MNI)

10 bits	14 bits
MCC Mobile Country Code	MNC Mobile Network Code

MCC – Identificador do País da rede

MNC – Identificador da rede

5

Arquitectura e serviços TETRA

5.1 Arquitectura

Uma das questões mais importantes numa tecnologia é a sua arquitectura. As variadas funcionalidades dos sistemas de comunicações digitais rádio só podem ser suportadas por uma clara e sistemática arquitectura que permita a possibilidade de interligação a outros sistemas de comunicações. A este nível o TETRA apresenta-se como uma tecnologia perfeitamente escalável e integrável com os tradicionais sistemas de telecomunicações. A figura representa a arquitectura básica de uma rede TETRA.

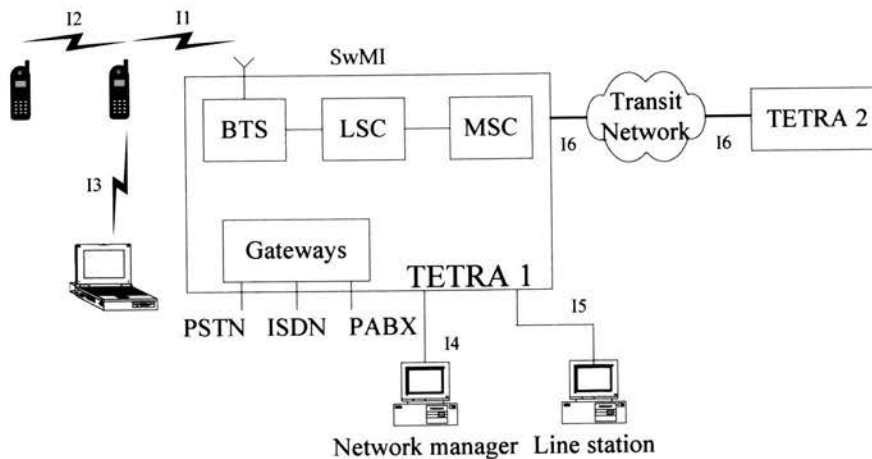


Figura 5.1 - Arquitectura básica de uma rede TETRA

Tal como pode ser observado na figura 5.1, em termos genéricos a infra-estrutura típica de uma rede TETRA é constituída por um comutador central MSC (*Main Switching Centre*), responsável pela gestão de todos os comutadores locais LSC (*Local Switching Centre*), estabelecendo a interligação do domínio TETRA aos demais domínios através de *gateways* específicas. Tratando-se de comutadores locais os LSC's desempenham funções de interligação entre as várias BS's de uma determinada área geográfica, assim como de ponto de trânsito entre BS's da mesma área e BS's de outras áreas ou outras redes. Apesar de não ser visível na figura todos os comutadores possuem uma base de dados LR (*Location Register*) onde se encontra armazenada informação da localização dos terminais móveis afim de ser possível fazer o encaminhamento das chamadas

Switching and Management Infrastructure (SwMI)

A abreviação SwMI é usada para classificar todo o equipamento e sub-sistemas que compreendem uma rede TETRA, incluindo as estações base. Tudo o que está contido dentro da SwMI não foi standardizado, sendo as interfaces entre essas entidades proprietárias, permitindo aos fabricantes de infra-estruturas TETRA flexibilidade no seu design, e possibilidade de diferenciar as suas ofertas em relação a outros fabricantes.

Interfaces

Foram especificadas 6 interfaces para o TETRA, as quais têm como objectivo garantir a perfeita conectividade, operacionalidade e gestão das várias componentes da rede. Para o utilizador apenas as interfaces aéreas I1 entre BS e MS para o TMO, I2 para DMO entre móveis e a *Peripheral Equipment Interface* (PEI) I3 estão directamente acessíveis.

- I1 - TM Air interface
- I2 - DM Air interface
- I3 - *Peripheral equipment interface* (PEI)
- I4 - *Network Management Interface* (NMI)
- I5 - *Line station interface*
- I6 - *Inter - System Interface* (ISI)

Gateways

Com vista à integração das redes TETRA com as redes convencionais de dados e voz, foram definidas *gateways* específicas. Entre essas *gateways* destacam-se as que foram definidas para as redes de telecomunicações públicas comutadas (PSTN – *Public Switched Telecommunication Network*), redes ISDN (*Integrated Services Digital Network*) e redes PABX

5.1.1 Peripheral equipment interface (PEI)

O TETRA PEI fornece uma ligação entre um terminal dos dados TE2, tal como um computador pessoal e uma estação móvel TETRA, MT2, como pode ser observado na figura 5.2. O PEI fornece dispositivos de dados externos com acesso aos serviços oferecidos por uma rede TETRA. Suporta a transmissão de dados entre aplicações residentes no dispositivo e o terminal de rádio TETRA conectado. O PEI suporta também determinados elementos de controlo dentro do terminal de rádio do dispositivo e/ou aplicação externos tais como:

- Relatórios de alarme
- Comando e controlo
- Telemetria
- Terminais de dados moveis
- Localização automática de veículos

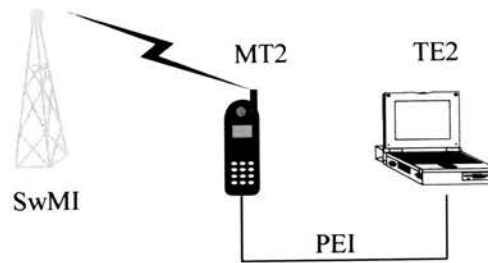


Figura 5.2 - Peripheral equipment interface

No que diz respeito aos serviços dos dados, o TETRA PEI será usado para o seguinte:

- Transmissão e recepção de dados do pacote (incluindo ajuste dos parâmetros de dados de pacote);
- Transmissão e recepção de dados de circuito (incluindo ajuste dos parâmetros de dados de circuito);
- Transmissão e recepção de dados curtos (incluindo ajuste dos parâmetros de dados curtos).

Em adição aos serviços de dados o TETRA PEI pode ainda ser usado para o seguinte:

- Estabelecimento e controle de chamadas de voz (incluindo ajuste dos parâmetros da chamada de voz);
- Acesso à informação geral de MT2 e da rede;
- Acesso às aplicações do utilizador situadas no MT2.

O TETRA PEI inclui componentes que não são requeridos por todas as funções listadas acima e consequentemente, dependendo da funcionalidade que o MT2 suporte, nem todos os aspectos do PEI necessitam ser implementados.

TETRA PEI foi projectado para cumprir as seguintes exigências chave:

- Uma interface física *standard*, adoptada extensamente no mundo da tecnologia de informação (IT);
- Software extra mínimo no TE2;
- Compatibilidade máxima com outros sistemas de dados *wireless*;
- Acesso à larga escala de funcionalidades do MT2 (as aplicações TE podem usar perfis para restringir a funcionalidade).

5.1.2 Inter-System interface (ISI)

Esta interface permite a infra-estruturas desenvolvidas por diferentes fabricantes TETRA operarem entre si permitindo interoperabilidade entre duas ou mais redes.

Há dois métodos da inter conexão no standard, uma cobrindo transferência de informação usando o modo de circuito e a outra usando o modo de pacote.

5.2 Classificação dos terminais

TETRA é extremamente flexível e oferece muitas funções que não são muitas vezes necessárias. Em muitos casos as capacidades podem ser reduzidas sem qualquer inconveniente relevante. Para este propósito, foram criadas diferentes classes para funções particulares dos móveis. A classificação dos terminais é feita através de uma série de atributos: classes de potência de transmissão do emissor, classes de receptor, capacidades de operação *duplex*, suporte de chamadas concorrentes, e encriptação *end-to-end*. A razão desta divisão de classes é permitir apagar funções desnecessárias em redes onde elas não são necessárias.

- **Classe de potencia do emissor**

Tabela 5.1 : Classes de potência dos terminais

Classe	Potência (W)	Potencia (dBm)
1	30	45
2	10	40
3	3	35
4	1	30

- **Classe de receptor**

São especificadas 3 classes de equipamento, distinguindo os seus ambientes de operação e condições de propagação:

Classe A: equipamento otimizado para uso em áreas urbanas e montanhosas.

Classe B: equipamento otimizado para uso em áreas urbanas e urbanizadas altamente densificadas. A especificação não garante boa performance em terreno montanhoso

Classe E: equipamento desenhado para uso em ambientes severos do ponto de vista rádio

- **Capacidade de operação duplex**

O requisito mínimo para os terminais é o funcionamento em *hal-duplex*, o que significa que num dado instante ou emite numa frequência em *uplink* ou recebe numa frequência em *downlink*, não podendo emitir e receber ao mesmo tempo. Opcionalmente podem também suportar o modo *full-duplex*, tendo capacidade para emitir e receber em frequências distintas ao mesmo tempo, permitindo então emissão e recepção simultâneas.

- **Suporte de chamadas concorrentes**

Este tipo de chamadas depende da capacidade *duplex* do terminal. Assim, se este suporta *full-duplex*, poderá suportar chamadas concorrentes. Deste modo pode estabelecer-se ate 4 chamadas simultâneas para utilizadores distintos, cada uma com

codificação de voz e algoritmos de encriptação distintos. É possível também ter uma combinação de chamadas de voz e tele-serviços de dados para o mesmo utilizador final, ou para utilizadores finais distintos.

• Suporte de encriptação *end-to-end*

O suporte de encriptação *end-to-end* na interface rádio é uma função opcional. Se esta funcionalidade for suportada, as mensagens de sinalização serão encriptadas ao nível MAC (*Medium Access Control*) de modo a que na recepção seja perceptível o seu conteúdo. Apenas o conteúdo das mensagens MAC são cifradas, o cabeçalho em si manter-se-á em claro.

5.3 Segurança

TETRA contém uma grande variedade de funções de segurança projectadas para proteger informação dos utilizadores. Esta informação pode consistir em tráfego de voz e dados ou outra informação relacionada com as identidades e operações dos próprios utilizadores. Ao descrever estas funções de segurança TETRA é importante fazer uma distinção entre as categorias diferentes de funções e sua aplicação específica.

Os mecanismos da segurança no standard são cobertos através de Autenticação, de Encriptação da Interface Aérea e de Encriptação *End to End, Over The Air Re-keying* e activação/desactivação segura de terminais. As ameaças à confidencialidade, autenticidade, integridade, disponibilidade são cobertas com aqueles cinco mecanismos.

• Autenticação Mutua sobre a interface aérea

O standard suporta a autenticação mútua de uma estação móvel EM e da rede que em TETRA é normalmente referida como *Switching and Management Infrastructure* (SwMI). Isto torna possível para um sistema TETRA controlar o acesso a ele e para uma EM verificar se uma rede pode ser confiada. Os mecanismos de autenticação mútua protegem voz e dados e podem ser usados entre outras finalidades para:

- Controlar o acesso da EM à rede e aos seus serviços;
- Assegurar que uma EM TETRA está conectada a um sistema TETRA legítimo
- Criar um canal de distribuição seguro para informação sensível tal como outras chaves de encriptação;

Autenticação mútua é feita com base numa chave de autenticação K, que é única para cada EM ou SIM se este for usado. Esta chave de autenticação é armazenada na EM/SIM e na rede. Normalmente um elemento específico da rede é usado para armazenar as chaves de autenticação. Isto acontece no chamado Centro de Autenticação.

Encriptação

A interface aérea é muito vulnerável a escuta e assim os sistemas de comunicação *wireless* móveis modernos necessitam ter alguma forma de segurança da interface aérea. A segurança da interface aérea é um método eficaz de fornecer segurança numa rede móvel. Na maioria de casos é suficiente confiar na segurança da interface aérea. Contudo, nos sistemas TETRA que necessitam de um elevado nível de segurança, segurança adicional pode ser requerida para proteger a informação transmitida de uma EM a outra não somente sobre a interface aérea mas também dentro da rede. Neste caso a segurança *end-to-end* fornece uma solução eficiente. Existem então dois modos de encriptação:

• Encriptação da interface aérea

O tráfego do utilizador e a informação de sinalização podem ser encriptados sobre a interface aérea entre a EM e o SwMI, para comunicações individuais e de grupo. O mecanismo de encriptação da interface aérea está disponível para voz e dados no modo de operação *Trunked* e no modo de operação *directa*. Os usos de diversos algoritmos de encriptação são suportados, TEA1, TEA2, TEA3 e TEA 4. Há diferenças no uso pretendido do equipamento que contém estes algoritmos. Por exemplo, o TEA2 está destinado a ser utilizado por utilizadores públicos de segurança somente em países europeus; os outros têm aplicações mais variadas, desde o uso comercial geral ao uso público de segurança nas regiões onde TEA2 não é usado. Encriptação de tráfego protege o discurso e os dados do utilizador. Encriptação de sinalização fornece a protecção de análise de tráfego, impedindo que qualquer pessoa descubra quem está a operar numa determinada área.

• Encriptação *end to end*

O serviço *end-to-end* TETRA pode ser realizado de várias maneiras. Isto significa que um utilizador pode facilmente criar um sistema de encriptação *end-to-end* para as suas exigências particulares. Esta flexibilidade é essencial para um *standard* como o TETRA que é implementado de várias formas para diferentes grupos de utilizadores. Todas estas organizações necessitam poder especificar um sistema de encriptação *end-to-end* de acordo com suas próprias exigências. Algoritmos feitos por encomenda são então possíveis, ao contrário do que acontece na encriptação da interface aérea devido a sua necessidade de integração em protocolos de sinalização.

• Over The Air Re-keying (OTAR)

Este mecanismo possibilita o utilizador trocar chaves de encriptação protegidas por um procedimento *sealing* específico através do ar sem a necessidade de lidar com uma peça específica de hardware tal como um cartão SIM, que reduz consideravelmente o risco de uso inadequado das chaves de encriptação.

Este mecanismo torna possível o envio de chaves de encriptação de forma segura da SwMI através do ar directamente para uma EM.

• Activação e desactivação segura de terminais

TETRA suporta diferentes opções para uma segura activação e desactivação de:

- Equipamento EM, baseada no *Terminal Equipment Identity* (TEI)
- Subscrição EM, baseada no *Individual TETRA Subscriber Identity* (ITSI)
- Ambos, equipamento e subscrição EM

Estes mecanismos são bastante práticos no caso de equipamento perdido ou roubado, possibilitando a rápida desactivação remota deste. O objectivo de fornecer mecanismos separados para equipamento e subscrição fornece um meio prático de desactivar uma MS mesmo que a implementação coloque o ITSI num cartão SIM separado, que é inserido num *Mobile Equipment* para fazer uma completa EM.

Se o TEI é desactivado, o equipamento não pode ser mais usado, mesmo que outro ITSI seja inserido na EM. Se o ITSI é desactivado um equipamento EM pode continuar a ser usado em combinação com outro ITSI (activado), contudo o ITSI não pode voltar a ser usado em nenhuma EM. A desactivação pode ser temporária (o que deixa a possibilidade de voltar a activar) ou permanente (que é irreversível).

Em sistemas com elevada exigência de segurança, activação e desactivação devem apenas acontecer depois da autenticação mútua, para evitar ataques ao sistema.

5.4 Modelo de referencia ISO-OSI

O modelo de referência ISO da OSI foi inventado devido à necessidade de se criar um modelo de operação de redes para ajudar os fabricantes a implementar redes de comunicações e de computadores que pudessem comunicar e trabalhar juntas.

Na prática, a mesma aproximação é suficiente para sistemas de comunicação móvel. A figura 5.3 mostra a estrutura em camadas de um sistema de comunicação digital moderno aplicado ao caso de uma comunicação *end-to-end* entre dois terminais. Dentro da rede apenas as três camadas mais baixas são necessárias para estabelecer, manter e libertar uma ligação de comunicação. As camadas superiores são requeridas nos terminais para aplicações de interface e sessões de controlo.

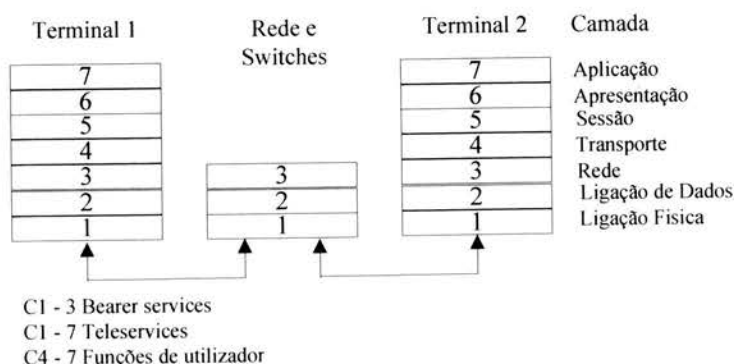


Figura 5.3 - Modelo de referência ISO-OSI

5.5 Serviços

Para a definição dos diferentes serviços, é necessário fazer a distinção entre *bearer services* e teleserviços, como se pode ver na figura 5.4. Um *bearer service* oferece uma potencialidade técnica entre duas interfaces terminais de uma ligação de comunicação, excluindo as funções do terminal. Compreende apenas as camadas 1 a 3 do modelo de referência OSI e fornece meios de transportar vários teleserviços, que são acessíveis na interface homem/máquina (MMI). Os últimos são baseados nos *bearer services* que compreendem funções de rede nas camadas 1 a 3 com funções de utilizador adicionais nas camadas 4 a 7, fornecendo assim funcionalidades entre os extremos da rede, incluindo funções do terminal. Os teleserviços cobrem os serviços de comunicação de voz enquanto os *bearer services* são definidos para transferência de dados. Deste modo, uma chamada individual ou uma chamada de grupo é um teleserviço acessível na MMI, enquanto que o estabelecimento da ligação de dados em modo de comutação de pacotes ou de circuitos não é visível a partir do MMI, mas apenas dentro da infra-estrutura de rede, denominando-se assim por *bearer services*. Os serviços suplementares disponibilizam funcionalidades adicionais que são aplicáveis tanto a teleserviços como a *bearer services*.

