2
TV Digital

O estudo para a transmissão terrestre digital do sinal de TV Digital, conhecida por DTTB (*Digital Television Terrestrial Broadcasting*) já vem sendo feito há mais de dez anos, com o surgimento do primeiro padrão (ATSC) em 1998. O objetivo de todos os estudos é agregar tecnologias que possibilitem a transmissão do sinal digital de televisão com qualidade superior à da já existente na televisão analógica.

Para implementar essas melhorias, foi imprescindível o estudo de novas técnicas de codificação de imagem e de áudio, juntamente com um novo método de transmissão.

A União Internacional de Telecomunicações – ITU descreve em seu documento 11/112-E o modelo de referência OSI para TV Digital, que deve ser seguido pelos padrões públicos.

A Figura 1 apresenta este modelo básico de referência de transmissão para os padrões de TV Digital.

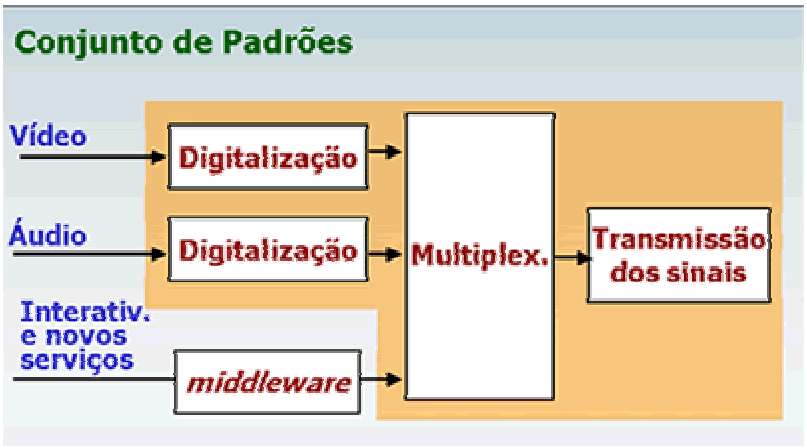

Figura 1: Modelo de referência em blocos de um transmissor de TV Digital qualquer

Nessa Figura estão representados os blocos funcionais básicos de um sistema de TV Digital. O Primeiro deles é o de Codificação e Compressão do sinal fonte e é responsável pela conversão e compressão dos sinais de áudio e vídeo em feixes digitais denominados de fluxos elementares de informações. O segundo é o de Multiplexação e Transporte: responsável pela multiplexação dos

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0310496/CA

diferentes fluxos elementares formando um único feixe digital na sua saída. Por último vem o bloco de Codificação do canal e Modulação, responsável por converter o feixe digital multiplexado em um sinal (ou grupo de sinais) passíveis de transmissão por um meio físico, no caso, o ar.

Os padrões comercialmente disponíveis atualmente são: o ATSC (*Advanced Television System Comittee*) também conhecido como padrão americano; o padão europeu DVB-T (*Digital Vídeo Broadcasting - Terrestrial*); o japonês ISDB-T (*Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial*) e o padrão chinês denominado ADTB (*Advanced Digital Vídeo Broadcasting*).

Esses padrões são flexíveis e possibilitam a escolha da qualidade de imagem pelas operadoras, lembrando-se que quanto maior a resolução da imagem, maior a taxa de bits necessária para garantir o sinal. Os principais padrões, segundo a Recomendação ITU-R BT.1125 [10] são: HDTV - *High Definition Television*; EDTV – *Enhanced Definition Television*; SDTV – *Standard Definition Television* e LDTV – *Low Definition Television.*

A Tabela 1 apresenta alguns dos padrões de qualidade de imagem e suas especificações.

Qualidade	Coluna vs. Linha	Taxa de Bits (Mbps)
HDTV	1080 x 512	19,39
EDTV	852 x 480	15,23
SDTV	640 x 480	10,02
LDTV	320 x 240	8,23

Tabela 1: Padrão de qualidade de imagem

Para os blocos de codificação do sinal-fonte e de multipexação há uma conformidade pela utilização do MPEG. Entretanto a característica mais marcante que mais diferencia os padrões está no bloco de codificação do canal e modulação. São usados dois métodos de modulação: SCM (*Single-Carrier Modulation*), que utiliza um modelo de portadora única, e o modelo de múltiplas portadoras, MCM (*Multiple-Carrier Modulation*).

