

# Sistema DVB para Transmissão de Televisão Digital

Pedro A. Amado Assunção

Instituto de Telecomunicações  
Pinhal de Marrocos, 3030-290 Coimbra, Portugal  
Instituto Politécnico de Leiria/ESTG  
[amado@co.it.pt](mailto:amado@co.it.pt)

**Abstract**—Este artigo descreve o sistema de transmissão, definido pelas normas DVB (*Digital Video Broadcasting*), que é usado em Televisão Digital (TVD). A quantidade e diversidade de técnicas de comunicação digital incluídas no sistema faz com este constitua um interessante caso de estudo. Sem entrar no detalhe dos fundamentos teóricos que justificam as características de cada bloco funcional, são abordados os aspectos mais relevantes usados na transmissão do sinal digital via satélite, cabo e terrestre.

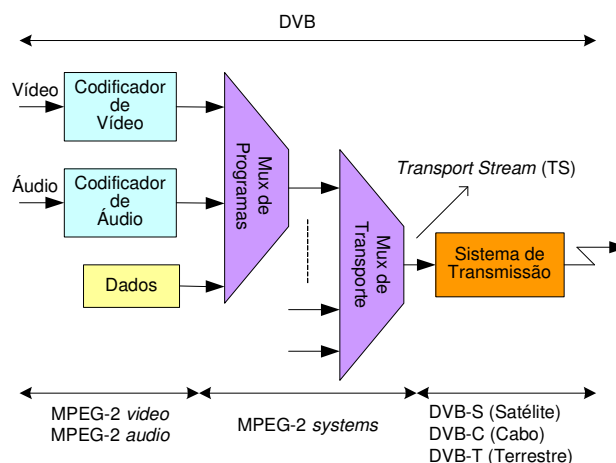
## I. INTRODUÇÃO

ACTUALMENTE a quase totalidade das comunicações à distância é efectuada em modo digital, pelo que a informação é representada de forma discreta e a comunicação utiliza técnicas de transmissão para sinais digitais. As vantagens das comunicações digitais são muitas e diversas. No entanto, a integração com os sistemas informáticos é porventura uma das razões que mais facilmente se compreende, por corresponder a uma realidade dos tempos actuais. A Televisão Digital (TVD) é um dos serviços de telecomunicações com maior potencial de integração, onde a Internet, a mobilidade e a interactividade assumem um papel de destaque.

O sistema de transmissão digital adoptado para TVD em diversos países, incluindo muitos países Europeus, é mundialmente conhecido por DVB (*Digital Video Broadcasting*), uma vez que resultou do processo de normalização internacional desenvolvido no contexto do Projecto DVB [1]. O sistema DVB tem por base três normas principais que definem a transmissão por satélite, cabo e terrestre, respectivamente [2,3,4]. Na prática, o sistema não está condicionado à transmissão de sinais audiovisuais, já que as normas que o definem não possuem qualquer relação com o tipo de dados a transmitir. Por isso o sistema de transmissão não é necessariamente exclusivo para TVD, sendo na realidade um sistema de transporte de dados de alta velocidade com erros extremamente reduzidos e totalmente transparente em relação ao tipo de conteúdos.

É de notar que o serviço TVD inclui diversos aspectos que não são abordados neste artigo, como por exemplo os algoritmos de compressão dos sinais de áudio e vídeo, suporte para interactividade, acesso condicionado, sistema de informação para o utilizador e configuração automática de receptores, interoperabilidade com outros serviços, etc. O sistema básico de TVD tal como definido pelas normas DVB, e ilustrado na Figura 1, 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 TVD, áudio HiFi, etc. A estrutura sintáctica e a semântica dos dados comprimidos de áudio, vídeo e TS são definidas num conjunto de normas conhecidas por MPEG-2 e desenvolvidas e desenvolvidas pelo grupo de normalização MPEG [5]. É de referir que o sistema DVB especifica todos os elementos da cadeia ainda que nas partes de codificação e multiplexagem sejam adoptadas especificações desenvolvidas por outro grupo, neste caso o MPEG. Em relação ao sistema representado na Figura 1, note-se que este pode ser bastante mais detalhado e convertido numa estrutura do tipo pilha protocolar com correspondência nas camadas definidas no modelo OSI/ISO.