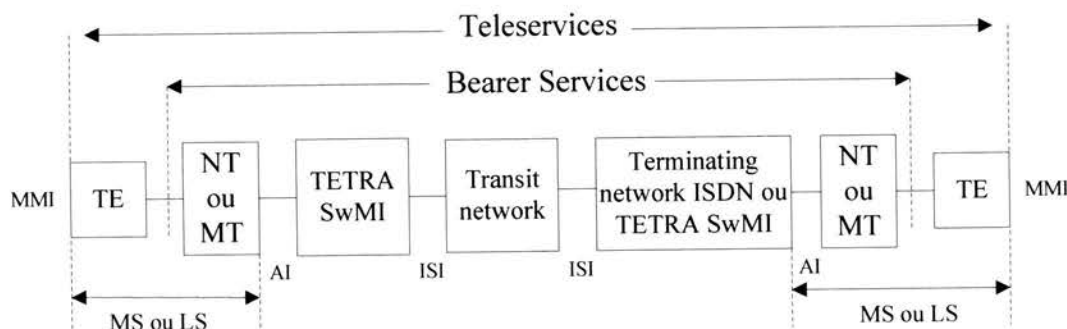


Figura 5.4 - Definição de bearer services e teleservices

5.5.1 Serviços de voz e dados

TETRA V+D fornece um número de serviços básicos que compreendem os seus *bearer services* e teleservices para a transmissão de voz e dados. Adicionalmente, dois tipos de serviços suplementares estão disponíveis: típicos de PMR e típicos de telefonia.

5.5.1.1 Teleserviços

Chamada individual

Comunicação básica ponto a ponto entre duas partes intervenientes. Estes intervenientes podem ser utilizadores da rede rádio, operadores de despacho ou utilizadores de redes externas à rede TETRA.

Chamada de grupo

Chamada ponto a multiponto entre um utilizador e um grupo pré-definido de utilizadores. A chamada é estabelecida rapidamente uma vez que não é necessária qualquer confirmação de presença por parte dos restantes elementos do grupo.

É provavelmente o serviço de voz mais básico em TETRA mas mesmo assim o mais complexo de suportar efectiva e eficientemente. Isto porque as chamadas de grupo necessitam de:

- usar operação simples “*Push To Talk*” para providenciar rápido estabelecimento de chamada em comunicações de grupo
- ser operadas / geridas de modo particular para otimizar o carregamento da rede
- operar em *simplex*
- ter uma área de operação definida (selecção de área)
- ter mecanismos de prioridade para assegurar que utilizadores específicos numa área de chamada de grupo extensa estejam conectados entre si quando a rede esta ocupada

É esta complexidade necessária ao suporte de chamadas de grupo que torna as redes publicas celulares inadequadas, simplesmente porque foram originalmente desenhadas para suportar chamadas “*one to one*”, ao contrário do TETRA que foi primariamente desenhado para suportar chamadas de grupo.

Chamada de *broadcast*

Chamada unidireccional de ponto para multiponto, dentro de uma determinada área geográfica, sendo a área e utilizadores abrangidos pela chamada de *broadcast* configuráveis. Deste modo podem ser efectuadas chamadas para:

- todos os utilizadores dentro de um ou múltiplos grupos
- uma ou mais partes seleccionadas dentro do mesmo ou diferentes grupos

Chamada de grupo com notificação

Chamada idêntica a uma chamada de grupo mas com as seguintes diferenças:

- todos os membros do grupo que estão presentes devem confirmar a sua presença
- chamada pode prosseguir quando um número definido de utilizadores do grupo estiver presente
- o chamador é informado dos elementos do grupo que estão presentes

5.5.1.2 Serviços de dados

Dados em modo de pacote

Os dados em pacote podem ser transmitidos num modo de serviço de rede orientado à conexão (CONS) ou no modo sem conexão, denominado serviço de rede sem conexão (CLNS). A transmissão de dados em pacote está a tornar-se cada vez mais importante porque permite o acesso móvel à Internet assim como muitas outras aplicações. Este tipo de transmissão ocupa o canal apenas se houver pacotes de dados a ser transmitidos. Para manter uma ligação de dados de pacote, não é necessário manter uma linha de conexão aberta a tempo inteiro, ou seja, somente a quantidade de capacidade da transmissão realmente necessitada é ocupada.

Dados em modo de circuito

No modo de circuito, a transmissão transparente de dados extremo a extremo a 7.2 kbit/s por *time slot* está disponível sem nenhuma protecção de erro. Os utilizadores podem ainda também transmitir dados com baixa protecção a 4.8 kbit/s ou mesmo com protecção mais elevada a 2.4 kbit/s por *time slot*. Todos os *time slots* de uma trama podem ser usados separadamente, que significa que até quatro canais de tráfego independentes podem ser estabelecidos por portadora. Contudo, dois, três, ou quatro *time slots* podem ser combinados e atribuídos a um único utilizador se uma capacidade de transmissão mais elevada for necessária. Deste modo, juntando os 4 *time slots* significa elevarmos estes valores 4 vezes. O valor das taxas de transferência depende por um lado do número de janelas temporais utilizadas numa transmissão (entre uma e quatro), e por outro lado, do nível de protecção de dados desejada. A transmissão de dados no modo de circuito é usada preferivelmente quando há uma necessidade para dados ininterruptos tal como a vigilância vídeo e tarefas em tempo real similares. A tabela seguinte apresenta as taxas conseguidas consoante o nível de protecção e o numero de *time slots* utilizados:

Tabela 5.2 : *Data rates* no modo de circuito

Nº de Time Slots	Nível de protecção		
	Desprotegidos	Baixa	Elevada
1	7.2 kbps	4.8 kbps	2.4 kbps
2	14.4 kbps	9.6 kbps	4.8 kbps
3	21.6 kbps	14.4 kbps	7.2 kbps
4	28.8 kbps	19.2 kbps	9.6 kbps

Mensagens de status

As mensagens do status são mensagens standardizadas e predefinidas e podem ser usadas em vez das longas mensagens de rotina de voz. A sua troca é muito mais rápida e de confiança do que interrogar todos os membros de um grupo por chamadas de voz. Há 16 bits *user-defined* dos quais 15 podem ser usados para endereçamento individual ou de grupo, o que é equivalente a mais de 32.000 mensagens diferentes.

SDS

O SDS é um serviço de mensagens que é otimizado para ser um serviço rápido permitindo ao utilizador a troca de curtas mensagens predefinidas - por exemplo mensagens da emergência. A mensagem pode ser emitida ou recebida em paralelo com uma chamada de voz que esteja a decorrer. O SDS pode fornecer até 255 caracteres, que podem ser usados para mensagens de status básicas, telemetria, informação de localização e aplicações livres de mensagens de texto em configurações ponto a ponto ou ponto a multiponto. Por causa da relativa curta duração de cada mensagem de dados, este serviço é suportado nos *time slots* do canal de controlo TDMA do TETRA. É comparável ao SMS do GSM mas o SDS permite mensagens consideravelmente mais longas que podem ser emitidas directamente de um subscritor a outro, a um grupo, ou a todos os utilizadores de um sistema sem a necessidade de um centro de serviço de mensagens.

Existem 4 tipos de SDS, diferenciadas pelo seu tamanho:

Tabela 5.3 : Tipos de mensagens SDS

Tipo	Tamanho
1	16 bits (fixo)
2	32 bits (fixo)
3	64 bits (fixo)
4	1- 2047 bits (variável)

De realçar que as mensagens de status e o SDS são muito eficientes em termos da capacidade de transmissão e muito rápidas porque são entregues em tempo real.

Há incontáveis aplicações para a transmissão de dados em sistemas TETRA. Um caso importante é a actualização da localização automática do veículo (ajudada pelo sistema GPS e usando mensagens do status), por exemplo, para o controle de grandes frotas em sistemas públicos. Outros exemplos da transmissão de dados em TETRA são:

- transmissão de instruções e comandos
- controlo móvel e monitorização
- acesso a bases de dados
- telemetria
- fax, email e voice mail
- transmissão de mapas, fotos e imagens
- transferência de ficheiros de dados
- prioridade multinível e chamadas de emergência

5.5.1.3 Serviços suplementares

A elevada flexibilidade do TETRA torna-se visível em particular quando analisamos os cerca de 30 serviços suplementares definidos.

Um serviço suplementar modifica ou realça um *bearer service*, um teleserviço básico ou outro serviço suplementar, como se pode observar na tabela 5.4. O mesmo serviço suplementar pode ser oferecido com um número de diferentes serviços de telecomunicações.

Tabela 5.4 : Categorização dos serviços de telecomunicações

Serviço de Telecomunicações			
Bearer service		Teleserviço	
Bearer service básico	Bearer service básico + serviço suplementar	Teleserviço básico	Teleserviço básico + serviço suplementar

Alguns tipos de serviços suplementares típicos de PMR são apresentados de seguida. Estes compreendem diferentes níveis e tipos de chamadas prioritárias, diferentes funções de controlo e operacionais em chamadas de grupo, e algumas funções relativas a despacho.

Chamada autorizada pelo despacho: Este serviço permite que o operador de despacho verifique pedidos da chamada antes que as chamadas estejam autorizadas a prosseguir. Deste modo, as chamadas só podem prosseguir após autorização.

Prioridade de acesso: Possibilita ao utilizador ganhar acesso ao sistema em caso de congestionamento

Chamada Prioritária: Uma vez que há 16 níveis da prioridade de chamada em TETRA, este serviço permite, através da análise do nível de prioridade de cada chamada, descartar uma chamada de prioridade mais baixa em detrimento de uma chamada com prioridade mais elevada, se necessário

Entrada tardia: Este serviço permite aos utilizadores que por qualquer motivo não estavam presentes no início de estabelecimento de uma chamada de grupo, se juntem a estas quando já se encontram em progresso.

Ambience listening: Um operador de despacho pode colocar remotamente um terminal de rádio no modo *ambience listening* sem fornecer nenhuma indicação ao utilizador. Esta acção permite que o operador escute conversações dentro do alcance do microfone do terminal de rádio.

Discrete listening: Um utilizador, devidamente autorizado, pode monitorizar (ao nível das chamadas de dados) ou escutar (chamadas de voz) comunicações rádio, sem que os utilizadores estejam a par dessa escuta.

Dynamic group number assignment: Permite mudar a estrutura dos grupos durante operação. Este serviço permite criar, modificar e apagar grupos de utilizadores de modo a lidar com diferentes necessidades de comunicação.

Pre-emptive priority call: Este serviço de voz, do qual a prioridade mais elevada é a chamada de emergência, fornece a mais elevada prioridade de *uplink* e a mais elevada prioridade de acesso aos recursos da rede. Se uma rede estiver ocupada e não existirem recursos disponíveis, a comunicação com prioridade mais baixa é largada para dar lugar a uma chamada de prioridade mais elevada.

Seleção de área: Serviço que permite definir as áreas de operação para utilizadores. Permite que um operador de despacho seleccione estações base diferentes para efectuar diferentes chamadas.

Transferência de controlo: Permite ao utilizador que deu início a uma chamada, transferir o controlo da mesma para que possa abandoná-la sem causar o término desta

Tipos de serviços suplementares típicos da telefonia também estão disponíveis no TETRA que estão dedicados a manipulação de chamadas, identificação dos chamadores, redirecção de chamadas, barramento de chamadas e avaliação de cargas. Destes, os mais importantes são:

- Identificação da entidade chamadora
- Desvio de chamadas
- Chamada em espera / chamada em suspenso
- Gravação de mensagens
- Barramento de chamadas recebidas
- Barramento de chamadas efectuadas
- Reencaminhamento automático em caso de destino ocupado

5.5.2 Comparação dos serviços

Os *bearer services* do TETRA DMO são os mesmos do TMO, com a diferença importante de que apenas um *time slot* está disponível, o que significa que todos os *bearer services multislot* estão excluídos de DMO. Portanto, os teleserviços e as facilidades principais de DMO são similares àqueles para TMO, mostrados anteriormente. As limitações mencionadas também proíbem os serviços suplementares que não são praticáveis nem tem sentido em DMO. Naturalmente, isto não se aplica às chamadas individuais ou de grupo para transmissão de voz, o SDS, as mensagens do status, ou encriptação. *Short number addressing*, *pré-emptive priority calls*, identificação de prioridade das chamadas, entrada tardia e OTAR estão também disponíveis. Na tabela 5.5 é apresentada uma comparação dos serviços oferecidos em cada um dos modos de operação.

Tabela 5.5 : Comparativo dos serviços oferecidos em TMO e DMO

Modo	Dados em modo de circuito				Dados em modo de pacote		Short Data Service (SDS)	Mensg. de status
	1 slot	2 slots	3slots	4 slots	Orientados à conexão	Sem conexão		
TMO	•	•	•	•	•	•	•	•
DMO	•						•	•

6

Estudo de Cobertura

6.1 Introdução

Neste capítulo é feita a descrição e demonstração do estudo de cobertura efectuado. Este estudo baseia-se no planeamento de rede e estudo de cobertura para o território Nacional continental efectuado pela Motorola e visa justificar as opções de escolha de sites efectuado pela mesma, bem como verificar se a actual configuração de rede e respectiva cobertura vão de encontro aos requisitos operacionais que a EDP define como vitais. Para tal foi usada a lista de sites que a Motorola decidiu implementar e foi efectuado um levantamento exaustivo a nível nacional de alguns elementos de rede e instalações onde as brigadas móveis operacionais da EDP poderão vir a intervir ou prestar serviços. A metodologia de trabalho foi então através do programa informático *Rádio Mobile*, que será apresentado de seguida, efectuar um estudo de cobertura com base nas EB definidas pela Motorola, e verificar se com a actual configuração de rede, era obtido em cada uma dessas instalações um nível de sinal que permitisse às brigadas móveis da EDP acesso aos recursos e infra estrutura TETRA.

6.2 *Radio Mobile*

Rádio Mobile é uma ferramenta usada na elaboração de redes de comunicações rádio. Este software pode ser usado para, antes de implementar uma rede no terreno, prever o desempenho e performance do sistema rádio usando dados digitais de elevação do terreno para a extracção automática do perfil do caminho entre o emissor e o receptor. Estes dados são adicionados aos parâmetros do sistema, ambientais e estatísticos para formar o IST (*Irregular Terrain Model*). A técnica consiste em, após escolhida uma determinada localização, colocar antenas em localizações geográficas definidas pelo utilizador e observar a cobertura rádio fornecida por estas na zona escolhida, permitindo projectar uma rede rádio através da informação geográfica onde a mesma se insere. O programa avalia se uma ligação rádio entre dois determinados sites é possível, e fornece a performance dessa ligação tendo em conta:

- as características do equipamento rádio
- a teoria de propagação de ondas rádio (usando o modelo de predição de propagação do *US Institute for Telecommunications Science (ITS)*, também conhecido como modelo Longley-Rice).

6.3 Metodologia de trabalho

O estudo de cobertura apresentado baseia-se em especificações definidas pela EDP e pela Motorola e é relativo a uma cobertura de serviço para terminais rádio móveis de 10W. Deste modo o estudo é dividido em três fases de implementação da rede no território Nacional Continental. No final da 3ª fase é analisada a cobertura total do sistema verificando o nível de sinal recebido em pontos de interesse estratégico e operacional para a EDP.

6.3.1 Sites

A localização dos sites para colocação das estações base utilizadas foi a definida pela Motorola. De referir que devido a questões operacionais as estações base serão colocadas em instalações que já são propriedade da EDP e onde esta já poderá ter outro tipo de equipamentos em funcionamento. A lista completa dos sites, com informação sobre suas coordenadas, altura das antenas e outras informações relevantes pode ser encontrada no Anexo 2. Na figura seguinte é apresentada a localização geográfica dos sites por fase de implementação.

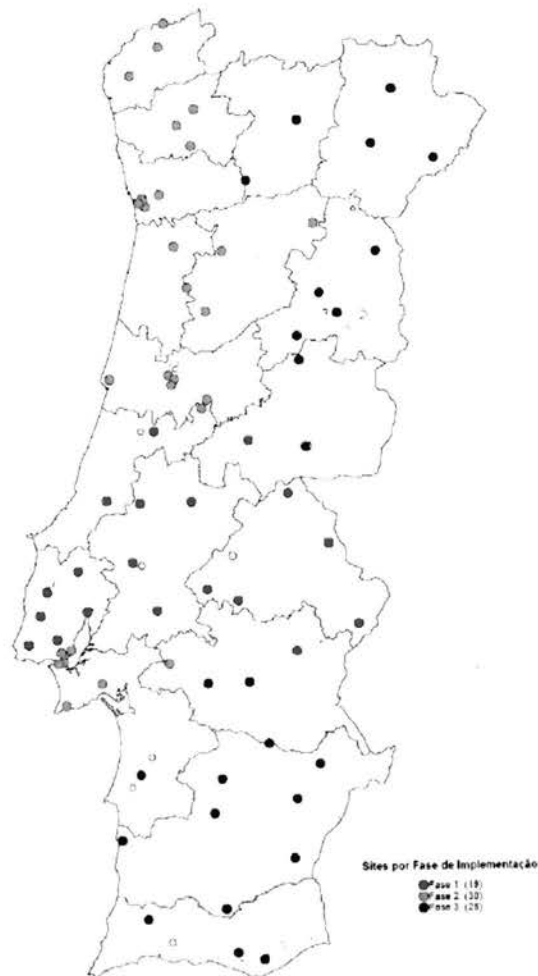


Figura 6.1 - Localização geográfica dos sites por fase de implementação

6.3.2 Instalações

Foi efectuado o levantamento exaustivo a nível nacional de grande parte das instalações onde as brigadas operacionais da EDP Distribuição poderiam ter de intervir e/ou prestar serviços, de modo a verificar se nesses mesmos locais a cobertura resultante da rede projectada permite um bom nível de sinal recebido pelos eventuais terminais móveis que se encontrem nessas mesmas instalações. De modo a tornar a análise mais fácil este levantamento foi feito por Áreas de Rede. Os limites geográficos das mesmas podem ser consultados no anexo 1. A informação sobre as 518 instalações que foram relevantes para o estudo de cobertura encontra-se no anexo 3. De notar que estas instalações encontra-se divididas em 3 tipos: subestações (390), eólicas (70) e repetidores (58).

