

TELEVISÃO DIGITAL TERRESTRE

José Lucas, N.º70685

Instituto Superior Técnico - Taguspark
Av. Professor Cavaco Silva, 2780-990 Porto Salvo, Portugal
E-mail: jose.lucas@ist.utl.pt

RESUMO

Neste artigo aborda-se o funcionamento da tecnologia de transmissão da televisão digital por meio terrestre (DVB-T), bem como, as normas adoptadas para a compressão dos sinais de áudio e vídeo. Será também avaliada a evolução da transição entre o sistema analógico e digital na Europa e, principalmente, da sua implementação em Portugal.

Palavras Chave — TDT, Televisão Digital Terrestre, DVB-T, MPEG-4.

1. INTRODUÇÃO

A televisão digital terrestre (TDT) é a tecnologia que irá substituir a actual teledifusão analógica terrestre. Actualmente a TDT disponibiliza em Portugal, em definição *standard* mas com melhor qualidade de imagem e de som, os 4 canais de televisão de âmbito nacional e os 2 das regiões autónomas. Permite também o acesso a um Guia de Programação Electrónico e funcionalidades como gravação e pausa da emissão (neste caso, em função do equipamento de recepção utilizado). A evolução tecnológica indica que as emissões tendem a ser disponibilizadas futuramente no formato alta definição [1].

O sinal digital permite a emissão de vários canais em simultâneo numa mesma frequência, anteriormente reservada para um único canal, permitindo a utilização de um maior número de frequências no mesmo intervalo de espectro electromagnético e consequentemente a introdução de novos canais e serviços. A TDT permite, desta forma, uma utilização mais eficiente do espectro radioelétrico, razão pela qual a Comissão Europeia determinou que esta tecnologia fosse obrigatoriamente introduzida em todos os países da União Europeia e estabeleceu um prazo (até 2012) para o switch-off – desligamento – da actual transmissão analógica.

Neste artigo será explicado o modo de funcionamento do sistema TDT, a sua evolução na Europa, em particular em Portugal, as normas utilizadas e a sua implementação.

2. DIGITAL VIDEO BROADCASTING — TERRESTRIAL

O projecto DVB (Digital Video Broadcasting) é um consórcio internacional com mais de 270 membros em 35 países, maioritariamente europeus, com o objectivo de desenvolver normas técnicas para a transmissão de televisão digital e serviços de dados [2].

A norma relativa à televisão digital terrestre (DVB-T) foi definida em 1997, após a definição para o caso de satélite e cabo, tendo ocorrido as primeiras emissões comerciais no final de 1998, em Inglaterra.

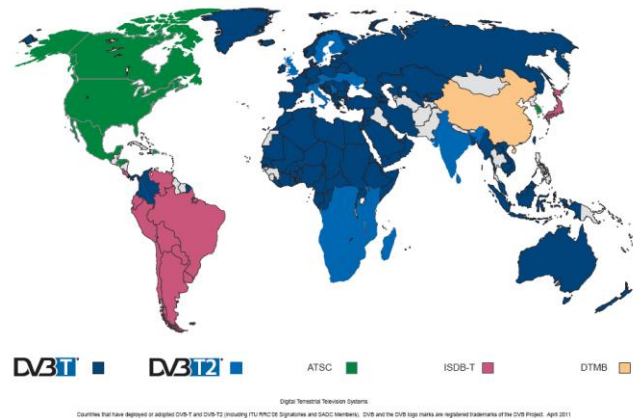


Figura 1 – Países que implementaram ou adoptaram DVB-T e DVB-T2 [2]

Com a implementação da tecnologia digital nas transmissões televisivas por radiofrequências é possível a recepção de múltiplos canais numa única frequência (actual canal analógico) garantindo uma melhor qualidade audiovisual e funcionalidades adicionais.

O sistema básico definido pelas normas DVB é ilustrado na Figura 2 e é constituído por codificadores de áudio e vídeo, multiplexagem e transmissão digital dos dados multiplexados. Estes últimos constituem um fluxo de dados designado por *Transport Stream* (TS). Um único TS pode incluir vários programas de Televisão e canais áudio.