2.1. Modulações Digitais

Os dois métodos de modulação digital são a modulação com portadora única (SCM) ou a modulação com múltiplas portadoras (MCM).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0310496/CA

As técnicas com portadora única, como VSB e QAM, têm sido tradicionalmente usadas para a transmissão de dados. Porém essas técnicas de SCM de modulação digital com taxas de aproximadamente 20 Mbps são muito sensíveis a ruídos impulsivos, ao desvanecimento seletivo e ao multipercurso, sendo necessário o uso de recursos dispendiosos, como o uso de eqüalizadores adaptativos com centenas de *taps* no receptor.

As técnicas de modulação com várias portadoras proporcionam ao sistema maior robustez frente ao ruído impulsivo e multipercursos.

A principal desvantagem da modulação MCM é a elevada complexidade de implementação dos processos de modulação e demodulação, que aumentam com o número de portadoras. Porém utilizando-se a técnica da Transformada de Fourier não é necessário gerar e recuperar cada portadora separadamente.

A Modulação OFDM - *Ortogonal Frequency Division* utiliza a Transformada de Fourier para implementação da modulação MCM que se baseia nas propriedades de ortogonalidade do espectro de cada portadora.

Os padrões que utilizam a técnica de SCM são o americano ATSC, que usa o esquema de modulação 8VSB (*Vestigial Side Band* com 8 níveis) e o chinês, que usa o OQAM (*Offset Quadrature Amplitude Modulation*). Já os padrões que utilizam a técnica de múltiplas portadoras são o europeu DVB-T e o japonês ISDB-T, que trabalham com o COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*). Cada sistema possui seus méritos e limitações devido às escolhas feitas, levando em conta fatores técnicos, econômicos e de aplicabilidade.

A Tabela 2 descreve de forma sucinta as principais características apresentadas pelos padrões de TV digital atuais.

	ATSC	**DVB**	**ISDB**	**ADTB**
Digitalização de Video	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2
Digitalização de Áudio	DOLBY AC-3	MPEG-2 ACC	MPEG-2 AAC	MPEG-2 AAC
Multiplexação	MPEG	MPEG	MPEG	MPEG
Transmissão dos Sinais	Modulação 8-VSB	Modulação COFDM	Modulação COFDM	Modulação 64, 16 ou 4 QAM
Middleware	DCAP	ARIB	ARIB	ARIB

Tabela 2: Características dos padrões de TV Digital

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0310496/CA

Todos os padrões utilizam técnicas de compressão e modulação de múltiplos níveis, a fim de garantir uma banda, se não igual, bem próxima das faixas alocadas para televisão analógica. Por exemplo, o sistema americano deve utilizar uma faixa de 6 MHz. Já o DVB-T e o padrão chinês devem utilizar preferencialmente uma banda de 8 MHz, mas podendo ainda trabalhar com uma largura de faixa de 6 MHz. O ISDB-T pode operar com as bandas de 6, 7 ou 8 MHz.

Maiores detalhes e características dos três principais padrões de TV Digital existentes serão descritos a seguir.

2.2. Padrão Americano (ATSC)

O padrão americano, desenvolvido pelo ATSC [10,11], a partir de 1987, foi pensado por um grupo de 58 indústrias de equipamentos eletroeletrônicos. Ele propõe a idéia de um conteúdo audiovisual em alta definição (HDTV), não necessitando para isso, grandes dificuldades de implementação.

Para tanto, o ATSC utiliza as técnicas: MPEG-2 como técnica de codificação de vídeo e multiplexação; Dollby AC-3 para a codificação do áudio; MPEG2 Sistemas para multiplexação dos fluxos elementares e modulação 8-VSB para a camada de transporte.

A taxa de dados útil máxima garantida pelo sistema na saída do multiplexador MPEG-2 Sistemas é de 19,39 Mbps, usando uma banda de 6 MHz. Alternativamente, o ATSC pode operar com uma banda de 7 ou 8 MHz.