6.3.3 Simulação

Nesta fase foram introduzidos e configurados todos os elementos constituintes da rede em análise no software de simulação. Foi colocado um terminal móvel em cada instalação referida anteriormente de modo a ser possível detectar o nível de sinal que será possível receber em cada instalação.

Na figura seguinte são apresentadas as janelas utilizadas para configuração das estações base e dos terminais móveis.

Figura 6.2 - Janelas de configuração

Como se pode observar, para a previsão de cobertura, as suposições gerais de design do sistema de rádio foram:

- Potência de transmissão das EB's de 20 W, de modo a que consigam transmitir a um ERP não superior a 25 W, de acordo com as exigências da ANACOM
- Potencia de transmissão dos terminais móveis de 10 W.
- Considerou-se a altura das antenas das EB's acordo com o Anexo 2

- Altura média dos terminais móveis de 1.5 m
- Antenas omni-direcionais das EB's com ganho de 5 dBi e antenas dos terminais móveis com ganho de 2 dBi.
- Perdas nos cabos de 2 dB
- Nível de sensibilidade estática de -112 dBm para terminais móveis e -115 dBm para EB's. Os valores correspondentes para a sensibilidade dinâmica são -103 dBm (MS) e -106 dBm (BS).

Depois de efectuada a simulação foram recolhidos os mapas de cobertura referentes a cada uma das três fases de implementação.

Índice de Mapas de Cobertura

Tabela 6.1: Índice de mapas de cobertura

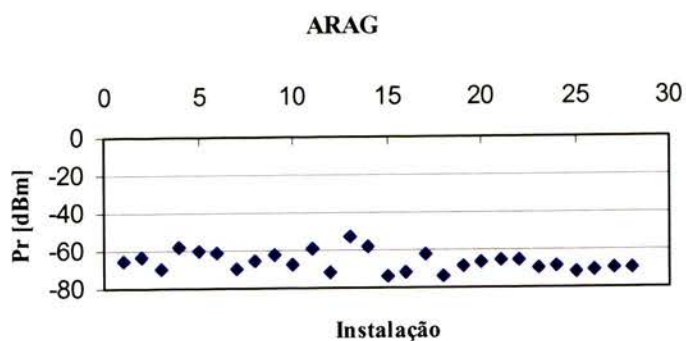
Título	Área em estudo	Página
Previsão Cobertura Rádio – Fase 1	ARLC, ARVT, AROT	Anexo 4
Previsão Cobertura Rádio – Fase 2	ARLC,ARVT,AROT,ARCL,ARGL,ARPS,ARBL,ARBL,ARGP, ARMN	Anexo 5
Previsão Cobertura Rádio – Fase 3 (cobertura total)	Portugal Continental	Anexo 6

6.4 Demonstração de resultados

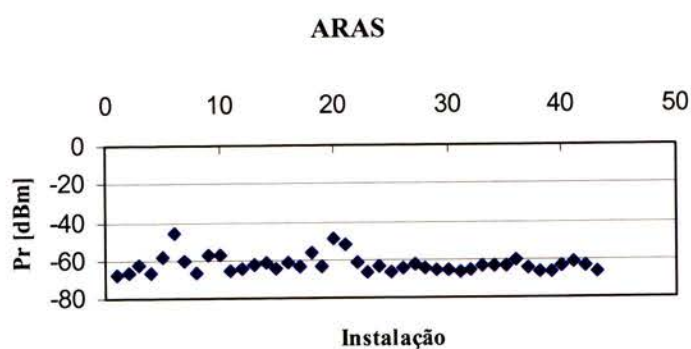
Após a simulação foi obtido o melhor nível de sinal recebido em cada receptor colocado nas instalações atrás referidas. O processo consistiu em, para cada um dos 518 terminais móveis, verificar qual a EB que fornecia melhor nível de sinal ao terminal em questão. Os valores obtidos podem ser consultados no anexo 3. Através desses valores individuais foi calculada a média do sinal recebido nos elementos de rede.

	Média Total
Pr (dBm)	-60.59

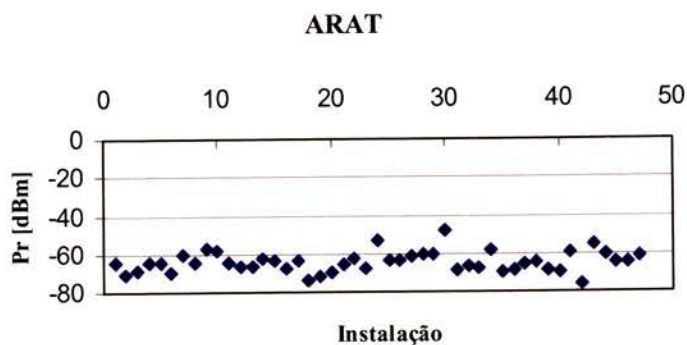
Os seguintes gráficos mostram a distribuição do nível de sinal recebido por cada instalação, em cada AR. É também apresentado o nível de sinal médio em cada AR.



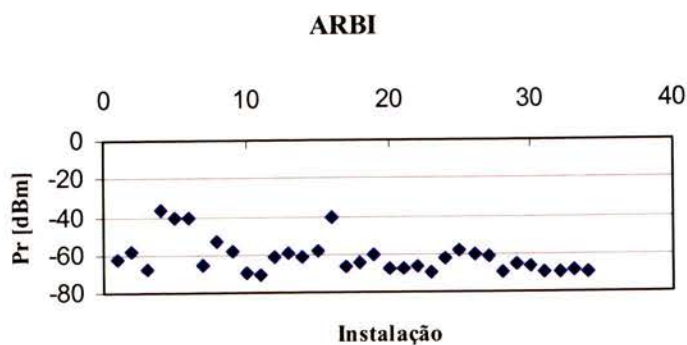
	Média
Pr (dBm)	-66.03



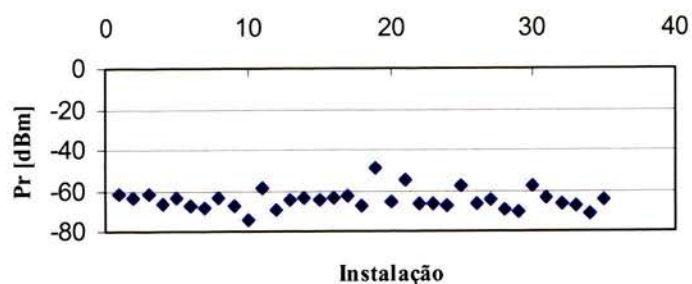
	Média
Pr (dBm)	-62.41



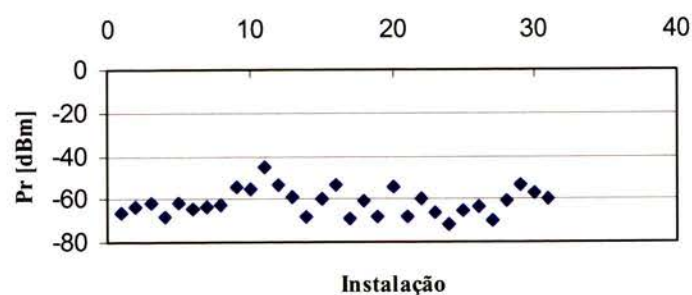
	Média
Pr (dBm)	-64.29



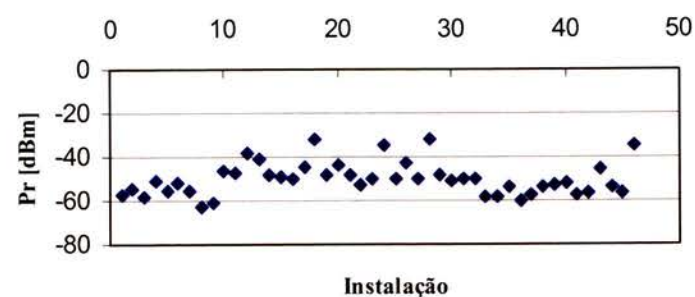
	Média
Pr (dBm)	-61.31

ARBL

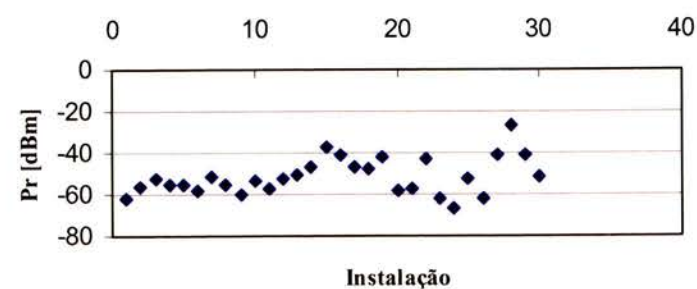
Média	
Pr (dBm)	-64.48

ARCL

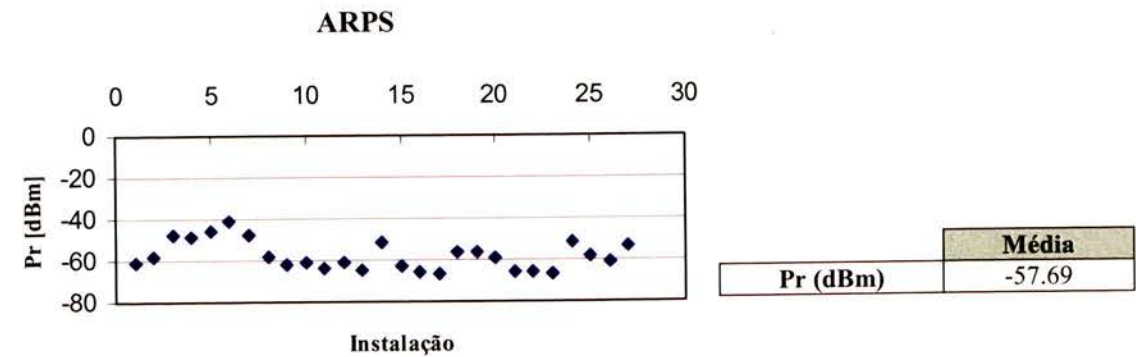
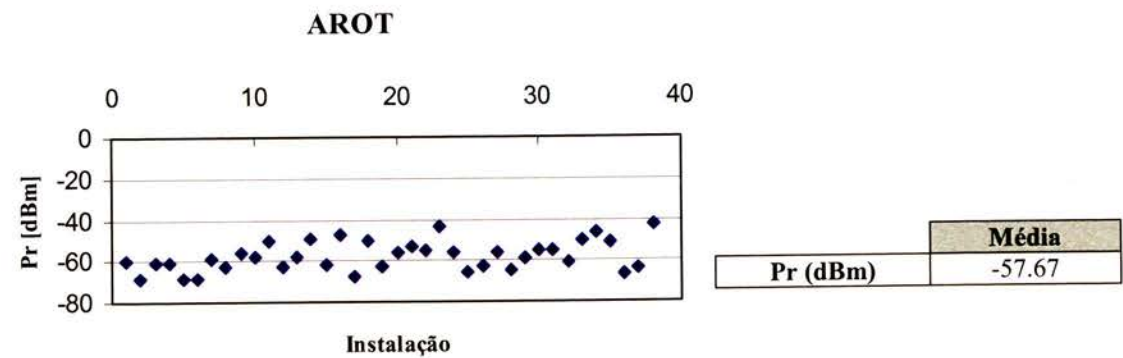
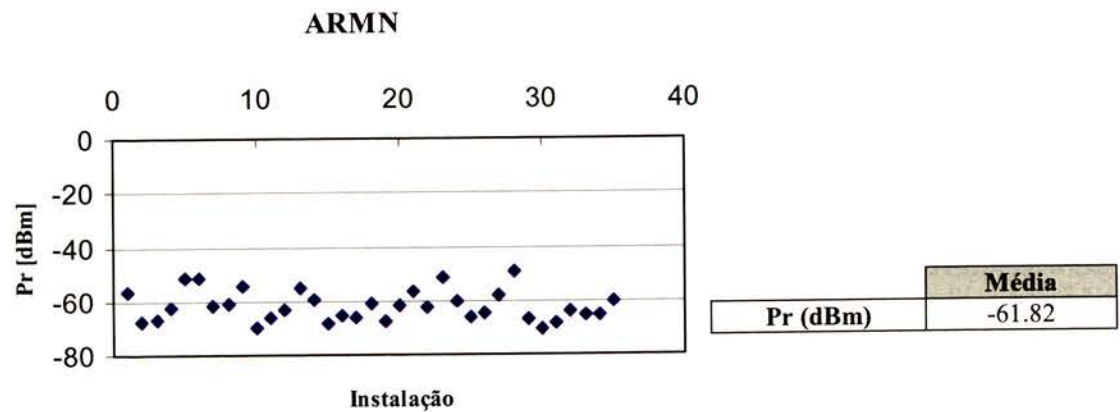
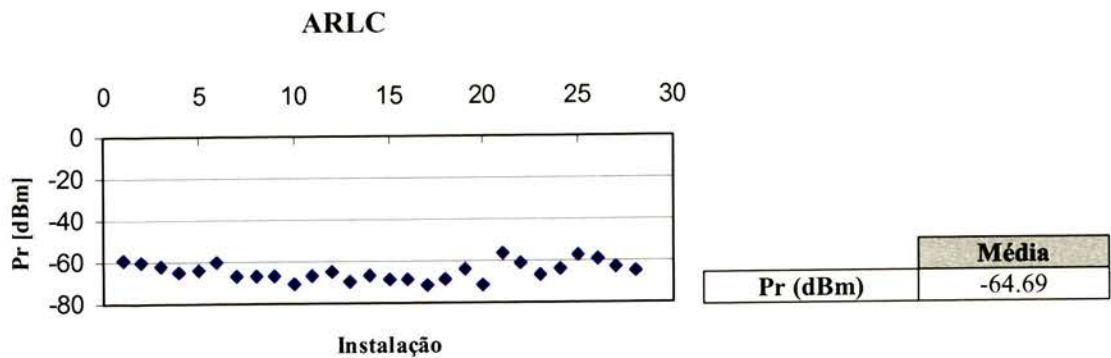
Média	
Pr (dBm)	-61.51

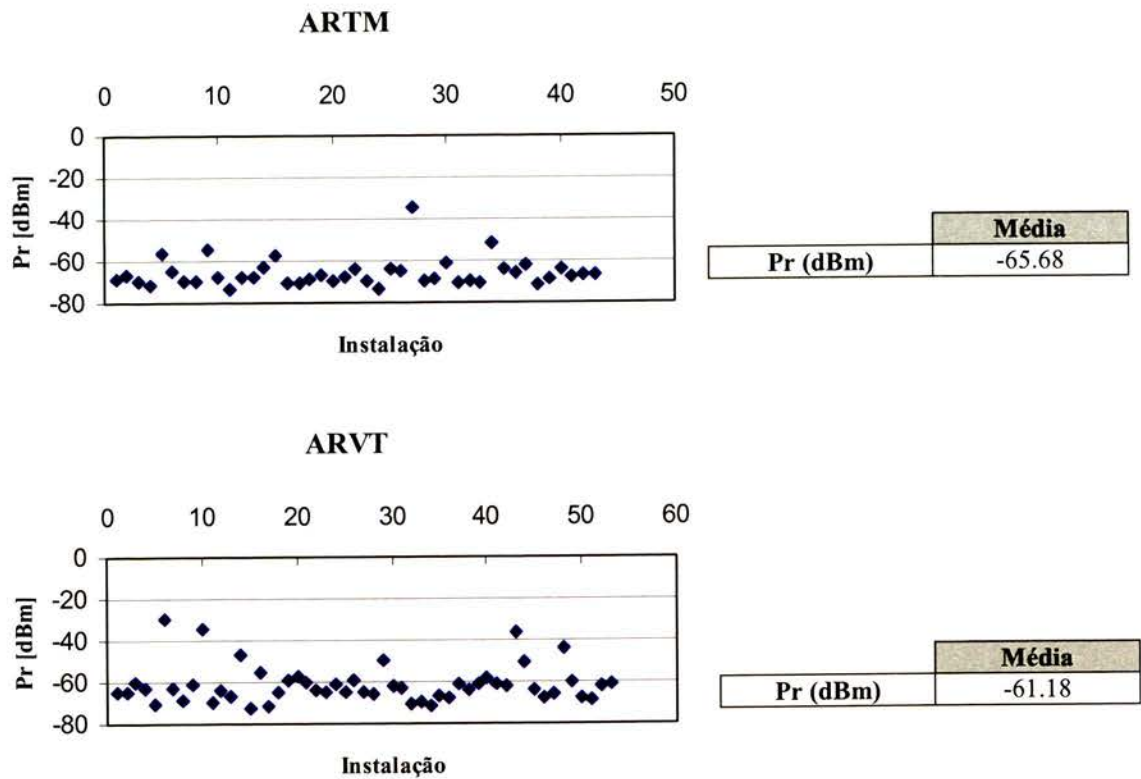
ARGL

Média	
Pr (dBm)	-50.08

ARGP

Média	
Pr (dBm)	-51.38





Com os valores atrás obtidos é possível construir o seguinte gráfico onde são apresentadas as médias do sinal recebido em cada AR e onde se pode verificar, como seria esperado, que as Áreas de Rede do Grande Porto e da Grande Lisboa são as que apresentam os melhores valores.