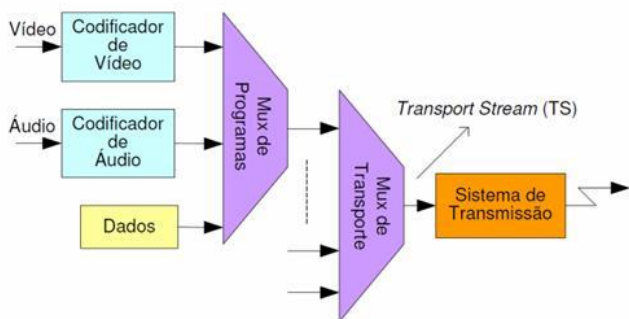


Figura 2 - Diagrama básico da DVB

Existe já uma nova versão do DVB-T, o DVB-T2, cujas diferenças fundamentais estão nos métodos utilizados para correcção de erros, o que permite ao DVB-T2 oferecer um aumento de 30-50% de eficiência na utilização do espectro comparado com o DVB-T [3]. Em Portugal foi adoptado o DVB-T, o qual iremos aprofundar neste artigo.

3. TECNOLOGIA

O sistema DVB-T é composto por vários módulos e toda a cadeia de difusão encontra-se especificada pelo DVB. Os principais módulos especificados são:

- Compressão do Sinal
- Codificação do Canal
- Modulação do Sinal

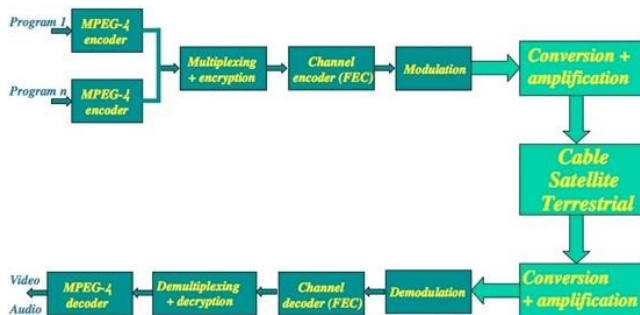


Figura 3 – Módulos do sistema DVB

3.1. Compressão do Sinal

Todos os sinais de áudio e vídeo têm de ser comprimidos antes de serem transmitidos, caso contrário a sua dimensão seria excessiva para a sua transmissão, exigindo um débito binário bastante elevado, não permitindo enviar simultaneamente vários canais de televisão.

3.1.1. Sinal de Vídeo

De acordo com a norma DVB-T são utilizadas duas normas de compressão do sinal de vídeo para TDT: MPEG-2 e MPEG-4/H.264 [4].

Na maior parte dos países da Europa, o sinal de vídeo é codificado através da norma MPEG-2 mas, no caso

português, optou-se pela norma MPEG-4/H.264. Esta situação origina alguns problemas, pois os decodificadores para MPEG-2 não podem receber sinais de vídeo codificados em MPEG-4/H.264 e vice-versa. Como a maior parte dos países europeus adoptou a norma MPEG-2 para codificação do sinal de vídeo, as televisões que já vêm com um decodificador integrado não funcionam em Portugal. Para tal, é preciso que os utilizadores adquiram um decodificador para MPEG-4/H.264 externo, de modo a conseguirem receber o sinal de vídeo. Actualmente a grande maioria das televisões no mercado já estão equipadas com decodificador integrado MPEG-4/H.264, sendo que esses televisores apresentam o símbolo português da TDT (Figura 4).



Figura 4: Símbolo português da TDT [5]

3.1.2. Sinal de Áudio

Na TDT, o sinal de áudio pode ser transmitido em mono, *stereo* ou multi-canal. Contudo, apenas será disponibilizado o fluxo de melhor qualidade com o objectivo de otimizar o espectro disponível. Os sinais de áudio são codificados através das normas MPEG.