**Fig. 1:** Sistema DVB para TVD – enquadramento das normas

Nas secções seguintes descrevem-se os sistemas de transmissão DVB e as técnicas usadas para a comunicação digital por satélite, cabo e terrestre. Apresentam-se também as principais características de cada um dos sistemas de transmissão e exemplificam-se os cálculos necessários para obter a capacidade de transmissão nos três casos.

## II. TRANSMISSÃO VIA SATÉLITE

Em termos genéricos, o canal de satélite é caracterizado pela limitação de potência no *downlink* e por uma largura de banda (LB) disponível relativamente elevada. Deste modo, a sua utilização para comunicações digitais com taxas de erros reduzidas necessita de codificação de canal robusta e um tipo

de modulação com boa imunidade ao ruído.

Na Figura 2 representa-se o diagrama funcional do sistema de transmissão DVB via satélite (DVB-S). Note-se que a entrada do sistema é um TS MPEG-2, proveniente da saída do *multiplexer* (ver Fig. 1).

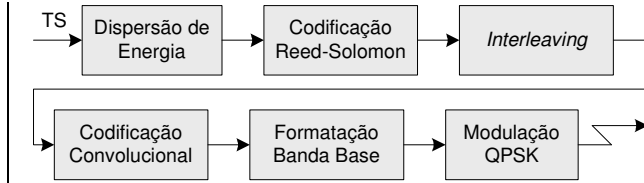


Fig. 2: Sistema DVB-S

As principais funções e características de cada bloco da Figura 2 descrevem-se abaixo:

- **Dispersão de energia:** é uma função de *scrambling* que reorganiza a sequência de bits da entrada, transformando-a numa sequência pseudo-aleatória à saída, *Pseudo Random Binary Sequence* (PRBS). Eliminam-se assim longas sequências de zeros ou uns consecutivos, o que permite obter transições binárias em número adequado para garantir a sincronização do receptor, assim como um espectro de sinal uniforme à saída do modulador; esta característica minimiza o efeito da não linearidade do canal. A função de *scrambling* é implementada por um gerador polinomial  $(1+x^{14}+x^{15})$ , sendo o mesmo esquema utilizado no receptor para *descrambling*.
- **Codificação Reed-Solomon:** consiste num codificador Reed-Solomon (RS) que adiciona 16 *bytes* a cada pacote TS de 188 *bytes*, pelo que o comprimento final de cada pacote é de 204 *bytes*. A percentagem de dados adicionada (*overhead*) é de  $16/188=8,5\%$  e o código tem capacidade para corrigir até 8 *bytes* errados. Este código é normalmente referenciado como RS(204,188,T=8).
- **Interleaving:** esta função tem como objectivo aumentar a eficiência da correcção de erros RS, espalhando no tempo os *bytes* de cada pacote TS em vez de os transmitir sequencialmente. Deste modo, se ocorrer um erro que afecte mais do que 8 *bytes* consecutivos, o receptor poderá ainda assim recuperar os dados correctos, pois os *bytes* corrompidos não pertencem todos ao mesmo pacote.
- **Codificação convolucional:** é usado como complemento do codificador RS. O codificador convolucional introduz 100% de redundância nos dados de entrada, aumentando o débito binário de entrada para o dobro, o que corresponde a um *code rate*  $R_C=1/2$ . No entanto, caso não seja necessário usar a máxima robustez, a redundância de 100% pode ser reduzida através da perfuração (*puncturing*) dos códigos, que descarta alguns dos bits produzidos pela saída do codificador convolucional [6]. Os valores de *code rate* normalizados em DVB-S são 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 e 7/8.
- **Formatação Banda Base:** os bits a transmitir são combinados de modo a formar símbolos que por sua vez correspondem a valores discretos da amplitude de um sinal, ou seja, pulsos rectangulares. Dado que um pulso rectangular tem LB teoricamente infinita, é necessário limitá-la de acordo

com os valores disponíveis. Esta função consiste num filtro passa-baixo do tipo coseno-elevado (*raised-cosine*) cujas características permitem limitar a LB dos pulsos a transmitir e também minimizar a interferência intersimbólica (ISI - *Inter Symbol Interference*). A LB de um filtro deste tipo é dada por  $B_B=0.5R_S(1+\alpha)$ , em que  $R_S$  é o débito simbólico em símbolo/s e  $\alpha$  é o factor de decaimento do filtro (*roll-off factor*), que pode variar entre 0 e 1. No caso de DVB-S,  $\alpha=0.35$  [2].