Dependendo do tipo, ou meio de transmissão o padrão permite aplicar diferentes técnicas de modulações sobre esse feixe de dados: a Modulação 8-VSB é a recomendada pelo padrão ATSC para radiodifusão terrestre; 64-QAM é a preferida para transmissão por cabo e a QPSK é a escolhida para transmissão via satélite.

Para radiodifusão terrestre, a codificação do canal é realizada em blocos como descrita na Figura 2. Inicialmente os dados são embaralhados, a fim de evitar a concentração de energia em pontos específicos do espectro. A seguir o sinal passa por um processo de correção de erro, FEC (*Forward Error Correction*), em um gerador de código corretor de erro, chamado *Reed Solomon* (RS), que insere 20 bytes de paridade para cada bloco de 187 bytes. Esse conjunto de 207 bytes forma um segmento. O terceiro passo é o de entrelaçamento temporal, quando os bytes são espalhados ao longo de 52

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0310496/CA

segmentos com a finalidade de distribuir uniformemente as rajadas de erro. Posteriormente, há um segundo código de erros (treliça ou convolucional), que opera em nível de bits. A cada dois bits originais é acrescentado 1 bit de redundância de informação, sendo assim um código 2/3. A carga útil de cada segmento é composta então por 828 símbolos de oito níveis. No passo seguinte, cada segmento recebe alguns símbolos adicionas, que servem como elemento de sincronismo de segmento, 312 segmentos, mais um de sincronismo, formando um quadro. Esse conjunto (que, teoricamente, é um sinal AC), recebe um pequeno nível DC, que ao ser modulado, aparecerá com um ressalto no espectro, formando o sinal piloto do canal. Finalmente, esse conjunto é introduzido num modulador VSB, que pode ser analógico ou um circuito que sintetize digitalmente a forma de onda já em rádio-freqüência (mais precisamente em FI - freqüência intermediária).

O sinal VSB assim gerado está pronto para ser transladado para a freqüência de operação da emissora, amplificado e transmitido.

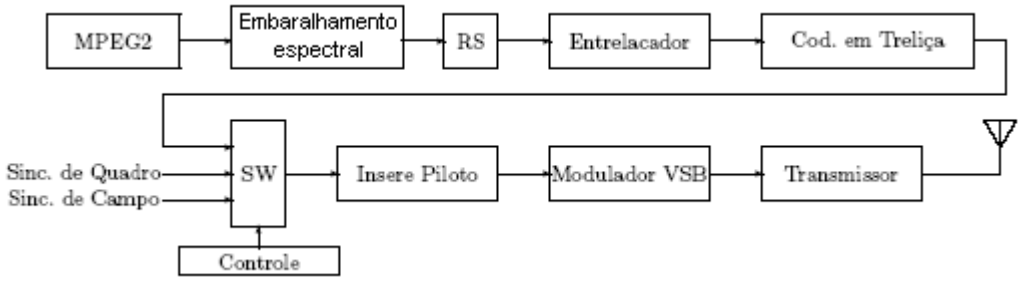

Figura 2: Diagrama em blocos do Padrão ATSC

O sistema permite atingir várias qualidades de imagem através de 18 formatos de vídeos diferentes (SDTV, HDTC ou qualidades intermediaria atingida através de diferentes taxas de quadro).

2.3. Padrão Europeu

O padrão DVB (*Digital Vídeo Broadcasting*) [11] foi criado para atender diversas necessidades de vários países, e por esse motivo se caracteriza por ser um padrão muito flexível com relação a modos de configuração, permitindo transmitir diversas qualidades de vídeo numa banda de 8 MHz, desde SDTV a HDTV.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0310496/CA

O Padrão DVB utiliza o MPEG2 para a codificação e multiplexação do sinal fonte de vídeo e de áudio, diferentemente do sistema ATSC que utiliza o padrão Dobly AC-3 para a codificação de áudio.

Para a transmissão por radiodifusão terrestre em VHF ou UHF (DVB-T) a modulação utilizada é COFDM (*coded* OFDM), que é uma variação da modulação OFDM, na qual é feita uma codificação anterior que inclui uma permuta pseudo-aleatória da carga útil entre as diversas portadoras. Essa codificação é realizada para diminuir o efeito do canal sobre o sinal transmitido.