A secção de áudio da norma MPEG-2, definida na parte 3, aumenta a secção de áudio da norma MPEG-1 permitindo a codificação de programas de áudio com mais de dois canais, até 5.1 multicanal. Este método é compatível com versões anteriores (também conhecida como MPEG-2 BC), permitindo que os decodificadores de áudio MPEG-1 possam decodificar os dois principais componentes de *stereo* da apresentação. A MPEG-2 parte 3 também define taxas de bits e taxas de amostragem adicionais para as layers I, II e III de áudio da MPEG-1. A parte 7 da norma MPEG-2 não é compatível com versões anteriores de áudio (também conhecida como MPEG-2 NBC)[6]. É conhecida como MPEG-2 AAC e é mais eficiente que as anteriores normas de áudio MPEG. A AAC também é definida na parte 3 da norma MPEG-4. Em Portugal é utilizada esta norma para codificação de áudio.

3.2. Codificação do Canal

A partir do momento que o sinal é transmitido pela atmosfera (meio ruidoso), há que tomar precauções para diminuir a taxa de erros por símbolo, através da codificação do canal de transmissão.

Numa primeira fase, adiciona-se redundância no emissor, ao sinal a transmitir de modo a ser possível detectar e corrigir erros de transmissão (símbolos FEC – Forward Error Correction). No entanto, a introdução desta

redundância irá aumentar o débito binário e originará um atraso maior na recepção do sinal. Segundo a norma DVB-T, a codificação do canal é feita de acordo com a Figura 5.

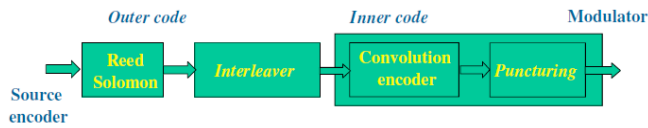


Figura 5 - Diagrama de blocos do codificador de canal [7]

Tal como indicado na Figura 5, a codificação do canal é realizada em 4 etapas:

- **RS (Reed-Solomon)** – Consiste num código que permite detectar e corrigir erros de transmissão até um número limite de bits errados. No DVB-T é utilizado o código RS (204,188), o que significa que em 204 bytes transmitidos 188 são de informação e 16 são de redundância. Por cada bloco de bytes transmitido, 8% dos mesmos são informação para correção de erros. Este código tem capacidade para corrigir até 8 bytes por cada pacote de 188 bytes.
- **Interleaver** – Nesta fase os dados são reordenados de uma maneira não contígua de forma a facilitar a recuperação de erros de *burst*, sendo usado em conjunto com o código *Reed-Solomon*.
- **Codificação Convolutiva e Puncturing** – Na codificação convolutiva é introduzida 100% de redundância nos dados de entrada, aumentando o débito binário para o dobro, reduzindo o code rate para metade. No entanto, como não é necessária a máxima robustez, são descartados alguns dos bits produzidos pelo codificador convolutivo [7].

3.3. Modulação do Sinal

Após ter sido codificado, torna-se necessário modular o sinal de forma a podermos transmiti-lo pela atmosfera. É necessário ter em conta vários factores de forma a escolher o modulador mais adequado, tais como:

- Características do canal;
- Eficiência espectral;
- Robustez à distorção do canal;
- Tolerância a imperfeições no emissor/ receptor;

Um dos factores mais importantes a ter em conta é o efeito “*multipath*”: O receptor recebe tanto o sinal principal, como réplicas devido às impurezas no ar, ondas reflectidas pelo meio ambiente, sinais recebidos por outras emissoras mais distantes, etc., sendo que todas estas réplicas terão atrasos diferentes do sinal principal. Por essa razão, é bastante importante que a modulação escolhida possua um método de recuperar o sinal principal com ou sem a ocorrência deste efeito.

Na norma DVB-T é utilizada a modulação OFDM (*Orthogonal frequency-division multiplexing*) – Figura 6.