- **Modulação QPSK:** modulador de Rádio Frequência (RF) do tipo *Quaternary Phase Shift Keying* (QPSK). O sinal modulado consiste numa portadora cuja fase se pode encontrar em 4 valores distintos, cada um deles correspondendo a um símbolo transmitido; cada símbolo representa uma combinação de 2 bits. A LB ocupada pelo sinal modulado é o dobro da LB do sinal em banda base, *i.e.*,  $B_T=2B_B$ . Uma descrição detalhada das modulações digitais pode ser encontrada em [7].

#### A. Capacidade de transmissão de um canal de satélite.

No exemplo seguinte mostra-se como se pode determinar a capacidade de transmissão de um sistema DVB-S. Supondo uma largura de banda disponível para transmissão no canal satélite de  $B_T=33$  MHz e um factor de decaimento  $\alpha=0.35$ , então é possível obter um débito simbólico de  $R_S=33/(1+0.35)=24.4$  Msímbolo/s. Em QPSK, cada símbolo transmitido transporta 2 bits, o que origina um débito binário bruto de  $R_b=2\times 24.4=48.8$  Mbit/s. Dado que os códigos de detecção e correcção de erros introduzem redundância, o débito binário útil é menor que o valor anterior. Assim, após retirar a redundância introduzida pelos códigos RS resulta um débito de  $R_{b1}=48.8\times 188/204=44.97$  Mbit/s. Considerando os casos extremos de codificação convolucional, podem-se obter débitos úteis máximos e mínimos de, respectivamente,  $R_{U\_max}=44.97\times 7/8=39.35$  Mbit/s e  $R_{U\_min}=44.97\times 1/2=22.49$  Mbit/s. Como seria de esperar, a redundância introduzida pela codificação de canal reduz significativamente a capacidade de transmissão disponível para os programas de TVD.

### III. TRANSMISSÃO POR CABO

Em relação à transmissão via satélite, a transmissão por cabo (DVB-C) tem duas diferenças fundamentais: relação sinal/ruído bastante mais elevada e canais RF com LB menor [8]. No essencial, estas características permitem utilizar modulações com eficiência espectral mais elevada e simultaneamente diminuir a protecção contra erros reduzindo a redundância nos dados transmitidos.

Em DVB-C podem utilizar-se modulações do tipo *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) em que os símbolos transmitidos representam combinações de 4, 5, 6, 7 e 8 bits, ou seja, 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM e 256QAM. Para a mesma LB de transmissão, quanto maior for o número de bits por símbolo usado na modulação, maior o débito binário através do canal e menor a imunidade ao ruído. Dado que o cabo é um meio de transmissão com boa relação sinal/ruído, não é usado o codificador convolucional como

em DVB-S. Apenas o codificador RS(204,188,T=8) com *interleaving* é necessário para obter uma taxa de erros, suficientemente reduzida. O filtro passa-baixo definido para o sinal em banda base também é do tipo coseno-elevado com um factor de decaimento  $\alpha=0.15$  [3].

#### A. Capacidade de transmissão de um canal de cabo

No exemplo seguinte mostra-se como se pode determinar a capacidade de transmissão de um sistema DVB-C. Supondo modulação 64QAM numa largura de banda disponível para transmissão no canal de cabo de  $B_T=8$  MHz e um factor de decaimento  $\alpha=0.15$ , então é possível obter um débito simbólico de  $R_S=8/(1+0.15) = 6.96$  Msímbolo/s. Dado que em 64QAM cada símbolo transmitido representa 6 bits, o débito binário bruto vem  $R_b=6 \times 6.96=41.76$  Mbit/s. Retirando a redundância introduzida pelos códigos RS, resulta um débito útil de  $R_U=41.76 \times 188/204=38.5$  Mbit/s. Comparando com o caso anterior, verifica-se que o débito binário útil num canal de cabo com  $B_T=8$  MHz é da mesma ordem de grandeza daquele que se consegue obter num canal de satélite com  $B_T=33$  MHz. Esta característica permite, por exemplo, a retransmissão por cabo de todos os programas transmitidos num canal de satélite, sem necessidade de processamento ao nível do TS original [9].