O número de portadores utilizado pelo DVB pode variar. A primeira opção, que caracteriza a sub-classificação 2K, usa 1705 portadoras. A segunda escolha utiliza 6817 portadoras, denominada 8K. A modulação escolhida para cada portadora pode ser QPSK, QAM16 ou QAM64.

A Tabela 3 apresenta os principais parâmetros dessas duas sub-classificações.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0310496/CA

	Modo 8K	Modo 2K
Número de portadoras	6817	1705
Espaçamento entre portadoras $1/T_U$	0,837 KHz	3,348 KHz
Comprimento do símbolo (T_U)	1,194 µs	298 µs
Intervalo entre símbolos (Δ)	37 a 298 µs	9 a 74 µs
Clock principal (sistema 6 MHz)	6,58 MHz (48/7)	

Tabela 3: Modos de operação COFDM do DVB

O diagrama de blocos simplificado para o DVB-T é apresentado na Figura 3. Como pode ser visto o DVB-T usa um codificador externo RS (*Reed Solomon*) que cria uma assinatura digital de cada bloco MPEG, acrescentando 16 bytes de paridade. Para aumentar a robustez do sistema os bytes de cada 12 blocos são entrelaçados entre si pelo entrelaçador externo.

Posteriormente é feita a codificação interna por um código convolucional (*Forward Error Correction*) que gera bits adicionais aumentando a redundância. Após ocorrer o entrelaçamento interno, os bits são mapeados para compor os símbolos e quadros de transmissão.

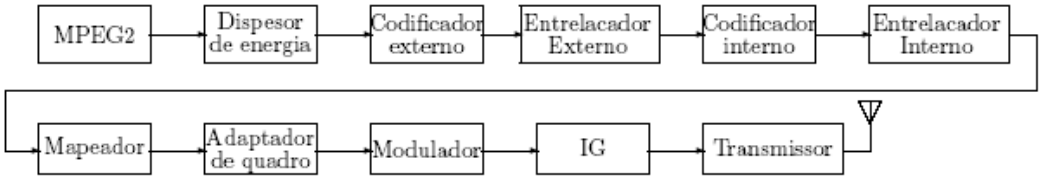

Figura 3: Diagrama em blocos simplificado do DVB-T

Como o DVB-T foi desenvolvido para operar numa banda de 8 MHz, a taxa de bits deve ser reduzida para que este padrão possa ser utilizado numa faixa de 6 MHz. Neste caso, a máxima taxa alcançada é 23,75Mbps, o que ainda sim permite a transmissão de HDTV.

2.4. Padrão Japonês

O sistema ISDB [12,11] foi criado no Japão pelo consórcio DiBEG (Digital Broadcasting Experts Grup). A principal característica desse sistema é a sua grande flexibilidade de configuração, podendo transmitir vídeo, som, dados ou uma combinação dos três com maior facilidade. No Brasil, foi eleito o melhor nos testes técnicos comparativos [11] conduzidos por um grupo de trabalho da Sociedade Brasileira de Engenharia de Televisão (SET) e da Associação Brasileira das Emissoras de Rádio e Televisão (Abert), ratificados pela Fundação CPqD

O ISDB utiliza o MPEG-2 para a codificação do sinal-fonte de vídeo e multiplexação. Para a codificação do sinal-fonte de áudio, o padrão adotado é uma variante do MPEG-2, conhecido como MPEG-2:AAC (*Advanced Audio Coding*).

A forma com é especificada a camada de transmissão pode ser vista como um aperfeiçoamento do sistema europeu. No caso do ISDB, sua banda é fragmentada usando um método de transmissão conhecido como BEST-OFDM (*Band Segmented Transmission* – OFDM). Este método possuí 13 segmentos distintos que podem ser configurados de 3 modos diferentes. Cada um destes modos, que são denominados camadas do sistema pode ser modulado de forma independente através de esquemas de modulação multiníveis e transmitidos por um sistema OFDM.

Para o transporte de dados, o ISDB reserva algumas portadoras.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0310496/CA