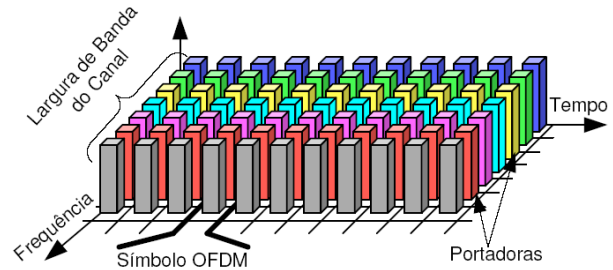


Figura 6 - Sinal OFDM no tempo e na frequência

Neste tipo de modulação, as frequências são divididas e multiplexadas de modo a poderem ser transmitidas em sub-portadoras.

A modulação de cada uma das sub-portadoras pode ser realizada com QPSK, 16-QAM ou 64-QAM [7]. Para a informação poder ser recebida sem haver interferência entre os dados das várias sub-portadoras, recorre-se ao princípio de ortogonalidade. Segundo este princípio, as sub-portadoras dizem-se ortogonais se estas estiverem equiespaçadas na frequência de modo a que as restantes sub-portadoras sejam iguais a zero na posição central de cada uma das sub-portadoras (ver Figura 7).

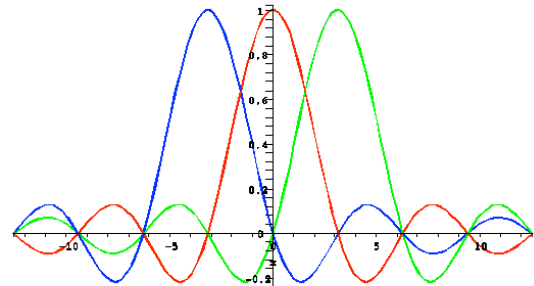


Figura 7 - Exemplo de sub-portadoras utilizadas em OFDM [8]

Para ultrapassar o efeito das réplicas, na modulação OFDM, em cada símbolo recebido existe um intervalo de tempo que não é considerado (intervalo de guarda) de modo a que seja criado um intervalo de tempo livre de interferências. O comprimento do intervalo de guarda deverá ser igual ou superior ao maior atraso existente nos sinais que interferem com o original (ver Figura 8).

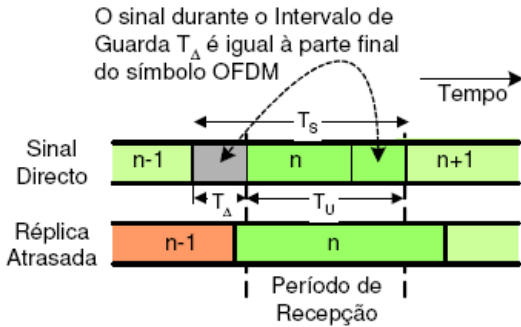


Figura 8 - Diagrama temporal do intervalo de guarda [9]

3.4 Canal de Transmissão

O sinal digital é convertido num sinal analógico através de um conversor digital-analógico (DAC) e posteriormente modulado para radiofrequência (VHF, UHF) pelo front-end RF (emissor de radiofrequência). Assim, para os actuais utilizadores da emissão analógica terrestre que já disponham de uma antena de recepção UHF ou VHF, e a respectiva cablagem até ao televisor, apenas necessitam de adquirir a caixa descodificadora ou ter uma televisão com descodificador interno, com a norma MPEG-2 ou MPEG-4, conforme a opção utilizada no respectivo país. Depois de transmitido o sinal, é efectuado todo o processo inverso (desmodulação, descodificação de canal, descodificação MPEG) nos receptores de DVB-T (televisores ou caixas descodificadoras) [4] [5].

4. NORMAS

A compressão de vídeo tem vindo a ter uma evolução significativa ao longo dos anos. O standard MPEG-2 foi sem dúvida um passo gigante nesse sentido. Em 2003 com o desenvolvimento da tecnologia surgiu um novo standard o MPEG-4/H.264 que foi adoptado em Portugal para a TDT.