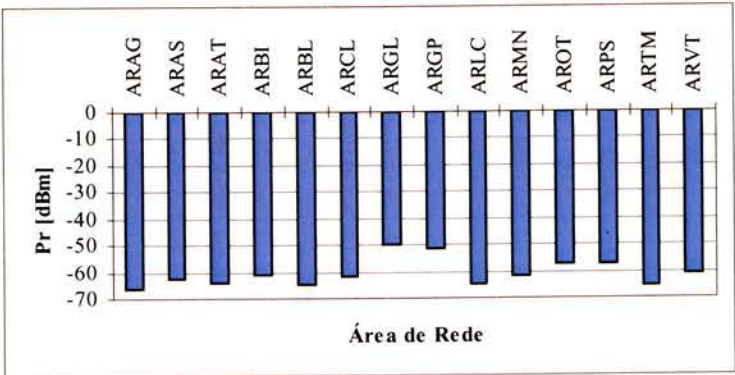


Figura 6.3 – Médias do sinal recebido em cada AR

Foram também calculadas as médias do nível de sinal recebido nos terminais móveis por AR e por tipo de instalação onde os mesmos se encontram.

Tabela 6.2: Médias do sinal recebido em cada AR por cada tipo de instalação

	Tipo de Instalação		
	Eólicas	Repetidores	Subestações
ARAG	-70.6	-72.35	-64.89
ARAS	-61.95	-66.5	-62.17
ARAT	-63	-65.83	-64.24
ARBI	-65.45	-56.87	-61.94
ARBL	-60.08	-67.93	-64.62
ARCL	-63.1	-62.75	-61.10
ARGL		-50.3	-50.06
ARGP		-54.8	-51.13
ARLC		-65.63	-64.58
ARMN	-60.7	-63.28	-61.89
AROT	-57.16	-62.86	-56.84
ARPS		-61.84	-56.75
ARTM	-64.33	-69.14	-66.75
ARVT	-67.67	-68.14	-59.98

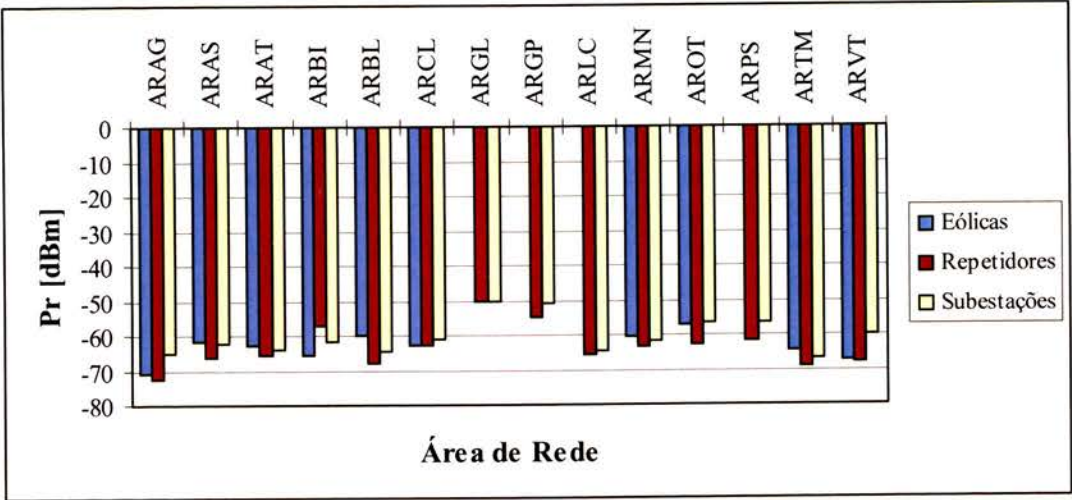


Figura 6.4 – Médias do sinal recebido em cada AR por cada tipo de instalação

Como se pode verificar, os valores obtidos para cada tipo de instalação são bastante homogêneos. Os valores mais satisfatórios são obtidos para as subestações (uma vez que são em maior número permitem um valor mais fiável) e quando comparámos especificamente as eólicas com os repetidores verifica-se um sinal, em média, melhor nas eólicas, talvez justificado pelo facto destas se encontrarem em zonas muito altas, beneficiando assim de uma melhor cobertura.

7

Conclusões

O resultado desde projecto de implementação de uma rede TETRA vai dotar a EDP Distribuição dos mecanismos necessários ao aumento da eficiência do conceito de mobilidade das suas equipas e dos seus sistemas de telecomando e controlo actualmente existentes, através de melhores processos de funcionamento e de interacção, nomeadamente para o serviço de voz, individual e em grupo, interligação com a rede de voz da EDP e interligação em DMO para a comunicação entre operadores.

A integração de uma rede de telecomunicações com as características do TETRA nos processos de funcionamento da empresa vai permitir uma abordagem para a evolução dos processos essencialmente em três áreas:

- O Telecomando
- A Transmissão de Dados
- A Rede de Voz

Conclui-se, com base no estudo de cobertura efectuado, que a actual configuração de rede permite obter um bom nível de sinal recebido em todos os elementos de rede analisados. De notar que o estudo contemplou apenas terminais móveis de 10 W e devem ser levadas em conta as limitações do software utilizado, quando comparado com o software profissional usado para efectuar este tipo de estudos.

O projecto de instalação da rede TETRA contempla uma 4ª fase unicamente dedicada à optimização da rede. Deste modo, se posteriormente forem detectados desvios significativos aos valores apresentados, ou se nas restantes instalações e elementos da rede EDP não analisados neste estudo for obtida uma cobertura abaixo do desejável, aconselha-se nesta fase à instalação de novas estações base e repetidores para alargar a cobertura rádio, sempre que tal se justifique. O modo de operação DMO desempenhará também um importante papel nestes casos, permitindo estender a cobertura a zonas onde esta não exista ou esteja abaixo dos níveis normais, permitindo assim operação em trabalhos de natureza localizada, tais como zonas montanhosas, zonas de sombra e túneis.

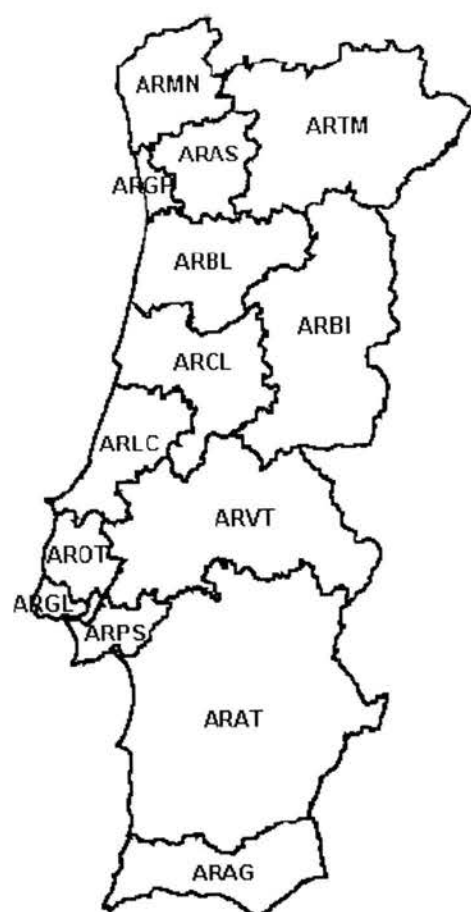
A conclusão global a reter deste estudo foi o facto de verificar que o plano de rede proposto pela Motorola se enquadrava e cumpria os requisitos operacionais da EDP, nos elementos de rede analisados.

Bibliografia

- J.Dunlop, D. Girma and J. Irvine, *Digital Mobile Communications and the TETRA System*. Wiley, 1999
- Hans-Peter A. Ketterling, *Introduction to Digital Professional Mobile Radio*. Artech House, 2003
- ETSI EN 300 392-1 v1.3.1 (2005-06) *Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 1: General network design*
(www.etsi.org)
- ETSI EN 300 392-2 V2.5.2 (2005-11) *Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 2: Air Interface (AI)*
(www.etsi.org)
- ETSI EN 300 396-1 (1998-3) *Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Technical requirements for Direct Mode Operation (DMO); Part 1: General network design*
(www.etsi.org)
- ETSI EN 300 396-3 V1.2.1 (2004-12): *Terrestrial Trunked Radio(TETRA);Technical Requirements for Direct Mode Operation (DMO); Part 3: Mobile Station to Mobile Station (MS – MS) Air Interface Protocol*
(www.etsi.org)
- <http://www.tetramou.com>
- <http://www.etsi.org>
- <http://www.edp.pt>
- <http://www.cplus.org/rmw/>

Anexo 1

Limites geográficos das áreas de Rede



Legenda:

- ARMN-** Área de Rede Minho
- ARTM-** Área de Rede Trás os Montes
- ARGP-** Área de Rede Grande Porto
- ARAS-** Área de Rede Ave e Sousa
- ARBL-** Área de Rede Beira Litoral
- ARBI-** Área de Rede Beira Interior
- ARCL-** Área de Rede Coimbra Lousã
- ARLC-** Área de Rede Litoral Centro
- AROT-** Área de Rede Oeste
- ARVT-** Área de Rede Vale do Tejo
- ARGL-** Área de Rede Grande Lisboa
- ARPS-** Área de Rede Península de Setúbal
- ARAT-** Área de Rede Alentejo
- ARAG-** Área de Rede Algarve

Anexo 2

Informação dos sites

Fase	SITE	Coordenadas		Altitude (m)	Zona	AR	Concelho	Utilização	ERP
		Lat (N)	Long (W)						
1	Cabeço Rainha	39° 50' 55"	07° 55' 32"	1078	Centro	ARCL	Serã	Obrigatória	25
1	Candeiros	39° 32' 59"	08° 51' 58"	608	Centro	ARLC	Por de Mós	Obrigatória	25
1	Carapinheira	38° 56' 08"	09° 18' 40"	290	Sul	AROT	Mafra	Opcional	25
1	Coruche	38° 57' 57"	08° 31' 20"	56	Sul	ARVT	Coruche	Obrigatória	25
1	Elvas	38° 52' 58"	07° 09' 52"	337	Sul	ARVT	Elvas	Obrigatória	25
1	Maranhão	39° 00' 59"	07° 58' 32"	133	Sul	ARVT	Avis	Opcional	25
1	Martimchel	39° 32' 32"	08° 17' 07"	210	Sul	ARVT	Abrantes	Obrigatória	25
1	Montargil	39° 04' 36"	08° 11' 10"	225	Sul	ARVT	Ponte de Sôr	Opcional	25
1	Monte Gordo	38° 57' 42"	08° 59' 37"	187	Sul	AROT	Vila F. Xira	Obrigatória	25
1	Montejunto	39° 10' 26"	09° 03' 30"	643	Sul	AROT	Alenquer	Obrigatória	25
1	S. Gens	38° 44' 19"	07° 35' 02"	639	Sul	ARAT	Redondo	Obrigatória	25
1	S. Miguel de Nisa	39° 34' 47"	07° 37' 45"	287	Sul	ARVT	Nisa	Obrigatória	25
1	Santarém	39° 13' 36"	08° 41' 16"	103	Sul	ARVT	Santarém	Obrigatória	25
1	Sua Mamede	39° 18' 48"	07° 21' 36"	1019	Sul	ARVT	Portalegre	Obrigatória	25
1	Serra Amoreira	38° 48' 42"	09° 11' 57"	306	Sul	AROT	Olivelas	Obrigatória	25
1	Serra da Vila	39° 03' 48"	09° 15' 58"	202	Sul	AROT	Torres Vedras	Obrigatória	25
1	Serra da Vila	39° 32' 08"	08° 38' 11"	673	Sul	ARVT	Torres Novas	Obrigatória	25
1	Serra da Vila	39° 55' 13"	08° 32' 27"	548	Centro	ARLC	Pombal	Obrigatória	25
1	S.ª Eufêmia	38° 46' 53"	09° 23' 22"	453	Sul	ARGL	Sintra	Obrigatória	25

Fase	SITE	Coordenadas		Altitude (m)	Altura Antena (m)	Zona	AR	Concelho	Utilização	ERP
		Lat (N)	Long (W)							
2	Acude de Coimbra	40° 12' 55"	08° 26' 18"	17	30	Centro	ARCL	Coimbra	Opcional	25
2	Almada	38° 40' 57"	09° 09' 16"	49	15	Sul	ARPS	Almada	Opcional	25
2	Alto S. João	40° 11' 36"	08° 24' 02"	55	10	Centro	ARCL	Coimbra	Opcional	25
2	Brenha	40° 11' 30"	08° 50' 26"	190	20	Centro	ARCL	Figueira da Foz	Obrigatória	25
2	Cabeço Peão	40° 02' 29"	08° 12' 51"	1007	30	Centro	ARCL	Figueiró dos Vinhos	Obrigatória	25
2	Cabo Ruivo	38° 45' 19"	09° 06' 19"	51	20	Sul	ARGL	Lisboa	Obrigatória	25
2	Camilo Castelo Branco	38° 43' 27"	09° 09' 00"	75	44	Sul	ARGL	Lisboa	Obrigatória	25
2	Caramulo	40° 33' 10"	08° 10' 48"	983	50	Centro	ARBL	Tondela	Obrigatória	25
2	Carregosa	40° 53' 51"	08° 23' 37"	614	30	Norte	ARBL	Vale de Cambra	Obrigatória	25
2	Extremo	41° 57' 16"	08° 29' 33"	834	10	Norte	ARMN	Arcos de Valdevez	Obrigatória	25
2	Gonzalo Cristóvão	41° 09' 13"	08° 36' 33"	117	30	Norte	ARGP	Porto	Opcional	25
2	Monte Virgem	41° 06' 31"	08° 35' 24"	222	50	Norte	ARGP	Vila N. de Gaia	Obrigatória	25
2	Monte Caparica	38° 40' 22"	09° 11' 22"	119	27	Sul	ARPS	Almada	Obrigatória	25
2	Palhavã	38° 44' 21"	09° 10' 12"	65	30	Sul	ARGL	Lisboa	Obrigatória	25
2	Palmeira	38° 34' 09"	08° 53' 55"	209	30	Sul	ARPS	Palmeira	Obrigatória	25
2	Penedono	40° 59' 54"	07° 24' 59"	955	20	Centro	ARBL	Penedono	Obrigatória	25
2	Penha	41° 25' 34"	08° 16' 11"	585	30	Norte	ARAS	Guimarães	Obrigatória	25
2	Pereiros	40° 09' 55"	08° 25' 10"	188	25	Centro	ARCL	Coimbra	Obrigatória	25
2	R. Alexandre Herculano	41° 08' 39"	08° 36' 17"	95	10	Norte	ARGP	Porto	Opcional	25
2	R. José Pereira Araújo	41° 07' 44"	08° 38' 02"	92	10	Norte	ARGP	Porto	Opcional	25
2	S. Macário	40° 52' 32"	08° 03' 41"	1041	30	Centro	ARBL	S. Pedro do Sul	Obrigatória	25
2	S. Mamede	41° 37' 40"	08° 14' 46"	699	20	Norte	ARMN	Póvoa do Lanhoso	Obrigatória	25
2	Sameiro	41° 32' 18"	08° 21' 59"	554	50	Norte	ARMN	Braga	Obrigatória	25
2	Santana	38° 27' 13"	09° 08' 11"	174	25	Sul	ARPS	Sesimbra	Obrigatória	25
2	Serra d'Arga	41° 48' 15"	08° 41' 38"	789	40	Norte	ARMN	Viana do Castelo	Obrigatória	25
2	Sia. Justa	41° 10' 20"	08° 29' 41"	347	25	Norte	ARGP	Porto	Obrigatória	25
2	Talhadas	40° 40' 24"	08° 18' 45"	671	40	Norte	ARBL	Sever do Vouga	Obrigatória	25
2	Trevim	40° 05' 21"	08° 10' 44"	1198	15	Centro	ARCL	Castanheira de Pera	Obrigatória	25
2	Troviscoso	42° 04' 15"	08° 27' 32"	69	30	Norte	ARMN	Monção	Obrigatória	25
2	Vendas Novas	38° 40' 20"	08° 26' 52"	154	30	Sul	ARAT	Vendas Novas	Obrigatória	25