### IV. TRANSMISSÃO TERRESTRE

O caso da transmissão terrestre (DVB-T) é substancialmente diferente dos anteriores. A transmissão terrestre utiliza o sistema de modulação *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), cujo princípio se baseia na divisão de um débito binário elevado por um conjunto de portadoras ortogonais que pode ir até alguns milhares. A combinação de OFDM com códigos de detecção e correcção de erros resulta na designação de *Coded OFDM* (COFDM). Cada portadora transporta apenas uma parte reduzida do TS a transmitir, a um ritmo binário muito mais reduzido do que o débito total do TS.

O sinal OFDM usado em DVB-T resulta da soma de todas as portadoras, moduladas em QPSK, 16QAM ou 64QAM. Note-se que estes tipos de modulações podem ser obtidos através da multiplicação da portadora por um número ou factor complexo determinado pela combinação de bits a transmitir [6,7]. Deste modo, o sinal OFDM é basicamente gerado em 3 passos fundamentais: (i) mapeamento das combinações de bits atribuídas a cada portadora, em factores complexos que definem o símbolo a transmitir por cada uma; (ii) multiplicação desses factores pelas portadoras respectivas; (iii) soma de todos os produtos obtidos anteriormente [10].

A semelhança das operações (ii) e (iii) com a transformada de Fourier discreta faz com que na prática os sinais OFDM sejam obtidos através de uma IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*). No entanto, tendo em consideração que a IFFT é uma transformada discreta, a sua saída consiste numa versão discreta (ou amostrada) do sinal OFDM. A conversão do sinal OFDM, discreto no tempo, no

correspondente sinal contínuo, é efectuada através de um DAC (*Digital to Analog Converter*).

Um sinal OFDM caracteriza-se facilmente nos domínios do tempo e da frequência: (i) na frequência consiste num conjunto de portadoras adjacentes, moduladas por pulsos correspondentes aos símbolos que cada uma transporta; (ii) no tempo consiste em conjuntos de símbolos transmitidos sequencialmente. Um símbolo OFDM corresponde ao conjunto de símbolos transportado por todas as portadoras durante o tempo de duração de um símbolo. A Figura 3 ilustra de forma simples as várias dimensões de um sinal OFDM.

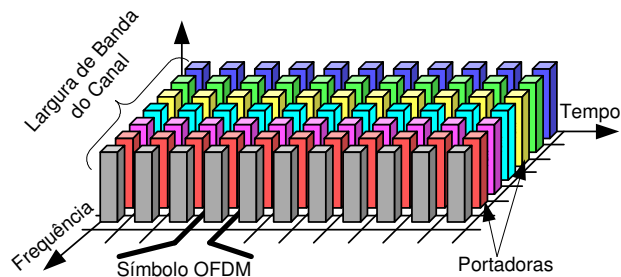


Fig. 3: Sinal OFDM no tempo e na frequência

A condição de ortogonalidade das portadoras determina uma distância mínima entre portadoras igual a  $1/T_S$ , em que  $T_S$  é o tempo de duração de cada símbolo OFDM. A Figura 4 representa o espectro de portadoras de um sinal OFDM. Como se pode verificar, este espectro é constituído por uma sequência de funções *sinc*, correspondentes a pulsos rectangulares de duração  $T_S$ , cujas passagens por zero coincidem exactamente nas frequências das várias portadoras. Assim, a modulação OFDM não é mais do que um sistema de multiplexagem na frequência, *Frequency Division Multiplexing* (FDM), com sobreposição de espectros. A relação entre a portadora de mais baixa frequência  $f_0$  e a de ordem  $k$  é dada por  $f_k=f_0+k/T_S$ .

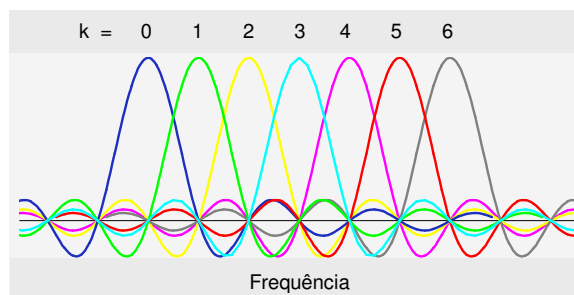


Fig. 4: Espectro de portadoras ortogonais adjacentes num sinal OFDM

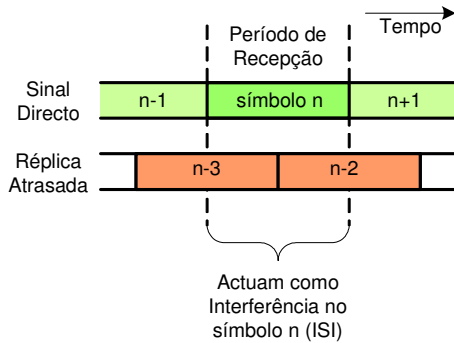
Num sistema de transmissão OFDM, a relação entre os períodos de duração de um bit e um símbolo é extremamente reduzida, ou seja, um símbolo tem uma duração muito superior à duração de um bit. Esta relação determina-se facilmente a partir do débito binário  $R_b$ , do número de portadoras  $N_p$  e do número de bits/símbolo  $N_b$ , que é