4.1 MPEG-4/H.264

A norma MPEG-4 consiste num conjunto de ferramentas que suportam diversas aplicações, tais como televisão digital, *streaming* de vídeo, multimédia móvel e jogos. Essas ferramentas vão desde a codificação da forma à predição do movimento e respectiva compensação, à codificação da textura, resiliência a erros e escalabilidade.

À semelhança dos seus antecessores (MPEG-1 e MPEG2), o MPEG-4 faz uma abordagem à arquitectura geral do sistema, à multiplexagem, à sincronização e à gestão dos buffers, no entanto, passou a incluir, também, a interactividade, a descrição de cenas e funcionalidades programáveis.

O algoritmo de compressão utilizado no MPEG-4 AVC/H.264 é praticamente o mesmo utilizado no MPEG-2. É utilizada a inter-frame *prediction*, *quantization*, *entropy coding*. Estas ferramentas foram significativamente melhoradas neste novo standard. Juntando nova codificação aritmética e filtros e com a existência de novos modos de

codificação, apropriados às diferentes características que uma imagem pode assumir. Esta conjugação de factores permite que o standard MPEG-4 AVC/H.264 atinja uma eficiência muito melhor que a obtida com o MPEG-2.

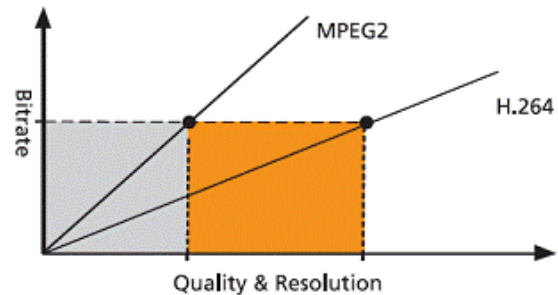


Figura 4 - Comparação entre MPEG-2 e MPEG-4 [10]

O MPEG-4 era inicialmente destinado a vídeos de baixo débito binário mas as suas capacidades foram expandidas, como por exemplo o MPEG-4 parte 10, recomendação H.264 da ITU-T, conhecido como standard internacional 14496-10 pela ISSO/IEC, sendo neste momento eficiente para vários formatos de transmissão, tais como xDSL, modems de cabo e UMTS. A norma especifica apenas o comportamento do descodificar dando total liberdade aos fabricantes do codificador para utilizarem o seu conhecimento. Deste modo podem obter os melhores resultados para a aplicação pretendida. A figura apresenta a relação entre os vários componentes da norma MPEG-4.

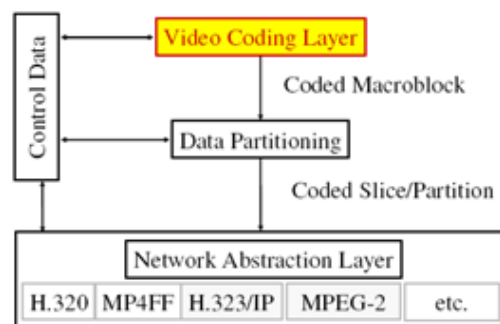


Figura 5 - Layers do MPEG-4

O Network Abstraction Layer (NAL) possibilita a adaptação do codificador a vários meios de transporte. Esta funcionalidade permite o transporte de MPEG-4 sob várias camadas de transporte. Deste modo é possível utilizar as camadas de transporte do MPEG-2 para transmitir MPEG-4.

4.2 AAC

O AAC (Advanced Audio Coding) é um formato normalizado de compressão áudio digital. Foi desenvolvido com a colaboração e contribuição de companhias como: Dolby, Fraunhofer (FhG), ATT, Sony e Nokia e foi

oficialmente declarada como norma internacional pelo grupo MPEG em Abril de 1997.

Esta norma foi promovida como sendo a sucessora do MP3, seguindo o mesmo tipo de codificação da Layer-3 (filtros de alta resolução, quantização não uniforme, codificação de Huffman) mas melhorando a qualidade a baixo débito binário através de novas técnicas de codificação. Disponibiliza bandas de amostra desde os 8 kHz até aos 96kHz, com débitos binários até 256 Kbit/s e com suporte para 48 canais. Suporta ainda mono, estéreo e todas as restantes configurações multi-canal.