Fase	SITE	Coordenadas		Altitude (m)	Altura Antena (m)	Zona	AR	Concelho	Utilização	ERP
		Lat (N)	Long (W)							
3	Aljustrel	37° 52' 43" N	08° 09' 07"	154	30	Sul	ARAT	Aljustrel	Obrigatória	25
3	Bornes	41° 25' 60" N	07° 00' 21"	1192	30	Norte	ARTM	Alfandega da Fê	Obrigatória	25
3	Castelo Branco	39° 49' 33" N	07° 30' 21"	377	25	Centro	ARBI	Castelo Branco	Obrigatória	25
3	Colorico da Beira	40° 38' 36" N	07° 23' 19"	462	20	Centro	ARBI	Colorico da beira	Obrigatória	25
3	Evora	38° 34' 35" N	07° 54' 22"	274	30	Sul	ARAT	Evora	Opcional	25
3	Ferreira	38° 03' 33" N	08° 05' 59"	151	30	Sul	ARAT	Ferreira do Alentejo	Obrigatória	25
3	Fôia	37° 19' 00" N	08° 35' 36"	887	25	Sul	ARAG	Monchique	Obrigatória	25
3	Guarda	40° 32' 14" N	07° 16' 21"	1045	25	Centro	ARBI	Guarda	Obrigatória	25
3	Loulé	37° 08' 12" N	08° 00' 21"	203	40	Sul	ARAG	Loulé	Obrigatória	25
3	Murão	41° 14' 55" N	07° 53' 09"	1401	30	Norte	ARTM	Santa Maria de Penaguão	Obrigatória	25
3	Marôia	40° 51' 51" N	06° 59' 30"	971	30	Centro	ARBI	Figueira de C.Rodrigo	Obrigatória	25
3	Mendro	38° 14' 44" N	07° 47' 03"	399		Sul	ARAT	Vidigueira	Obrigatória	25
3	Mertola	37° 38' 06" N	07° 37' 15"	185	30	Sul	ARAT	Mertola	Obrigatória	25
3	Mogadouro	41° 20' 21" N	06° 34' 14"	755	30	Norte	ARTM	Mogadouro	Obrigatória	25
3	Monlurado	38° 34' 12" N	08° 11' 15"	377	30	Sul	ARAT	Montemor-o-Novo	Obrigatória	25
3	Moura	38° 07' 51" N	07° 26' 34"	211	30	Sul	ARAT	Moura	Obrigatória	25
3	Mu	37° 22' 15" N	08° 04' 50"	569	30	Sul	ARAT	Almodôvar	Obrigatória	25
3	Nogueira	41° 43' 00" N	06° 51' 26"	1306	30	Norte	ARTM	Bragança	Obrigatória	25
3	Padrela	41° 33' 45" N	07° 31' 04"	1145		Norte	ARTM	Valpaços	Opcional	25
3	Picarrinhas	40° 17' 04" N	07° 32' 27"	1315	20	Centro	ARBI	Covilhã	Obrigatória	25
3	Pousada Mantelga	40° 24' 59" N	07° 32' 44"	1285	20	Centro	ARBI	Manteigas	Obrigatória	25
3	S.Francisco	38° 05' 09" N	08° 38' 23"	281	40	Sul	ARAT	Santiago do Cacém	Obrigatória	25
3	S. Miguel	37° 06' 05" N	07° 49' 45"	389	30	Sul	ARAG	Olhao	Obrigatória	25
3	Serpa	37° 57' 01" N	07° 35' 54"	179	30	Sul	ARAT	Serpa	Obrigatória	25
3	V.N.Milfontes	37° 44' 07" N	08° 46' 02"	49	30	Sul	ARAT	Odemira	Obrigatória	25

Anexo 3

Informação das instalações

Área de Rede do Algarve

Instalações:
23 Subestações
3 Eólicas
2 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Faro	Albufeira	Albufeira	SE AT/MT	59	37° 05' 45"	08° 14' 59"	-65.3
	Aljezur	Aljezur	SE AT/MT	36	37° 19' 39"	08° 47' 35"	-63.6
	Castro Marim	Aldeia Nova	SE AT/MT	7	37° 11' 04"	07° 28' 22"	-69.7
	Faro	Braciais	SE AT/MT	23	37° 03' 36"	07° 56' 45"	-57.9
		Faro	SE AT/MT	16	37° 01' 40"	07° 56' 28"	-59.9
		Torre Natal	SE AT/MT	33	37° 02' 18"	07° 54' 15"	-60.7
	Lagoa	Lagoa	SE AT/MT	37	37° 07' 07"	08° 28' 03"	-69.8
	Lagos	Lagos	SE AT/MT	45	37° 06' 17"	08° 41' 43"	-65.6
	Loulé	Loulé	SE AT/MT	203	37° 08' 12"	08° 00' 21"	-61.8
		Quarteira	SE AT/MT	36	37° 05' 01"	08° 04' 36"	-67.1
		Vilamoura	SE AT/MT	45	37° 06' 57"	08° 08' 27"	-59.3
	Monchique	Foia	Repetidor	887	37° 19' 00"	08° 35' 36"	-71.4
		Monchique	SE AT/MT	342	37° 17' 49"	08° 34' 10"	-53.1
	Olhão	Olhão	SE AT/MT	24	37° 02' 59"	07° 49' 38"	-57.9
		S. Miguel	Repetidor	389	37° 06' 05"	07° 49' 45"	-73.3
	Portimão	Portimão	SE AT/MT	24	37° 07' 29"	08° 33' 33"	-71.9
		Porto de Lagos	SE AT/MT	7	37° 10' 38"	08° 31' 56"	-62.6
	São Brás de Alportel	São Brás de Alportel	SE AT/MT	225	37° 08' 58"	07° 53' 34"	-73.2
	Silves	Armação de Pêra	SE AT/MT	63	37° 07' 10"	08° 22' 11"	-68.4
		S.Bartolomeu de Messines	SE AT/MT	113	37° 15' 23"	08° 15' 33"	-66.4
		Silves	SE AT/MT	74	37° 10' 39"	08° 25' 26"	-65.3
		Tunes	SE AT/MT	59	37° 09' 54"	08° 15' 47"	-65.0
	Tavira	Cachopo	SE AT/MT	382	37° 21' 24"	07° 49' 11"	-69.7
		Tavira	SE AT/MT	63	37° 07' 38"	07° 40' 12"	-68.7
	Vila do Bispo	Picos Verdes 2	Eólica	137	37° 05' 54"	08° 51' 33"	-71.7
		Vale de Cavalos	Eólica	137	37° 05' 48"	08° 51' 32"	-70.5
		Vila do Bispo	SE AT/MT	75	37° 04' 45"	08° 54' 36"	-69.5
		Vila do Bispo	Eólica	136	37° 07' 10"	08° 53' 03"	-69.6

Área de Rede do Ave e Sousa

Instalações:
27 Subestações
13 Eólicas
3 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Braga	Cabeceiras de Basto	Central eólica de Penouta	Eólica	777	41° 29' 19"	08° 01' 33"	-67.4
		Fermil de Basto	SE AT/MT	191	41° 25' 38"	07° 59' 30"	-67.0
	Celorico de Basto	Parque eólico de Alfarrobeira	Eólica	814	41° 24' 38"	08° 04' 00"	-62.3
		Viso	Repetidor	829	41° 24' 49"	08° 03' 51"	-66.6
	Fafe	Fafe	SE AT/MT	349	41° 26' 45"	08° 10' 37"	-58.4
		Guimarães	SE AT/MT	245	41° 25' 44"	08° 17' 54"	-45.6
	Guimarães	Lameirinho	SE AT/MT	164	41° 25' 25"	08° 21' 40"	-60.2
		Penha	Repetidor	585	41° 25' 34"	08° 16' 11"	-66.2
		Pevidém	SE AT/MT	204	41° 25' 47"	08° 21' 39"	-57.0
		S. João de Ponte	SE AT/MT	144	41° 27' 46"	08° 19' 52"	-56.7
		Caníços	SE AT/MT	61	41° 21' 49"	08° 26' 08"	-65.5
	Vila Nova de Famalicão	Lousado	SE AT/MT	50	41° 21' 28"	08° 32' 38"	-64.2
		Móvel Recurso SRN 1	SE AT/MT	110	41° 24' 19"	08° 26' 45"	-61.9
		Móvel Recurso SRN 2	SE AT/MT	109	41° 24' 19"	08° 26' 46"	-61.1
		Requião	SE AT/MT	122	41° 24' 32"	08° 29' 51"	-64.8
		Ruivães	SE AT/MT	109	41° 24' 19"	08° 26' 43"	-61.2
		Amarante	SE AT/MT	178	41° 17' 36"	08° 05' 51"	-63.0
Porto	Amarante	Carneiro	SE AT/MT	623	41° 12' 26"	07° 58' 08"	-56.2
		Pena Suar	Eólica	1184	41° 17' 28"	07° 55' 22"	-63.6
		Marão 1	Eólica	1154	41° 13' 44"	07° 55' 15"	-48.9
	Baião	Marão 2	Eólica	1226	41° 12' 32"	07° 53' 40"	-52.0
		Barrosas	SE AT/MT	440	41° 19' 08"	08° 16' 25"	-61.4
	Felgueiras	Felgueiras	SE AT/MT	277	41° 20' 45"	08° 11' 27"	-66.2
		Lousada	SE AT/MT	280	41° 15' 54"	08° 17' 47"	-63.4
	Marco de Canaveses	Abogalheira	Repetidor	940	41° 11' 29"	08° 02' 34"	-66.7
		Marco de Canaveses	SE AT/MT	114	41° 11' 01"	08° 08' 11"	-64.6
	Paços de Ferreira	Paços de Ferreira	SE AT/MT	332	41° 17' 01"	08° 21' 46"	-62.0
	Paredes	Lordelo	SE AT/MT	299	41° 15' 11"	08° 24' 60"	-64.7
		Rebordosa	SE AT/MT	399	41° 12' 55"	08° 22' 52"	-65.1
		Boneca	Eólica	509	41° 03' 49"	08° 20' 45"	-65.7
	Penafiel	Bustelo	SE AT/MT	326	41° 13' 39"	08° 15' 37"	-66.8
		Entre-os-rios	SE AT/MT	149	41° 06' 26"	08° 17' 36"	-65.5
		Arcias	SE AT/MT	74	41° 21' 30"	08° 28' 53"	-63.3
	Santo Tirso	S. Martinho do Campo	SE AT/MT	138	41° 21' 54"	08° 21' 03"	-63.5
		Muro	SE AT/MT	100	41° 18' 21"	08° 34' 51"	-62.9
Viseu	Cinfães	Alto Talefe	Eólica	1297	40° 59' 19"	07° 59' 06"	-60.6
		Arcipreste	Eólica	636	41° 03' 39"	08° 05' 55"	-64.3
		Aregos	SE MT/MT	93	41° 05' 38"	08° 01' 42"	-66.4
		Fonte da Quelha	Eólica	1189	41° 00' 45"	08° 05' 60"	-66.7
		Pinheiro	Eólica	1350	40° 58' 31"	07° 59' 05"	-63.0
		S. Pedro	Eólica	1148	40° 59' 50"	08° 05' 24"	-60.9
		Senhora do Castelo 1	Eólica	1007	41° 02' 02"	08° 09' 01"	-63.3
		Senhora do Castelo 2	Eólica	541	41° 04' 00"	08° 11' 56"	-66.7

Área de Rede do Alentejo

- Instalações:
- 42 Subestações
 - 2 Eólicas
 - 3 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Beja	Aljustrel	Aljustrel	SE AT/MT	154	37° 52' 43"	08° 09' 07"	-63.9
		Almodôvar	SE AT/MT	262	37° 28' 58"	08° 01' 47"	-70.8
	Almodôvar	Porteirinhos	SE AT/MT	282	37° 34' 36"	08° 04' 18"	-68.7
		Beja	SE AT/MT	240	38° 00' 41"	07° 52' 21"	-64.0
	Beja	P. Ind. Beja	SE MT/MT	208	38° 01' 15"	07° 50' 54"	-64.8
		Castro Verde	SE MT/MT	242	37° 42' 16"	08° 05' 38"	-69.4
	Castro Verde	Castro Verde	SE MT/MT	242	37° 42' 16"	08° 05' 38"	-69.4
	Cuba	Cuba	SE MT/MT	178	38° 10' 13"	07° 53' 39"	-60.2
	Ferreira do Alentejo	Ferreira do Alentejo	SE AT/MT	151	38° 03' 33"	08° 05' 59"	-63.9
	Mértola	Cerro Calvário	SE MT/MT	99	37° 38' 52"	07° 40' 03"	-57.3
		S. João dos Caldeireiros	SE MT/MT	176	37° 36' 57"	07° 44' 37"	-58.5
	Moura	Amareleja	SE MT/MT	211	38° 12' 52"	07° 13' 33"	-64.4
		Moura	SE AT/MT	210	38° 07' 51"	07° 26' 34"	-66.2
	Odemira	Bugalheira	SE MT/MT	86	37° 32' 59"	08° 42' 46"	-66.8
		Corte Sevilha	SE MT/MT	72	37° 26' 53"	08° 29' 15"	-62.6
		Odemira	SE MT/MT	38	37° 36' 05"	08° 38' 25"	-63.1
		S. Teotónio	SE MT/MT	196	37° 29' 21"	08° 42' 08"	-67.3
		Telheiros	SE MT/MT	46	37° 36' 54"	08° 36' 25"	-63.3
		V.N.Milfontes	SE AT/MT	49	37° 44' 07"	08° 46' 02"	-73.4
	Ourique	Ourique	SE MT/MT	204	37° 40' 04"	08° 13' 01"	-71.2
		Panóias	SE MT/MT	158	37° 45' 28"	08° 18' 31"	-69.4
	Serpa	Serpa	SE AT/MT	179	37° 57' 01"	07° 35' 54"	-65.4
		Vale de Vargo	SE MT/MT	190	37° 58' 49"	07° 24' 52"	-61.9
	Vidigueira	Mendro	Repetidor	399	38° 14' 44"	07° 47' 03"	-67.8
		Vidigueira	SE MT/MT	182	38° 12' 01"	07° 48' 07"	-53.1
Évora	Alandroal	Terena	SE AT/MT	165	38° 37' 46"	07° 24' 16"	-63.5
	Arraiolos	Ceramica	SE MT/MT	238	38° 44' 29"	07° 57' 01"	-63.0
	Borba	Borba	SE AT/MT	485	38° 47' 33"	07° 28' 00"	-60.9
	Estremoz	Estremoz	SE AT/MT	402	38° 51' 03"	07° 35' 39"	-60.2
		Évora Monte	Repetidor	472	38° 46' 18"	07° 42' 58"	-59.9
	Évora	Cacira	SE AT/MT	249	38° 33' 18"	07° 52' 56"	-47.7
		Évora	SE AT/MT	274	38° 34' 35"	07° 54' 22"	-68.1
	Montemor-o-Novo	Montemor	SE AT/MT	229	38° 38' 43"	08° 11' 60"	-66.7
	Mora	Mora	SE MT/MT	88	38° 56' 41"	08° 08' 57"	-67.9
	Portel	Portel	SE MT/MT	315	38° 18' 33"	07° 42' 36"	-57.7
	Redondo	S. Gens	Repetidor	639	38° 44' 19"	07° 35' 02"	-69.8
	Reguengos de Monsaraz	Reguengos de Monsaraz	SE MT/MT	207	38° 26' 44"	07° 31' 50"	-69.0
	Vendas Novas	Vendas Novas	SE AT/MT	154	38° 40' 20"	08° 26' 52"	-65.6
	Vila Viçosa	Vila Viçosa	SE AT/MT	410	38° 46' 19"	07° 25' 34"	-64.9
Setúbal	Alcácer do Sal	Alcácer do Sal	SE AT/MT	67	38° 23' 03"	08° 30' 44"	-68.4
		Vale de Gaio	SE AT/MT	78	38° 15' 59"	08° 18' 55"	-69.4
	Grândola	Grândola	SE MT/MT	99	38° 10' 22"	08° 33' 32"	-59.4
	Santiago do Cacem	Azinhala	SE MT/MT	33	38° 03' 22"	08° 44' 54"	-76.0
		Santiago	SE AT/MT	253	38° 01' 30"	08° 40' 30"	-55.2
		S. André	SE MT/MT	23	38° 03' 25"	08° 47' 18"	-60.3
	Sines	Monte Chãos	Eólica	96	37° 57' 17"	08° 50' 18"	-64.8
		Monte Feio	SE AT/MT	37	37° 58' 21"	08° 50' 57"	-64.6
		Parque eólico da Chaminé	Eólica	114	37° 51' 59"	08° 44' 55"	-61.2

Área de Rede da Beira Interior

Instalações:
23 Subestações
4 Eólicas
7 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Castelo Branco	Belmonte	Belmonte	SE AT/MT	476	40° 22' 10"	07° 20' 38"	-62.8
	Castelo Branco	Alcains	SE MT/MT	367	39° 55' 12"	07° 28' 07"	-58.5
		Castelo Branco	SE AT/MT	377	39° 49' 33"	07° 30' 21"	-67.5
		C.Branco (Castelo)	Repetidor	469	39° 49' 31"	07° 29' 49"	-36.7
		Talagueira	SE AT/MT	351	39° 49' 20"	07° 31' 14"	-40.1
		Talagueira	Repetidor	357	39° 49' 13"	07° 31' 13"	-40.5
	Covilhã	Piçarrinhas	Repetidor	1315	40° 17' 04"	07° 32' 27"	-65.0
		Tortosendo	SE AT/MT	562	40° 15' 09"	07° 30' 47"	-52.6
		Várzea	SE AT/MT	477	40° 17' 23"	07° 28' 45"	-58.7
	Fundão	Fundão	SE AT/MT	429	40° 10' 09"	07° 29' 39"	-69.3
	Idanha-a-Nova	Senhora da Graça	SE AT/MT	213	39° 54' 44"	07° 13' 36"	-70.3
	Proença-a-Nova	Vale Serrão	SE AT/MT	375	39° 43' 18"	07° 53' 47"	-61.0
		Vergão	Eólica	598	39° 45' 25"	07° 59' 14"	-58.8
Guarda	Celorico da Beira	Celorico	SE AT/MT	462	40° 38' 36"	07° 23' 19"	-61.8
	Gouveia	Gouveia	SE AT/MT	589	40° 29' 47"	07° 36' 07"	-57.8
		Guarda	SE AT/MT	958	40° 32' 18"	07° 17' 15"	-40.3
	Guarda	Guarda (Castelo)	Repetidor	1045	40° 32' 14"	07° 16' 21"	-66.0
		Marvão	SE AT/MT	281	41° 01' 08"	07° 10' 58"	-63.9
	Pinhel	Pinhel	SE AT/MT	606	40° 46' 26"	07° 03' 30"	-59.8
		Cerdeira	SE AT/MT	741	40° 30' 59"	07° 02' 45"	-67.9
	Sabugal	Parque eólico de dirão da rua	Eólica	956	40° 21' 08"	07° 10' 58"	-67.6
		P eólico Terreiro das Bruxas	Eólica	839	40° 18' 16"	07° 09' 51"	-66.5
		Sabugal	SE AT/MT	772	40° 20' 23"	07° 05' 42"	-69.3
		Cabeço Corvos	Repetidor	1043	40° 24' 25"	07° 40' 45"	-62.7
	Seia	Lagoa Comprida	Repetidor	1615	40° 21' 60"	07° 38' 38"	-57.7
		Loriga	SE AT/MT	808	40° 19' 38"	07° 41' 19"	-60.2
		Sabugueiro	SE AT/MT	978	40° 23' 49"	07° 39' 44"	-61.8
		Seia	SE AT/MT	435	40° 25' 22"	07° 42' 44"	-69.7
		Trancoso	SE AT/MT	855	40° 46' 52"	07° 21' 06"	-65.7
	Mangualde	Mangualde	SE AT/MT	536	40° 36' 24"	07° 46' 33"	-66.8
	Nelas	Nelas	SE AT/MT	442	40° 31' 48"	07° 51' 20"	-69.5
		Nelas 2	SE AT/MT	418	40° 33' 09"	07° 49' 56"	-69.3
	Penedono	Parque eólico do Sirigo	Eólica	977	40° 57' 53"	07° 23' 29"	-68.9
		Penedono	Repetidor	954	40° 59' 54"	07° 24' 59"	-69.5