definido pelo tipo de modulação usado nas portadoras. O débito  $R_b$  é distribuído por  $N_p$  portadoras, sendo que cada uma consome  $N_b$  bits para construir um símbolo a transmitir. Portanto, a relação entre  $R_b$  e o débito simbólico  $R_s$  é dada por  $R_b = R_s \cdot N_p \cdot N_b$ , enquanto que a relação entre  $T_b = 1/R_b$  e  $T_s = 1/R_s$  é dada por  $T_s = T_b \cdot N_p \cdot N_b$ . Se, por exemplo,  $N_p = 2000$  e  $N_b = 5$  (32QAM), então a duração de um símbolo é 10000 vezes superior à duração de um bit.

Daqui resultam características importantes da modulação OFDM, nomeadamente a sua robustez em relação à propagação multi-percurso onde várias réplicas do mesmo sinal chegam ao receptor com atrasos muito diferentes.

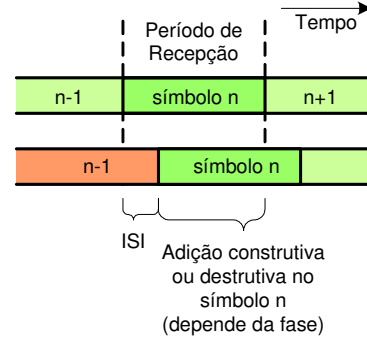
#### A. Efeito da Propagação Multi-percurso.

Como foi referido anteriormente, ao receptor chegam tipicamente várias réplicas do mesmo sinal emitido devido às suas múltiplas reflexões, por exemplo devido à orografia do terreno. O sinal que chega directamente do emissor, mais as respectivas réplicas atrasadas, somam-se no receptor provocando interferência entre símbolos adjacentes (ISI). As Figuras 5 e 6 representam o sinal recebido directamente do emissor e uma réplica com atraso, nos casos em que o atraso é significativamente superior e inferior à duração do símbolo, respectivamente.



**Fig. 5:** Duração de símbolo inferior ao atraso.

No caso da Figura 5, o facto do atraso ser superior à duração de um símbolo OFDM faz com que as réplicas atrasadas dos símbolos  $n-3$  e  $n-2$  ocorram durante o período de recepção do símbolo  $n$  do sinal directo. Do ponto de vista do símbolo  $n$ , as réplicas de outros símbolos que lhe são adicionadas actuam como pura interferência. Dependendo da potência dessa interferência, o sinal recebido pode ser completamente destruído sem possibilidade alguma de recuperação dos dados transmitidos. É de salientar o facto de neste caso existir ISI durante todo o período de recepção do símbolo  $n$ .

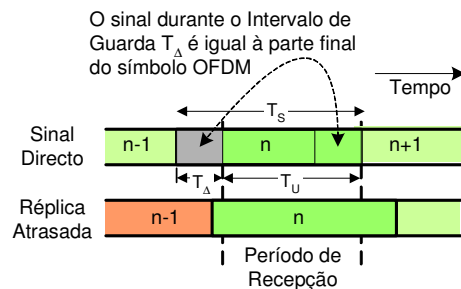


**Fig. 6:** Duração de símbolo superior ao atraso.

No caso da Figura 6, onde o atraso é menor que a duração de um símbolo, o símbolo  $n-1$  apenas interfere no símbolo  $n$  durante um pequeno intervalo de tempo no início da respectiva ocorrência. Isto significa que, durante a maior parte do tempo de recepção, uma réplica atrasada do símbolo  $n$  é adicionada ao mesmo símbolo  $n$  proveniente directamente do emissor. Dependendo da fase (ou atraso) relativa de ambos os sinais, essa soma pode resultar num sinal recebido com maior ou menor amplitude do que o sinal directo, correspondendo aos casos de adição construtiva e destrutiva, respectivamente. Note-se que o caso de adição destrutiva corresponde simplesmente a uma maior atenuação do sinal recebido o que, dependendo da relação sinal/ruído, pode ser compensado por amplificação.