Este *codec* requer pouco esforço computacional e foi adoptado pelo consórcio MPEG, nas normas MPEG-2 e MPEG-4, por melhorar a eficiência de codificação, bem como o facto de em média conseguir a mesma qualidade que o MP3 mas apenas com 70% do débito binário.

5. TDT

5.1. Portugal

O processo de introdução da TDT em Portugal teve o seu início com o lançamento de um concurso público que visou a atribuição de duas licenças de âmbito nacional para o estabelecimento e exploração de uma Plataforma de Televisão Digital Terrestre.

Tabela 1 - Evolução da transição analógico-digital na Europa.

MUX A	MUX B a F
Serviço de acesso gratuito (FTA – Free To Air)	Serviço de acesso Condicionado / pago (Pay-TV)
Cobertura nacional (Continente Açores e Madeira) para um mínimo de 99% da população	Cobertura nacional (Continente Açores e Madeira) para um mínimo de 75% da população
Prazo de implementação máximo: 36 meses	Prazo de implementação máximo: 42 meses
1 Canal de radiofrequência	5 Canais de radiofrequência
Serviços a transportar: - 5 canais de TV SD (RTP1/2, SIC, TVI e 5º canal) e um canal HD - Açores/Madeira: adicionalmente, RTP-A/M - EPG (Guia TV) - Teletexto - Serviços interactivos	MUX B e C: cobertura Nacional MUX D, E e F: cobertura parcial do Continente
Cobertura portátil interior (indoor) em centros históricos (desnecessária antena fixa exterior)	Pacotes a definir p/ operador, com critérios de avaliação para os diversos conteúdos

A PT (Portugal Telecom) ganhou ambos os concursos e as transmissões começaram em 2009 em algumas zonas do território. No final de 2010 todo o território nacional já estava coberto.

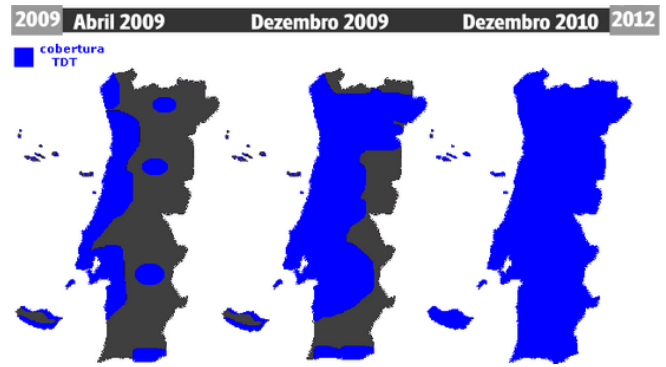


Figura 6 – Cobertura TDT [11]

Contudo em 2010 a PT decidiu não avançar para a TDT paga por entender já não se encontrarem reunidas as condições para o desenvolvimento deste projecto [12].

Em 2009, foi decidido pela União Europeia “desligar” a televisão analógica até 2012, passando a existir apenas televisão digital. A ANACOM (Autoridade Nacional de Comunicações) definiu para Portugal os seguintes prazos:



Figura 7 – Mapa de Switch Off da TV Analógica [11]

5.1.1. Transição Analógico-Digital

Ao contrário do que sucedeu no passado, quando da mudança da emissão a preto e branco para a emissão a cores, em que foi possível garantir compatibilidade directa, ou seja, sem impactos ao nível dos equipamentos receptores existentes, que recebiam o sinal a preto e branco e que continuam a interpretar o novo sinal sem qualquer adaptação, na TDT tal não poderá acontecer porque estamos perante um processo de transição analógico para digital. Será por isso necessário que os receptores disponham de um decodificador (set-top box) para puderem receber a emissão digital ou, já o tenham incorporado.