Área de Rede da Beira Litoral

Instalações:
27 Subestações
4 Eólicas
4 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Aveiro	Águeda	Águeda	SE AT/MT	87	40° 35' 35"	08° 27' 24"	-61.2
		Barrô	SE AT/MT	55	40° 32' 02"	08° 27' 18"	-63.5
	Albergaria-a-Velha	Albergaria	SE AT/MT	184	40° 44' 43"	08° 28' 40"	-61.9
	Arouca	Alto do Coto	Eólica	932	40° 58' 50"	08° 06' 24"	-66.1
		Arouca	SE AT/MT	253	40° 55' 29"	08° 16' 43"	-63.5
	Aveiro	Aveiro	SE AT/MT	18	40° 38' 10"	08° 38' 36"	-67.7
		Esgueira	SE AT/MT	27	40° 38' 59"	08° 37' 08"	-68.2
	Estarreja	Avanca	SE AT/MT	36	40° 48' 27"	08° 34' 07"	-63.6
	Ílhavo	Gafanha	SE AT/MT	8	40° 37' 49"	08° 41' 50"	-67.8
		Ílhavo	SE AT/MT	29	40° 35' 17"	08° 39' 12"	-73.7
	Oliveira de Azeméis	Oliveira de Azeméis	SE AT/MT	131	40° 50' 34"	08° 29' 24"	-58.1
	Oliveira do Bairro	Bustos	SE AT/MT	51	40° 29' 14"	08° 36' 22"	-69.2
	Ovar	Arada	SE AT/MT	53	40° 54' 27"	08° 36' 31"	-64.3
		Ovar	SE AT/MT	23	40° 51' 39"	08° 36' 26"	-63.6
	Santa Maria da Feira	Inha	SE AT/MT	93	41° 01' 02"	08° 26' 09"	-64.4
		Rio Meão	SE AT/MT	112	40° 57' 33"	08° 35' 15"	-63.2
		Sanguedo	SE AT/MT	224	41° 00' 01"	08° 31' 49"	-62.4
		S. João da Madeira	SE AT/MT	233	40° 54' 12"	08° 30' 08"	-67.1
		Parque Eólico Doninhas	Eólica	492	40° 40' 05"	08° 21' 10"	-49.1
	Sever do Vouga	Talhadas	Repetidor	671	40° 40' 24"	08° 18' 45"	-65.1
	S. João da Madeira	Devesa Velha	SE AT/MT	181	40° 53' 12"	08° 28' 41"	-54.8
	Vale de Cambra	Carregosa	Repetidor	614	40° 53' 51"	08° 23' 37"	-66.7
		Vale de Cambra	SE AT/MT	207	40° 50' 07"	08° 23' 38"	-66.0
Viseu	Castro D'Aire	Cabril	Eólica	1153	40° 59' 10"	08° 03' 08"	-67.5
		Lameira	Eólica	1284	40° 57' 47"	08° 02' 07"	-57.6
	Moimenta da Beira	Vila da Rua	SE AT/MT	599	40° 56' 40"	07° 34' 02"	-66.7
	Mortágua	Mortágua	SE AT/MT	102	40° 24' 10"	08° 13' 25"	-64.6
	São Pedro do Sul	S. Macário	Repetidor	1041	40° 52' 32"	08° 03' 41"	-69.2
	Tondela	Caramulo	Repetidor	983	40° 33' 10"	08° 10' 48"	-70.7
		Tondela	SE AT/MT	280	40° 31' 32"	08° 05' 02"	-57.5
	Viseu	Gumiei	SE AT/MT	412	40° 44' 24"	08° 00' 20"	-63.2
		Orgens	SE AT/MT	403	40° 40' 34"	07° 56' 14"	-66.6
		Viseu	SE AT/MT	485	40° 38' 54"	07° 55' 10"	-67.0
		Viso	SE AT/MT	519	40° 39' 27"	07° 52' 57"	-70.9
	Vouzela	Vouzela	SE AT/MT	285	40° 43' 34"	08° 07' 18"	-64.1

Área de Rede de Coimbra Lousã

Instalações:
24 Subestações
3 Eólicas
4 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Aveiro	Anadia	Mogofores	SE AT/MT	50	40° 26' 24"	08° 26' 56"	-65.9
	Mealhada	Pampilhosa	SE AT/MT	92	40° 20' 46"	08° 25' 42"	-63.7
Castelo Branco	Oleiros	Cabeço da Rainha	Eólica	1017	39° 51' 20"	07° 54' 48"	-61.3
	Sertã	Cabeço Rainha	Repetidor	1078	39° 50' 55"	07° 55' 32"	-68.3
		Sertã	SE AT/MT	243	39° 48' 05"	08° 05' 27"	-61.3
Coimbra	Arganil	Fronhas	SE AT/MT	173	40° 14' 54"	08° 09' 39"	-64.7
	Cantanhede	Cantanhede	SE AT/MT	67	40° 20' 56"	08° 35' 03"	-63.5
		Tocha	SE AT/MT	49	40° 19' 57"	08° 43' 41"	-62.8
	Coimbra	Alegria	SE AT/MT	36	40° 12' 16"	08° 25' 28"	-53.9
		Alto de São João	SE AT/MT	55	40° 11' 36"	08° 24' 02"	-54.8
		Relvinha	SE AT/MT	51	40° 14' 02"	08° 26' 21"	-44.7
		Taveiro	SE AT/MT	19	40° 11' 50"	08° 30' 30"	-53.7
	Condeixa-a-Nova	Condeixa	SE AT/MT	124	40° 06' 18"	08° 29' 20"	-58.5
	Figueira da Foz	Brenha	Repetidor	190	40° 11' 30"	08° 50' 26"	-68.2
		Gala	SE AT/MT	10	40° 07' 05"	08° 50' 52"	-60.1
		São Julião	SE AT/MT	8	40° 09' 07"	08° 50' 53"	-53.1
		Vila Robim	SE AT/MT	28	40° 09' 38"	08° 50' 28"	-69.0
	Góis	Cadafaz	Eólica	945	40° 06' 12"	08° 02' 45"	-60.3
		Malhadas	Eólica	886	40° 05' 13"	08° 03' 59"	-67.7
	Lousã	Lousã	SE AT/MT	157	40° 07' 13"	08° 14' 45"	-54.7
	Mira	Mira	SE AT/MT	41	40° 25' 39"	08° 43' 21"	-68.1
	Miranda do Corvo	Miranda do Corvo	SE AT/MT	117	40° 05' 43"	08° 19' 04"	-59.7
	Oliveira do Hospital	Oliveira do Hospital	SE AT/MT	463	40° 22' 06"	07° 51' 46"	-66.5
	Pampilhosa da Serra	Santa Luzia	SE AT/MT	344	40° 04' 47"	07° 49' 07"	-71.8
	Penacova	Aguieira	SE AT/MT	120	40° 20' 11"	08° 11' 50"	-65.3
Soure	Alfarelos	SE AT/MT	21	40° 09' 22"	08° 38' 19"	-63.4	
Tabúia	Candosa	SE AT/MT	454	40° 19' 47"	07° 56' 52"	-70.1	
Leiria	Castanheira de Pêra	Trevim	Repetidor	1198	40° 05' 21"	08° 10' 44"	-61.0
	Figueiró dos Vinhos	Cabeço do Peão	Repetidor	1007	40° 02' 29"	08° 12' 51"	-53.5
Santarém	Tomar	Santa Cita	SE AT/MT	62	39° 33' 17"	08° 23' 36"	-57.3
		Venda Nova	SE AT/MT	152	39° 38' 11"	08° 22' 34"	-59.9

Área de Rede da Grande Lisboa

Instalações:
42 Subestações
4 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Lisboa	Amadora	Carenque	Repetidor	186	38° 46' 09"	09° 14' 27"	-57.1
		Casal S. Brás	SE AT/MT	181	38° 46' 08"	09° 13' 31"	-54.5
		Reboleira	SE AT/MT	145	38° 45' 09"	09° 13' 57"	-57.8
		Venda Nova	SE AT/MT	83	38° 45' 10"	09° 12' 54"	-50.7
	Cascais	Abóboda	SE AT/MT	102	38° 43' 55"	09° 19' 29"	-55.5
		Alcoitão	SE AT/MT	130	38° 44' 09"	09° 23' 43"	-51.9
		Birre	SE AT/MT	79	38° 43' 23"	09° 26' 35"	-55.9
		Estoril	SE AT/MT	25	38° 42' 17"	09° 23' 45"	-62.8
	Lisboa	Parede	SE AT/MT	23	38° 41' 14"	09° 20' 47"	-61.1
		Aeroporto	SE MT/MT	91	38° 46' 30"	09° 07' 33"	-46.7
		Alameda	SE MT/MT	87	38° 44' 13"	09° 08' 10"	-47.7
		Amoreiras	SE AT/MT	96	38° 43' 19"	09° 09' 28"	-38.4
		Arco Carvalhão	SE AT/MT	87	38° 43' 21"	09° 09' 59"	-40.9
		Boavista	SE AT/MT	10	38° 42' 28"	09° 08' 55"	-48.3
		Central Tejo	SE AT/MT	10	38° 41' 45"	09° 11' 41"	-49.2
		Colombo	SE AT/MT	87	38° 45' 20"	09° 11' 11"	-50.1
		Entrecampos	SE AT/MT	85	38° 44' 43"	09° 08' 46"	-44.4
		Expo Sul	SE AT/MT	25	38° 45' 26"	09° 05' 60"	-32.0
		Gago Coutinho	SE AT/MT	64	38° 44' 59"	09° 07' 48"	-48.1
		Luz	SE AT/MT	85	38° 44' 59"	09° 11' 19"	-43.7
		Norte	SE AT/MT	101	38° 44' 51"	09° 09' 27"	-48.4
		Oriental	SE AT/MT	51	38° 45' 19"	09° 06' 19"	-52.6
		Palhavã	Repetidor	65	38° 44' 21"	09° 10' 12"	-49.6
		Parque	SE AT/MT	97	38° 43' 48"	09° 09' 06"	-34.5
		P. Figueira	SE AT/MT	22	38° 42' 49"	09° 08' 16"	-49.7
		São Ciro	SE AT/MT	82	38° 42' 44"	09° 09' 42"	-42.6
		Senhor Roubado	SE AT/MT	31	38° 47' 07"	09° 10' 09"	-50.0
		S. Marta	SE AT/MT	47	38° 43' 26"	09° 08' 47"	-31.8
		Telheiras	SE AT/MT	103	38° 46' 04"	09° 09' 50"	-48.0
		Vale Escuro	SE MT/MT	86	38° 43' 39"	09° 07' 41"	-50.5
		Xabregas	SE MT/MT	11	38° 44' 10"	09° 06' 14"	-49.9
		Zambujal	SE AT/MT	70	38° 43' 15"	09° 12' 45"	-50.1
	Oeiras	Figueirinha	SE AT/MT	65	38° 41' 46"	09° 18' 22"	-58.0
		Leião	SE AT/MT	146	38° 43' 56"	09° 17' 39"	-58.3
		Miraflores	SE AT/MT	58	38° 42' 39"	09° 13' 53"	-53.4
		Oeiras - Terrugem	Repetidor	90	38° 42' 17"	09° 17' 25"	-59.8
	Sintra	Cacém	SE AT/MT	139	38° 45' 27"	09° 17' 19"	-57.0
		Capa Rota	SE AT/MT	150	38° 45' 37"	09° 21' 48"	-53.4
		Janas	SE AT/MT	147	38° 49' 32"	09° 24' 21"	-53.0
		Mem Martins	SE AT/MT	196	38° 48' 13"	09° 20' 11"	-52.1
		Pêro Pinheiro	SE AT/MT	131	38° 51' 03"	09° 19' 35"	-57.2
		Queluz	SE AT/MT	125	38° 45' 21"	09° 15' 23"	-56.0
		Ranholas	SE AT/MT	191	38° 47' 03"	09° 21' 39"	-45.9
		Rio Mouró	SE AT/MT	135	38° 46' 44"	09° 19' 24"	-53.8
	Sintra	Sabugo	SE AT/MT	172	38° 50' 03"	09° 18' 00"	-56.8
		Sintra	Repetidor	462	38° 47' 13"	09° 23' 11"	-34.7

Área de Rede do Grande Porto

Instalações:
28 Subestações
2 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Aveiro	Espinho	Espinho	SE AT/MT	41	41° 00' 41"	08° 37' 52"	-62.0
Porto	Gondomar	Fânzeres	SE AT/MT	161	41° 10' 29"	08° 31' 21"	-56.1
		Gondomar	SE AT/MT	60	41° 08' 51"	08° 32' 56"	-52.6
		Jovim	SE AT/MT	165	41° 06' 16"	08° 30' 35"	-55.3
	Maia	Gueifães	SE AT/MT	55	41° 12' 26"	08° 35' 58"	-55.3
		Maia	SE AT/MT	94	41° 14' 25"	08° 36' 56"	-58.2
		Amieira	SE AT/MT	87	41° 11' 09"	08° 37' 14"	-51.7
	Matosinhos	Custóias	SE AT/MT	96	41° 11' 55"	08° 38' 47"	-55.5
		Matosinhos	SE AT/MT	49	41° 11' 16"	08° 40' 39"	-60.3
		Matosinhos Sul	SE AT/MT	20	41° 10' 34"	08° 40' 30"	-53.3
		Santa Cruz do Bispo	SE AT/MT	55	41° 12' 43"	08° 40' 39"	-56.7
		Antas	SE AT/MT	138	41° 09' 39"	08° 35' 12"	-52.2
	Porto	Boavista	SE AT/MT	63	41° 09' 49"	08° 39' 18"	-50.0
		Campo Alegre	SE AT/MT	78	41° 09' 15"	08° 38' 06"	-46.6
		Campo 24 de Agosto	SE AT/MT	103	41° 09' 00"	08° 35' 51"	-37.1
		Lapa	SE AT/MT	133	41° 09' 37"	08° 36' 46"	-40.6
		Monte dos Burgos	SE AT/MT	85	41° 10' 07"	08° 38' 02"	-46.5
		Paranhos	SE AT/MT	123	41° 10' 21"	08° 36' 03"	-47.7
		Vitoria	SE AT/MT	69	41° 08' 41"	08° 36' 50"	-41.9
		Alfena	SE AT/MT	84	41° 13' 34"	08° 32' 09"	-58.0
		Santa Justa	Repetidor	347	41° 10' 20"	08° 29' 41"	-57.5
	Valongo	Valongo	SE AT/MT	132	41° 11' 09"	08° 28' 57"	-43.0
		Mosteiró	SE AT/MT	85	41° 17' 06"	08° 39' 06"	-61.8
	Vila do Conde	Vila do Conde	SE AT/MT	15	41° 21' 19"	08° 44' 10"	-66.7
		Monte Virgem	Repetidor	222	41° 06' 31"	08° 35' 24"	-52.1
	Vila Nova de Gaia	Pedroso	SE AT/MT	150	41° 03' 27"	08° 33' 19"	-61.6
		Serra do Pilar	SE AT/MT	83	41° 07' 56"	08° 36' 15"	-41.1
		Verdinho	SE AT/MT	93	41° 07' 42"	08° 38' 12"	-27.1
		Vila Nova de Gaia	SE AT/MT	114	41° 07' 13"	08° 35' 56"	-41.2
		Vilar do Paraíso	SE AT/MT	53	41° 05' 18"	08° 37' 16"	-51.6