#### B. Intervalo de Guarda

Tendo em consideração o caso da Figura 6, o problema da ISI no início do símbolo devido aos ecos do sinal que chegam com diferentes atrasos é solucionado através da introdução de um intervalo de guarda  $T_\Delta$  antes do período de duração útil  $T_U$  de cada símbolo. De modo a manter a ortogonalidade entre as portadoras, o sinal durante o intervalo de guarda é uma cópia da última parte do símbolo OFDM, daí que também tenha a designação de prefixo cíclico. Como se pode verificar na Figura 7, o intervalo de guarda é parte integrante do símbolo correspondente, pelo que a sua utilização resulta num período de símbolo superior ao período útil,  $T_s = T_\Delta + T_U$ .



**Fig. 7:** Intervalo de guarda.

A grande vantagem da utilização do intervalo de guarda consiste em eliminar a ISI durante o período de recepção do símbolo OFDM ( $T_U$ ), eliminando assim os erros que daí resultariam. Deste modo, o receptor apenas inicia a recepção de cada símbolo após terminar o intervalo de guarda. Assim, se os sinais reflectidos chegarem ao receptor com um atraso máximo inferior a  $T_\Delta$ , então a ISI ocorre apenas durante o intervalo de guarda. Por isso, para garantir a eliminação da ISI durante o período de recepção dos símbolos, a duração do intervalo de guarda deve ser superior ao atraso máximo do canal de transmissão. No caso dos canais com múltiplos percursos, o atraso máximo corresponde ao percurso mais longo que o sinal percorre entre o emissor e o receptor.

Note-se que a introdução do intervalo de guarda corresponde a uma perda de capacidade de transmissão de modo semelhante à redundância introduzida pelos códigos de correcção de erros. Ao aumentar o período de duração dos símbolos para criar o intervalo de guarda, diminui-se o débito simbólico e consequentemente o débito binário.

### C. Redes de frequência única

A capacidade dos sistemas OFDM funcionarem na presença de ecos (réplicas do mesmo sinal com atraso), permite ter vários emissores próximos uns dos outros a emitirem na mesma banda de frequências. Um receptor não consegue distinguir se os sinais que chegam com atraso são provenientes de emissores distintos ou ecos do mesmo sinal vindo de um só emissor. Daqui resulta a possibilidade de ter uma zona geográfica alargada (e.g. um país inteiro) coberta por uma rede de emissores/repetidores que operam todos no mesmo canal RF. Uma rede com estas características é designada por rede de frequência única ou *Single Frequency Network* (SFN).

Os vários emissores/repetidores de uma rede SFN têm que obedecer a 3 restrições fundamentais:

- **emitir na mesma frequência**
- **emitir ao mesmo tempo (em simultâneo)**
- **emitir exactamente os mesmos bits (ou símbolos)**

ou seja, cada símbolo OFDM tem de ser transmitido por todos os emissores/repetidores em simultâneo. Isto implica restrições rígidas a cumprir por cada posto emissor/repetidor assim como pela rede que distribui os dados a transmitir por cada um deles. Tendo em consideração que os diversos elementos de uma rede SFN se encontram afastados vários quilómetros, uma forma de conseguir obter a sincronização do sistema consiste em usar relógios derivados do sistema GPS (*Global Positioning System*).

O facto dos emissores estarem situados a distâncias diferentes em relação ao receptor faz com os sinais recebidos cheguem com atrasos diferentes. Do ponto de vista do receptor, esta situação não é diferente do caso em que várias réplicas do mesmo sinal, com origem no mesmo emissor, são recebidas com atrasos diferentes. Por isso, a duração do intervalo de guarda determina a distância máxima entre emissores adjacentes da mesma rede SFN, de modo a garantir que a ISI se limita ao período  $T_\Delta$ .