As emissões da televisão digital terrestre em Portugal terão por base, nomeadamente, a tecnologia DVB-T e a compressão de vídeo MPEG-4/H.264, pelo que os equipamentos receptores deverão respeitar estas duas condições.

5.1.2. Rede

A TDT em Portugal é constituída por 3 redes distintas:

- Portugal Continental
- Região Autónoma dos Açores
- Região Autónoma da Madeira

Nestas 3 redes, tanto a oferta de canais, como a própria configuração da rede é distinta entre elas. Do ponto de vista da rede, as redes de Portugal Continental e Região Autónoma da Madeira são do tipo SFN (Single Frequency Network), enquanto que a rede da Região Autónoma dos Açores é do tipo MFN (Multi-Frequency Network), sendo que cada uma das redes está disponível em frequências diferentes e com parâmetros diferentes.

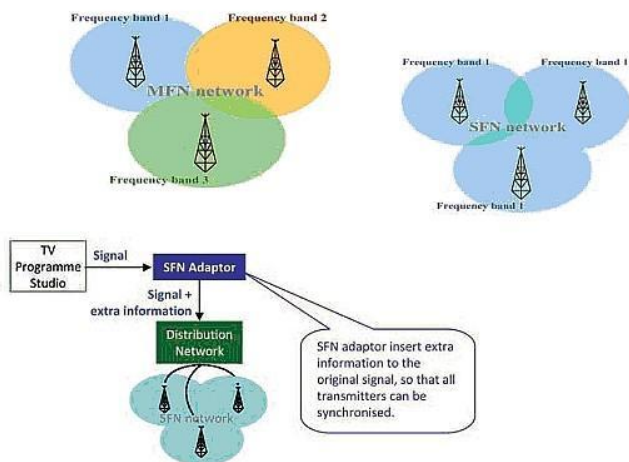


Figura 8 – Redes MFN e SFN [13]

5.1. Europa

Na Europa, a TDT começou por ser lançada no Reino Unido (1998), Suécia (1999) e na Espanha (2000). Nos anos seguintes vários países começaram também a utilizar a TDT. Contudo a transição para o digital revelou-se lenta, em Portugal iniciou-se dez anos depois, pelo que a União Europeia impôs que em 2012 todos os países da União serão obrigados a cessar as transmissões de televisão analógica.

Alguns países já concluíram a transição e desligaram as emissões em sinal analógico enquanto outros permanecem com as duas transmissões em simultâneo.

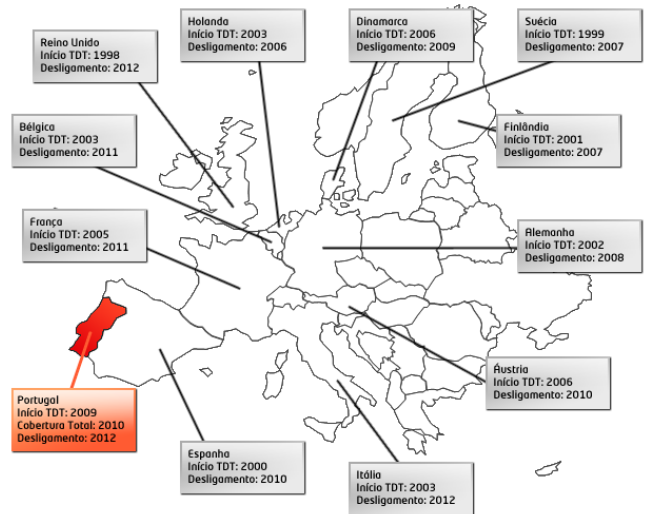


Figura 9 - Panorama da TDT na Europa [5]

6. CONCLUSÕES

A TDT é a implementação de um sistema digital que permite uma significativa melhoria na qualidade de imagem/som e a introdução de novos serviços, transmitindo ao utilizador uma sensação mais emergente. Trata-se de uma evolução não só técnica como sociológica, dado que, mesmo o utilizador comum, já pretende mais de uma emissão televisiva do que a passiva observação da transição de imagens e som.