Área de Rede do Litoral Centro

Instalações:
25 Subestações
3 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Leiria	Alcobaça	Alcobaça	SE MT/MT	69	39° 33' 13"	08° 58' 17"	-59.0
		Casal da Areia	SE AT/MT	39	39° 36' 48"	08° 59' 42"	-60.2
		Cela	SE AT/MT	181	39° 31' 40"	09° 03' 03"	-61.9
		S. Martinho do Porto	SE MT/MT	4	39° 30' 31"	09° 07' 48"	-64.9
		Turquel	SE AT/MT	191	39° 27' 28"	08° 57' 59"	-63.8
	Ansião	Pontão	SE AT/MT	254	39° 54' 45"	08° 22' 60"	-60.3
	Batalha	Senhora Monte	Repetidor	385	39° 38' 59"	08° 45' 20"	-66.4
	Caldas da Rainha	Caldas da Rainha	SE AT/MT	56	39° 23' 50"	09° 07' 54"	-66.6
		Caldas da Rainha 2	SE MT/MT	54	39° 24' 12"	09° 08' 24"	-66.7
		Santo Onofre	SE AT/MT	33	39° 25' 03"	09° 09' 29"	-70.1
	Leiria	Andrinos	SE AT/MT	101	39° 44' 54"	08° 47' 30"	-66.9
		Azóia	SE AT/MT	59	39° 42' 08"	08° 49' 11"	-64.9
		Ortigosa	SE AT/MT	34	39° 49' 56"	08° 50' 08"	-69.5
		Pinheiros	SE AT/MT	105	39° 46' 17"	08° 47' 23"	-66.6
		Pinheiros	SE AT/MT	105	39° 46' 17"	08° 47' 23"	-66.6
	Marinha Grande	Marinha Grande	SE AT/MT	99	39° 44' 52"	08° 55' 08"	-68.6
		Marinha Grande 2	SE MT/MT	87	39° 44' 48"	08° 56' 47"	-68.6
		Vieira de Leiria	SE MT/MT	19	39° 52' 16"	08° 56' 41"	-71.7
	Nazaré	Nazaré	SE MT/MT	61	39° 36' 10"	09° 04' 02"	-69.0
	Óbidos	Sancheira	SE AT/MT	73	39° 21' 19"	09° 04' 55"	-63.9
	Peniche	Atouguia	SE AT/MT	61	39° 19' 39"	09° 19' 08"	-71.4
	Pombal	Pombal	SE AT/MT	61	39° 55' 08"	08° 38' 06"	-55.8
		Ranha	SE AT/MT	173	39° 52' 23"	08° 41' 46"	-60.8
		Sicó	Repetidor	548	39° 55' 13"	08° 32' 27"	-66.8
	Porto de Mós	Candeeiros	Repetidor	608	39° 32' 59"	08° 51' 58"	-63.7
		São Jorge	SE AT/MT	166	39° 37' 51"	08° 51' 05"	-57.2
		Fátima	SE AT/MT	357	39° 37' 49"	08° 41' 27"	-58.9
Santarém	Ourém	Ourém	SE AT/MT	230	39° 39' 49"	08° 35' 25"	-62.8
		Ourém	SE AT/MT	230	39° 39' 49"	08° 35' 25"	-62.8
	Rio Maior	Rio Maior	SE AT/MT	61	39° 18' 59"	08° 55' 17"	-64.4

Área de Rede do Minho

Instalações:
20 Subestações
9 Eólicas
6 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Braga	Amares	Amares	SE AT/MT	73	41° 37' 15"	08° 20' 56"	-56.8
	Barcelos	Alvelos	SE AT/MT	67	41° 30' 33"	08° 37' 20"	-67.3
		Franqueira	Repetidor	286	41° 29' 39"	08° 38' 43"	-67.0
		Penide	SE AT/MT	39	41° 33' 08"	08° 32' 09"	-62.6
	Braga	Braga (REN)	SE AT/MT	164	41° 32' 29"	08° 25' 17"	-51.2
		Lamações	SE AT/MT	176	41° 33' 09"	08° 24' 07"	-51.4
		Lamas	SE AT/MT	152	41° 29' 48"	08° 25' 55"	-61.6
		Sameiro	Repetidor	554	41° 32' 18"	08° 21' 59"	-60.7
		S. Martinho de Dume	SE AT/MT	85	41° 34' 25"	08° 25' 57"	-54.2
	Esposende	Fonte Boa	SE AT/MT	16	41° 30' 02"	08° 43' 48"	-69.9
	Póvoa do Lanhoso	Ermal	SE AT/MT	240	41° 34' 42"	08° 09' 11"	-65.8
		S. Mamede	Repetidor	699	41° 37' 40"	08° 14' 46"	-62.8
	Terras de Bouro	Rio Caldo	SE MT/MT	166	41° 40' 15"	08° 10' 60"	-55.3
	Vieira do Minho	Alto da Vaca 1	Eólica	508	41° 40' 38"	08° 06' 55"	-59.6
		Alto da Vaca 2	Eólica	535	41° 40' 31"	08° 07' 44"	-68.0
		Enerminho	Eólica	653	41° 37' 14"	08° 05' 52"	-65.6
		PE Serra Cabreira	Eólica	1165	41° 38' 52"	08° 02' 48"	-66.4
	Vila Verde	Turiz	SE AT/MT	141	41° 38' 13"	08° 27' 53"	-60.8
Porto	Póvoa de Varzim	Beiriz	SE AT/MT	30	41° 23' 41"	08° 44' 38"	-67.4
Viana do Castelo	Arcos de Valdevez	Extremo	Repetidor	834	41° 57' 16"	08° 29' 33"	-61.6
		PE de Alagoa	Eólica	824	41° 58' 21"	08° 25' 56"	-56.5
		Soajo	Repetidor	814	41° 51' 53"	08° 19' 29"	-62.4
	Caminha	PE de Arga	Eólica	777	41° 49' 32"	08° 42' 50"	-51.2
	Monção	Troviscoso	SE AT/MT	69	42° 04' 15"	08° 27' 32"	-60.2
	Ponte da Barca	Lindoso	SE AT/MT	74	41° 51' 33"	08° 16' 13"	-66.0
		Touvedo	SE AT/MT	49	41° 48' 44"	08° 21' 16"	-64.9
		Feitosa	SE AT/MT	40	41° 45' 18"	08° 35' 36"	-57.7
	Ponte de Lima	Fonte da Lameira	Eólica	384	41° 48' 30"	08° 40' 30"	-49.0
		Valença	SE AT/MT	54	42° 01' 33"	08° 38' 02"	-66.7
	Viana do Castelo	PE do Carreço	Eólica	463	41° 45' 21"	08° 49' 00"	-70.1
		Santa Marta de Portuzelo	SE AT/MT	33	41° 42' 24"	08° 46' 45"	-68.4
		S. Romão de Neiva	SE AT/MT	29	41° 37' 43"	08° 45' 56"	-64.1
		Serra D' Arga	Repetidor	789	41° 48' 15"	08° 41' 38"	-65.2
		France	SE AT/MT	26	41° 53' 05"	08° 45' 41"	-65.5
	Vila Nova de Cerveira	PE de S. Paio	Eólica	589	41° 54' 56"	08° 42' 34"	-59.9

Área de Rede do Oeste

Instalações:
28 Subestações
5 Eólicas
5 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Lisboa	Alenquer	Cheganças	SE AT/MT	31	39° 03' 52"	08° 59' 40"	-60.2
		Montejunto	Repetidor	643	39° 10' 26"	09° 03' 30"	-68.4
		Paredes	SE MT/MT	44	39° 02' 55"	09° 00' 01"	-61.2
		São Sebastião	SE MT/MT	97	39° 05' 15"	09° 06' 28"	-60.9
		Vale Tejo	SE AT/MT	11	39° 00' 50"	08° 57' 33"	-68.7
	Cadaval	Cadaval	SE AT/MT	115	39° 16' 52"	09° 03' 01"	-68.4
	Loures	Anaia	SE AT/MT	40	38° 50' 17"	09° 05' 11"	-59.1
		Bolores	Eólica	325	38° 51' 37"	09° 13' 38"	-62.5
		Expo Norte	SE AT/MT	11	38° 47' 08"	09° 05' 56"	-55.8
		Fanhões	SE AT/MT	253	38° 53' 15"	09° 08' 23"	-58.0
		Loures	SE AT/MT	13	38° 50' 08"	09° 10' 14"	-49.7
		Lousa	SE AT/MT	297	38° 53' 28"	09° 11' 29"	-62.2
		Mercado	SE AT/MT	38	38° 52' 00"	09° 06' 02"	-58.1
		Moscavide	SE AT/MT	26	38° 47' 03"	09° 06' 17"	-48.8
		Parque eólicoFanhões	Eólica	258	38° 53' 14"	09° 08' 21"	-61.3
		Quinta da Caldeira	SE AT/MT	96	38° 48' 58"	09° 10' 10"	-47.3
	Lourinhã	Lourinhã	SE AT/MT	34	39° 14' 45"	09° 18' 23"	-67.3
	Mafra	Cabeço da Jarmeleira	Eólica	403	38° 54' 32"	09° 16' 37"	-50.4
		Carapinha	Repetidor	290	38° 56' 08"	09° 18' 40"	-62.4
		Igreja Nova	Eólica	264	38° 55' 32"	09° 19' 22"	-56.0
		Mafra	SE AT/MT	175	38° 54' 19"	09° 17' 51"	-53.4
		Telheiro	SE AT/MT	177	38° 58' 51"	09° 20' 48"	-54.9
	Odivelas	Arroja	SE AT/MT	109	38° 47' 45"	09° 11' 27"	-43.3
		Serra Amoreira	Repetidor	306	38° 48' 42"	09° 11' 57"	-56.3
	Sobral de Monte Agraço	Cabeda	SE AT/MT	235	39° 00' 40"	09° 10' 00"	-65.5
		Sobral de Monte Agraço	SE MT/MT	270	39° 01' 12"	09° 08' 58"	-62.4
	Torres Vedras	Archicira	Eólica	333	39° 02' 05"	09° 13' 06"	-55.6
		Bombardeira	SE MT/MT	64	39° 09' 22"	09° 20' 45"	-64.1
		Campelos	SE MT/MT	115	39° 11' 37"	09° 11' 22"	-59.0
		Casalinhos de Alfaiata	SE AT/MT	17	39° 05' 41"	09° 20' 37"	-55.2
		Matacaes	SE AT/MT	78	39° 06' 07"	09° 12' 41"	-54.6
		Serra da Vila	Repetidor	202	39° 03' 48"	09° 15' 58"	-61.0
		Torres Vedras	SE MT/MT	34	39° 05' 45"	09° 14' 57"	-49.9
		Torres Vedras Sul	SE AT/MT	91	39° 04' 29"	09° 15' 59"	-45.9
	Vila Franca de Xira	Alhandra	SE AT/MT	11	38° 55' 19"	09° 00' 53"	-51.5
		Monte Gordo	Repetidor	187	38° 57' 42"	08° 59' 37"	-66.2
		Povoa	SE AT/MT	65	38° 51' 33"	09° 04' 27"	-63.9
		Vila Franca de Xira	SE MT/MT	29	38° 57' 08"	08° 59' 35"	-42.1

Área de Rede da Península de Setúbal

Instalações:

22 Subestações
5 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Setúbal	Alcochete	S. Francisco	SE AT/MT	17	38° 43' 36"	08° 58' 20"	-60.6
	Almada	Aroeira	SE AT/MT	63	38° 35' 05"	09° 09' 48"	-57.7
		Laranjeiro	SE AT/MT	58	38° 39' 21"	09° 09' 21"	-47.2
		Monte Caparica	Repetidor	119	38° 40' 22"	09° 11' 22"	-48.6
		Mutela	SE AT/MT	8	38° 40' 28"	09° 09' 13"	-45.6
		Portagem	SE AT/MT	73	38° 40' 18"	09° 10' 29"	-40.9
		Sobreda	SE AT/MT	40	38° 38' 52"	09° 10' 36"	-47.7
	Barreiro	Barreiro	SE AT/MT	12	38° 39' 47"	09° 03' 40"	-57.7
		Coína	SE AT/MT	13	38° 35' 17"	09° 02' 38"	-61.5
		Quimiparque	SE AT/MT	5	38° 40' 12"	09° 03' 44"	-60.7
	Moita	Moita	SE AT/MT	14	38° 37' 50"	08° 59' 25"	-63.5
	Montijo	Montijo	SE AT/MT	35	38° 42' 11"	08° 56' 16"	-61.3
		Pegões	SE AT/MT	93	38° 41' 22"	08° 36' 49"	-64.5
	Palmela	Carrascas	SE AT/MT	69	38° 35' 43"	08° 53' 56"	-51.1
		Monfurado	Repetidor	17	38° 34' 03"	08° 42' 17"	-63.0
		Palmela	Repetidor	209	38° 34' 09"	08° 53' 55"	-65.4
		Poceirão	SE MT/MT	43	38° 37' 11"	08° 44' 59"	-67.1
	Seixal	Fogueteiro	SE AT/MT	19	38° 36' 53"	09° 06' 48"	-56.1
		Seixal	SE AT/MT	30	38° 37' 36"	09° 05' 56"	-56.5
	Sesimbra	Quinta do Conde	SE AT/MT	75	38° 32' 38"	09° 04' 24"	-59.1
		Santana	SE AT/MT	174	38° 27' 13"	09° 08' 11"	-65.4
		Santana	Repetidor	174	38° 27' 13"	09° 08' 11"	-65.4
	Setúbal	Arrábida	Repetidor	349	38° 29' 34"	08° 57' 42"	-66.8
		Brasil	SE AT/MT	10	38° 31' 45"	08° 53' 14"	-51.6
		Sado	SE AT/MT	6	38° 30' 08"	08° 48' 18"	-58.5
		S.Sebastião	SE AT/MT	38	38° 32' 40"	08° 52' 42"	-60.9
		Terroa	SE AT/MT	39	38° 31' 25"	08° 51' 41"	-53.2

Área de Rede de Trás os Montes

Instalações:

- 14 Subestações
- 24 Eólicas
- 5 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Bragança	Alfandega da Fé	Bornes	Repetidor	1192	41° 25' 60"	07° 00' 21"	-68.2
	Bragança	Bragança	SE AT/MT	688	41° 47' 31"	06° 46' 15"	-66.4
		Nogueira	Repetidor	1306	41° 43' 00"	06° 51' 26"	-69.6
	Macedo de Cavaleiros	Macedo de Cavaleiros	SE AT/MT	557	41° 32' 15"	06° 58' 02"	-71.6
		-	Eólica	1063	41° 28' 57"	06° 56' 16"	-55.8
	Mirandela	Cachão	SE MT/MT	199	41° 23' 02"	07° 10' 30"	-64.9
		Mirandela	SE AT/MT	217	41° 28' 20"	07° 11' 12"	-69.8
	Mogadouro	Mogadouro	SE AT/MT	755	41° 20' 21"	06° 34' 14"	-69.4
		Parque eólico da Castanheira	Eólica	812	41° 23' 05"	06° 34' 40"	-54.6
	Torre de Moncorvo	Pocinho	SE AT/MT	151	41° 08' 19"	07° 07' 25"	-67.7
Vila Real	Alijó	Pinhão	SE AT/MT	189	41° 11' 36"	07° 32' 31"	-72.9
	Boticas	Alturas do Barroso	Eólica	1180	41° 42' 37"	07° 49' 26"	-67.2
		Serra do Barroso	Eólica	1217	41° 41' 06"	07° 52' 06"	-67.7
	Chaves	Chaves	SE AT/MT	358	41° 42' 54"	07° 28' 39"	-62.5
		Vidago	SE AT/MT	348	41° 38' 28"	07° 34' 07"	-57.5
	Mesão Frio	Teixeiró	Eólica	1031	41° 12' 09"	07° 53' 25"	-70.0
	Montalegre	Cabeço Alto	Eólica	1396	41° 52' 22"	07° 50' 29"	-70.7
		Lomba da Seixa 1	Eólica	1144	41° 35' 47"	07° 53' 35"	-68.9
		Morgade	SE AT/MT	878	41° 45' 44"	07° 44' 30"	-66.8
		PE Aguieira	Eólica	1162	41° 46' 30"	07° 51' 57"	-69.7
		ZPEND Lomba da Seixa 2	Eólica	1149	41° 36' 02"	07° 53' 24"	-68.0
	Ribeira da Pena	Bulgueira	Eólica	1027	41° 31' 43"	07° 43' 08"	-64.0
	Santa Marta de Penaguião	Marão	Repetidor	1401	41° 14' 55"	07° 53' 09"	-69.1
	Valpaços	Padrela	Repetidor	1145	41° 33' 45"	07° 31' 04"	-73.2
		Valpaços	SE AT/MT	494	41° 37' 16"	07° 18' 47"	-63.5
	Vila Pouca de Aguiar	Alvão	Eólica	1200	41° 26' 47"	07° 43' 42"	-64.4
		Padrela	Eólica	1123	41° 33' 48"	07° 31' 32"	-34.1
		Soutelo	SE AT/MT	687	41° 27' 51"	07° 39' 58"	-69.6
		Trandeiras	Eólica	1064	41° 32' 15"	07° 42' 48"	-68.8
		ZPEND Padrela/Falperra	Eólica	1044	41° 27' 30"	07° 38' 07"	-61.2
	Vila Real	Caravelas	Eólica	1259	41° 21' 15"	07° 46' 17"	-70.2
		Meroicinha	Eólica	1266	41° 23' 42"	07° 44' 37"	-69.3
		PE Outeiro	Eólica	1251	41° 20' 08"	07° 50' 33"	-70.3
		Portal Freita	Eólica	1322	41° 16' 02"	07° 53' 47"	-51.6
		Telheira	SE AT/MT	342	41° 17' 32"	07° 45' 36"	-63.6
Viseu	Armamar	S. Domingos	Repetidor	700	41° 07' 27"	07° 44' 39"	-65.6
		Fonte da Mesa	Eólica	1095	41° 05' 54"	07° 51' 47"	-62.1
	Lamego	S. Cristóvão	Eólica	997	41° 04' 41"	07° 52' 30"	-71.2
		Varosa	SE AT/MT	86	41° 08' 26"	07° 46' 33"	-68.3
		Vila de Lobos	Eólica	1030	41° 04' 28"	07° 52' 40"	-63.4
		Generg-Lamego	Eólica	1111	41° 06' 10"	07° 51' 37"	-67.9
	Resende	Serra de Bigorne	Eólica	1032	41° 04' 34"	07° 52' 47"	-66.6
	Tarouca	-	Eólica	898	41° 00' 40"	07° 48' 09"	-66.3