### D. Parâmetros principais do sistema DVB-T

Em DVB-T são definidos os modos 2K e 8K para a modulação OFDM que determinam o número total de portadoras a usar em cada caso: 2048 e 8192, respectivamente. As portadoras podem ser moduladas em QPSK, 16QAM ou 64QAM. O espaçamento entre portadoras é de 4.464 kHz e 1.116 kHz, correspondendo a uma duração útil de símbolo ( $T_U$ ) de 224  $\mu$ s e 896  $\mu$ s para os modos 2K e 8K, respectivamente. Uma série de portadoras em ambas as extremidades do canal é colocada a zero para minimizar interferências com os canais RF adjacentes, pelo que o número de portadoras úteis é inferior ao total. No modo 8K, existem 6817 portadoras úteis enquanto que no modo 2K existem 1705. Para além disso, há ainda um conjunto de portadoras que são usadas para sincronização, transmissão de parâmetros do sistema, etc. Deste modo, o número de portadoras realmente usadas para transmissão de dados é 1512 e 6048 para os modos 2K e 8K, respectivamente.

São definidos intervalos de guarda  $T_\Delta$  com duração  $T_U/4$ ,  $T_U/8$ ,  $T_U/16$  e  $T_U/32$ . A protecção contra erros de transmissão é obtida através de codificação Reed-Solomon e convolucional complementadas por *interleaving* no tempo e na frequência. A norma DVB-T define canais RF com LB de 6, 7 e 8 MHz. Na Europa, são utilizados canais de 8 MHz.

No caso de redes SFN, a distância máxima entre emissores é determinada pela duração do maior intervalo de guarda, que no caso do DVB-T é de  $T_U/4$ . Nos modos 8K e 2K isso corresponde a cerca de 67 e 16 Km de distância máxima entre emissores adjacentes, respectivamente.

### E. Capacidade de transmissão de um canal terrestre

Supondo um canal RF com  $B_T=8$ MHz, modo 8K,  $R_c=3/4$ ,  $T_\Delta = 1/8$  e portadoras moduladas em 16QAM, exemplifica-se a seguir o procedimento de cálculo do débito binário útil, disponível para transmissão de TSs MPEG-2.

No modo 8K, a duração útil de cada símbolo é  $T_U=896$   $\mu$ s e o intervalo de guarda é  $T_\Delta=1/8 \times 896=112$   $\mu$ s, pelo que a duração total de cada símbolo é dada por  $T_S=896+112=1008$   $\mu$ s. Tendo em consideração que apenas 6048 portadoras são usadas para transmissão de dados, pode-se obter o débito simbólico  $R_S=6048 \times 1/1008=6.0$  Msímbolo/s. Dado que em 16QAM cada símbolo representa 4 bits, o débito binário total resulta em  $R_b=4 \times 6.0=24$  Mbit/s. O débito útil  $R_U$  é obtido retirando a redundância da codificação RS e convolucional, vindo assim  $R_U=24 \times 3/4 \times 188/204=16.588$  Mbit/s.

Note-se que, dependendo do tipo de modulação usada, do intervalo de guarda e da codificação convolucional, num canal de 8 MHz,  $R_U$  pode ter valores compreendidos entre 4.98 Mbit/s e 31.67 Mbit/s.

## V. CONCLUSÃO

O sistema de transmissão DVB para TVD inclui os meios de difusão por satélite, cabo e terrestre. Cada um consiste num sistema de transmissão digital devidamente adaptado às características do meio físico que constitui o canal de comunicação. O sistema não depende do conteúdo dos dados

a transmitir, podendo por isso ser usado para transporte de qualquer tipo de dados. Contudo, para TVD, os dados áudio e vídeo são codificados segundo a norma MPEG-2, como especificado pelas próprias normas DVB.

#### REFERÊNCIAS

- [1] U. Reimers, Digital Video Broadcasting, IEEE Communications Magazine, pp. 2-8, Junho 1998.
- [2] EN 300 421, Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services, ETSI, 1997.
- [3] EN 300 429, Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems, ETSI, 1998.
- [4] EN 300 744, Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, ETSI, 2001.
- [5] ISO/IEC International Standard, Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio, IS 13818-x, MPEG-2.
- [6] G. Drury, G. Markarian, K. Pickavance, Coding and Modulation for Digital Television, Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [7] F. Xiong, Digital Modulation Techniques, Artech House, 2000.
- [8] U. Reimers, Digital Video Broadcasting, The International Standard for Digital Television, Springer-Verlag, 2001.
- [9] H. Benoit, Digital Television, MPEG-1, MPEG-2 and Principles of the DVB System, John Wiley and Sons, 1997.
- [10] R. Van Nee, R. Prasad, OFDM For Wireless Multimedia Communications, Artech House, 2000.