Considerando os recentes desenvolvimentos perspectivando uma rápida implementação e a tecnologia de codificação utilizada (MPEG-4) Portugal requalifica-se numa corrida que aparentemente estava muito atrasada.

O método de modulação OFDM utilizado da norma DVB-T apresenta-se como bastante robusto a interferências e é muito utilizado em modulações de sinais digitais. As capacidades de compressão da norma MPEG-4 permitem uma utilização mais eficiente do espectro e a introdução de mais canais/serviços na mesma largura de banda.

Graças à imposição da Comissão Europeia para efectuar o switch off da rede analógica em 2012 decorreu uma enorme operação de instalação de equipamento e infraestruturas para possibilitar a cobertura total do país até ao final de 2010.

Apesar do grande esforço de regulamentação e diversos estudos efectuados ainda persistem algumas questões pertinentes e aspectos sócio-económicos por definir. O ponto principal prende-se com a necessidade de aquisição de um decodificador ou de uma nova televisão. Só recentemente as televisões disponíveis no mercado são compatíveis com a norma MPEG-4/H.264. Outra questão pertinente prende-se com as dúvidas que ainda persistem sobre a viabilidade do modelo de negócio adoptado. Dada a capacidade reduzida de canais e serviços na componente

“aberta” MUX-A e o diminuto mercado publicitário português, a TDT poderá tornar-se inviável economicamente.

Trata-se de um salto tecnológico inevitável num segmento que presentemente se encontra com bastante concorrência. Caso se verifique um bom aproveitamento/publicitação das suas vantagens e um desenvolvimento dos serviços disponibilizados, poderá encontrar o seu espaço no mercado.

7. REFERÊNCIAS

- [1] ANACOM, “Perguntas Frequentes sobre TDT” – Disponível em: <http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=326795>.
- [2] Digital Video Broadcasting – Disponível em: <http://www.dvb.org>.
- [3] Digital Video Broadcasting - T2 – Disponível em: <http://dvb.org/technology/dvbt2/index.xml>
- [4] Blog da TDT em Portugal – Disponível em: <http://tdt-portugal.blogspot.com/>
- [5] Site da TDT em Portugal – Disponível em: <http://tdt.telecom.pt/>
- [6] Wikipédia, “MPEG-2” – Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-2>
- [7] F.Pereira, “Digital Television” – Disponível em: http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2010_2011/8_Material_Estudo_2011.html
- [8] Pesquisa Google, “Sub-Portadoras OFDM” – Disponível em: HTTP://gta.ufrj.br/grad/04_1/redesplc/figuras/ofdm7.
- [9] Pedro A. Amado Assunção, “Sistemas DVB para Transmissão de Televisão Digital” – Disponível em: http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/Additional_material/Transmissao_DVB.pdf.
- [10] Portal Digital, “Normas Video TDT” – Disponível em: <http://www.tvdigital.tecnopt.com/normas-video-tdt/>
- [11] Site Electrónica, “TDT Televisão Digital Terrestre – Portugal” – Disponível em: <http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/259/199/>.
- [12] Site Meios&Publicidade, “PT desiste da TDT paga” – Disponível em: <http://www.meiosepublicidade.pt/2010/01/26/pt-desiste-da-tdt-paga/>
- [13] Site Astri, “DTMB Single Frequency Network (SFN) Adaptor” – Disponível em: http://www.astri.org/main/?contentnamespace=technologies:cbroadcast:dtmb_single_freq



José Lucas nasceu em Torres Vedras, Portugal, no dia 30 de Dezembro de 1983. É licenciado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações e de Computadores pelo Instituto Superior de Engenharia de Lisboa em 2010. Frequenta neste momento o primeiro ano do Mestrado em Engenharia de Redes de Comunicações do Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Desempenhou funções de Técnico de Telecomunicações na Nokia Siemens Networks em 2010 e neste momento é Consultor da Novabase a desempenhar funções de supervisão da rede móvel da TMN em Lisboa.