Área de Rede do Vale do Tejo

Instalações:

45 Subestações

3 Eólicas

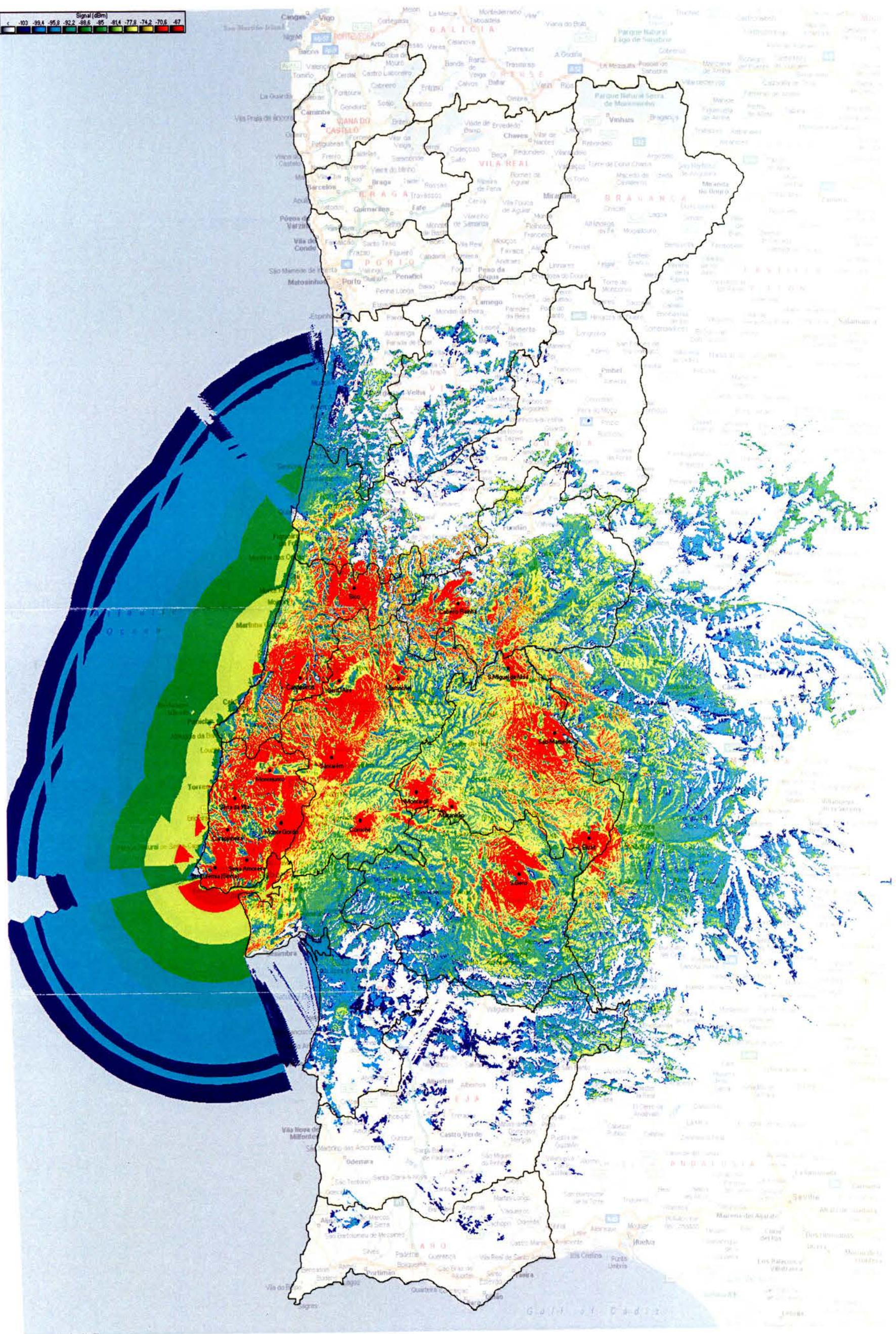
5 Repetidores

Distrito	Concelho	Nome	Tipo	Altitude (m)	Coordenadas		Pr [dBm]
					Lat (N)	Long (W)	
Castelo Branco	Vila de Rei	Vila de Rei	SE MT/MT	218	39° 38' 25"	08° 09' 41"	-64.7
Lisboa	Azambuja	Aveiras	SE MT/MT	79	39° 10' 13"	08° 55' 31"	-64.8
		Espadanal	SE AT/MT	12	39° 03' 08"	08° 54' 27"	-60.0
		Guarita	SE MT/MT	14	39° 05' 42"	08° 51' 06"	-63.3
Portalegre	Arronches	Arronches	SE AT/MT	280	39° 06' 55"	07° 17' 20"	-70.6
	Avis	Maranhão	SE AT/MT	102	39° 00' 57"	07° 58' 38"	-29.7
		Maranhão	Repetidor	133	39° 00' 59"	07° 58' 32"	-63.3
	Campo Maior	Campo Maior	SE MT/MT	281	39° 01' 04"	07° 04' 33"	-68.7
	Castelo de Vide	Castelo de Vide	SE MT/MT	547	39° 24' 53"	07° 27' 26"	-61.1
	Elvas	Alcacova	SE AT/MT	267	38° 53' 14"	07° 10' 10"	-34.5
		Elvas	Repetidor	337	38° 52' 58"	07° 09' 52"	-69.9
	Nisa	Alpalhão	SE AT/MT	312	39° 25' 30"	07° 37' 10"	-63.9
		Velada	SE AT/MT	87	39° 35' 29"	07° 42' 32"	-66.3
	Ponte de Sôr	Montargil	SE MT/MT	63	39° 03' 12"	08° 10' 41"	-46.4
		Ponte de Sôr	SE AT/MT	181	39° 14' 04"	08° 00' 01"	-72.2
	Portalegre	Boavista	SE MT/MT	465	39° 17' 13"	07° 25' 53"	-55.6
		São Mamede	Repetidor	1019	39° 18' 48"	07° 21' 36"	-71.7
		S. Vicente	SE AT/MT	459	39° 19' 09"	07° 26' 46"	-65.1
Santarém	Abrantes	Olho Boi	SE AT/MT	73	39° 29' 16"	08° 10' 43"	-58.8
	Alcanena	Vila Moreira	SE AT/MT	102	39° 28' 04"	08° 39' 40"	-57.4
	Almeirim	Almeirim	SE AT/MT	29	39° 11' 48"	08° 37' 21"	-59.6
		Barrosa	SE MT/MT	18	38° 57' 26"	08° 45' 19"	-63.8
	Benavente	Campo de Tiro de Alcochete	SE MT/MT	34	38° 46' 23"	08° 53' 01"	-64.4
		Carrascal	SE AT/MT	13	38° 54' 53"	08° 51' 13"	-60.5
		Cartaxo	SE MT/MT	30	39° 09' 09"	08° 47' 19"	-65.2
	Cartaxo	Cartaxo Norte	SE AT/MT	74	39° 10' 50"	08° 48' 08"	-58.9
		Cruz do Campo	SE AT/MT	42	39° 07' 18"	08° 49' 12"	-64.5
		Valada	SE MT/MT	5	39° 05' 17"	08° 46' 20"	-66.1
	Coruche	Coruche	SE AT/MT	26	38° 56' 30"	08° 29' 33"	-49.1
	Entroncamento	Entroncamento	SE AT/MT	36	39° 28' 10"	08° 28' 05"	-61.9
	Golegã	Pombalinho	SE MT/MT	18	39° 20' 52"	08° 33' 04"	-62.8
	Mação	Belver	SE AT/MT	48	39° 28' 53"	07° 59' 53"	-70.1
		Parque Amêndoa 2	Eólica	557	39° 36' 59"	08° 01' 27"	-69.2
		Pracana	SE AT/MT	155	39° 34' 01"	07° 48' 53"	-71.2
		Serra da Amêndoa	Eólica	564	39° 36' 30"	08° 01' 35"	-66.3
		Serra da Lage	Eólica	607	39° 37' 36"	07° 59' 09"	-67.5
	Salvaterra de Magos	Glória	SE AT/MT	48	39° 02' 24"	08° 39' 44"	-61.3
		Mexceiro	SE AT/MT	16	39° 01' 34"	08° 45' 56"	-64.0
	Santarém	Alcanede	SE AT/MT	115	39° 25' 39"	08° 48' 33"	-61.1
		Almoester	SE MT/MT	57	39° 15' 05"	08° 47' 46"	-57.9
		Alqueidão do Mato	SE MT/MT	115	39° 25' 39"	08° 48' 33"	-61.1
		Amiais de Baixo	SE MT/MT	112	39° 26' 45"	08° 44' 51"	-62.0
		Campo Feira	SE MT/MT	104	39° 13' 52"	08° 41' 18"	-36.4
		Fontainhas	SE AT/MT	55	39° 14' 51"	08° 43' 33"	-50.0
		Pernes	SE MT/MT	88	39° 23' 50"	08° 38' 44"	-64.1

		Santarém	Repetidor	103	39° 13' 36"	08° 41' 16"	-67.7
		Tremêz	SE MT/MT	88	39° 21' 39"	08° 45' 20"	-65.5
		Vale de Estacas 1	SE AT/MT	51	39° 14' 41"	08° 41' 26"	-44.1
		Vale de Estacas 2	SE MT/MT	60	39° 14' 42"	08° 41' 12"	-60.0
		Vale Figueira	SE AT/MT	69	39° 19' 57"	08° 37' 50"	-68.0
	Torres Novas	Serra D'Aire	Repetidor	673	39° 32' 08"	08° 38' 11"	-68.1
		Serrada Grande	SE AT/MT	76	39° 28' 08"	08° 32' 54"	-61.6
	Vila Nova da Barquinha	Almourol	SE AT/MT	69	39° 27' 54"	08° 23' 06"	-60.8

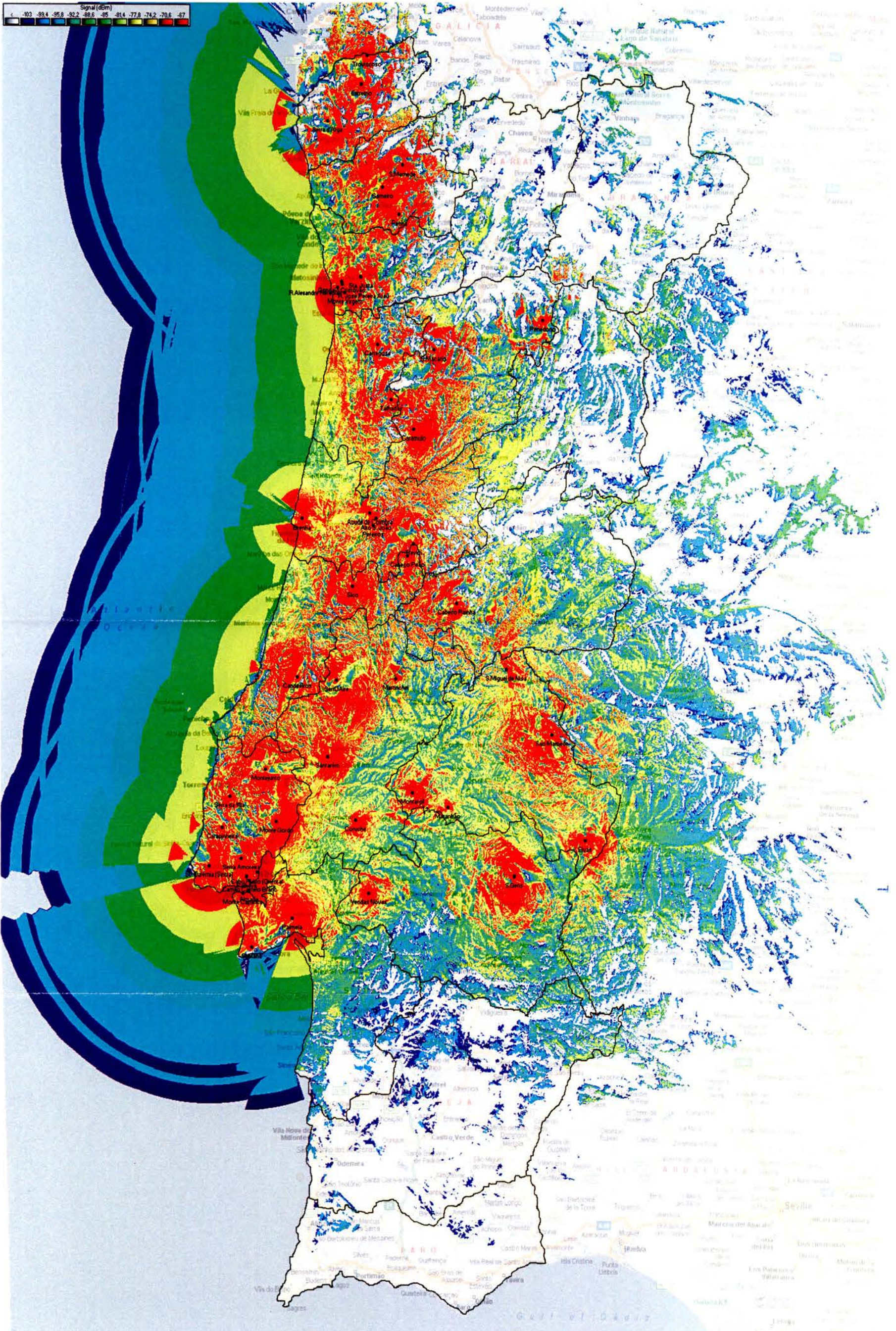
Anexo 4

Previsão de Cobertura Rádio – Fase 1



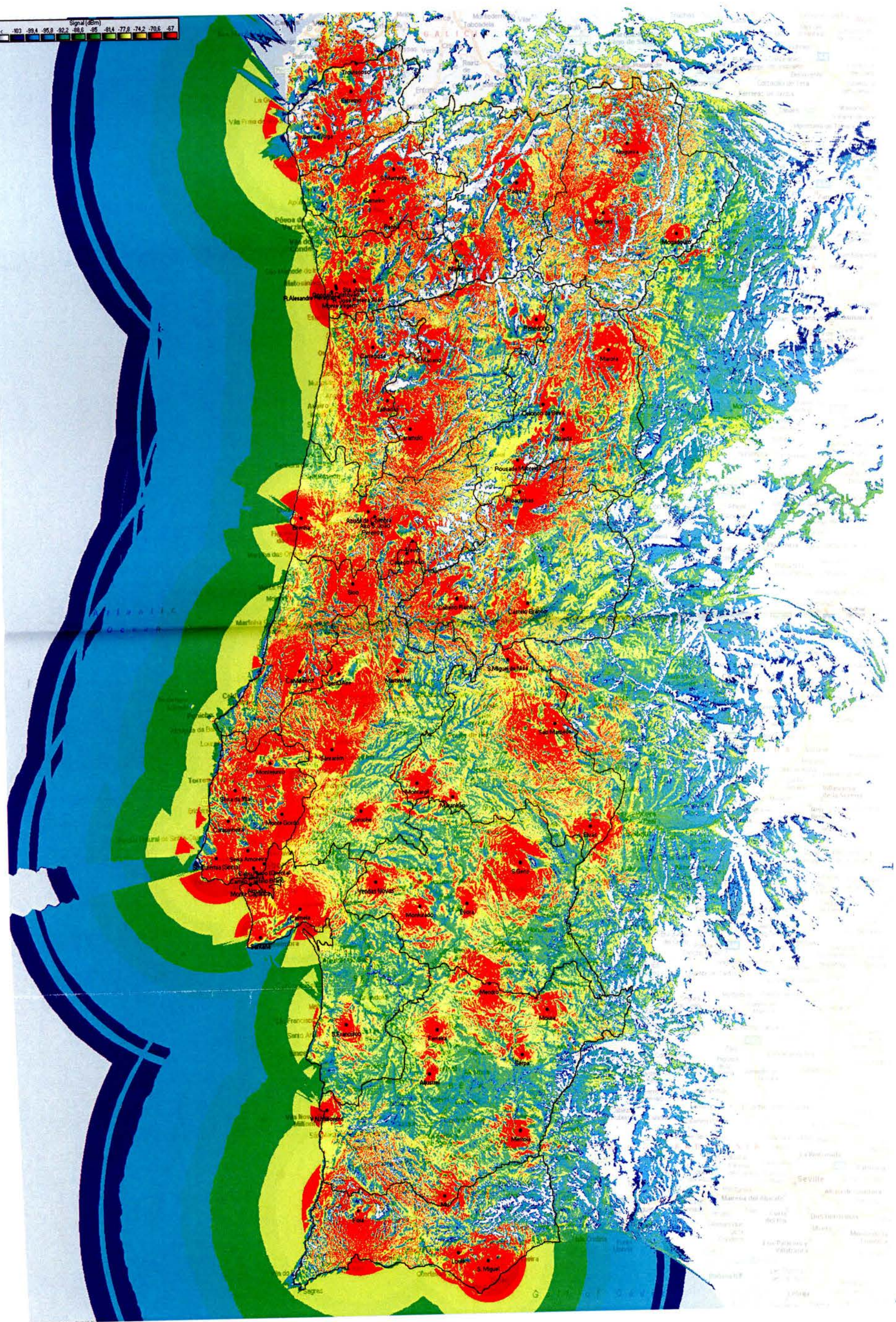
Anexo 5

Previsão de Cobertura Rádio – Fase 2



Anexo 6

Previsão de Cobertura Rádio – Fase 3
(Cobertura Total)





FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000104939