



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO



A TELEVISÃO VIA SATÉLITE

Pedro Godinho, n° 50825
Rui Silva, n° 50850
Vítor Pelado, n° 50880

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES
Sistemas de Telecomunicações
1º Semestre 2004-2005

Novembro de 2004

Agradecimentos

O grupo que ao longo de sensivelmente dois meses foi construindo este texto, bem como as restantes componentes deste trabalho de pesquisa, não quer deixar de aqui prestar os devidos e especiais agradecimentos ao Sr. António Portas, Gestor de *Headends* da TvCabo, pela forma incansável e extremamente dedicada como nos forneceu uma base de partida para o desenvolvimento do nosso trabalho.

Resumo

A pesquisa levada a cabo para a elaboração deste documento teve o propósito de agrupar, de forma simples e concisa mas nunca monótona e insípida, uma vasta gama de informação técnica sobre o sistema de transmissão televisiva por satélite.

Com este objectivo, procedeu-se à recolha de informação junto dos mais diversos meios disponíveis, nomeadamente bibliografia da área das telecomunicações e electrónica, Internet e contacto directo com empresas nacionais da especialidade.

Os autores procuraram descrever todo o processo em estudo, subdividindo-o em blocos distintos. Desta forma, o trabalho começa por expor a estrutura global do serviço de televisão por satélite, particularizando depois cada etapa específica e caracterizando seguidamente a norma internacional reguladora deste tipo de aplicações.

Na fase final deste documento procede-se a uma análise subjectiva da evolução sofrida por estes sistemas ao longo do tempo, até à actualidade. Apresentam-se também as perspectivas quanto às possíveis inovações e utilizações futuras do sistema global de difusão de televisão via satélite.

Palavras Chave

Televisão, satélites, difusão, compressão, codificação.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo e Palavras Chave	iii
Índice	v
Lista de figuras	vii
Lista de tabelas	vii
Lista de abreviaturas	vii
Introdução	1
Nota Histórica	3
Capítulo 1 Funcionamento geral da televisão via satélite	5
Capítulo 2 Análise do sistema em blocos	7
2.1 – Formação do sinal de televisão satélite	7
2.2 – Satélites	10
2.3 – Antenas Parabólicas	14
2.4 – Receptores de sinal	17
Capítulo 3 A Norma Internacional DVB-S	19
Capítulo 4 A Televisão Via Satélite - Conclusões e previsões futuras	21
Bibliografia	23

Lista de figuras

Figura 1.1 – Sistema de televisão via satélite	p.5
Figura 1.2 – Componentes de um sistema de televisão por satélite	p.6
Figura 2.1 - Formas de transmissão do sinal de televisão, da fonte ao distribuidor	p.7
Figura 2.2 - Principais órbitas de satélites	p.12
Figura 2.3 – Estrutura de uma antena parabólica	p.14
Figura 2.4 – Graus de liberdade de uma antena parabólica	p.16
Figura 2.5 – Cobertura do satélite Hispasat 1C	p.16
Figura 2.6 – Receptor	p.17
Figura 2.7 – Esquema de blocos	p.17
Figura 3.1 – Esquema geral da distribuição com DVB-S	p.19
Figura 3.2 – Esquema ilustrativo do sistema DVB-S	p.20
Figura 3.3 – Desmultiplexagem	p.20
Figura 3.4 – Modulador de QPSK	p.20

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Taxas de transmissão de determinados tipos de canais	p.9
Tabela 2.2 – Bandas de frequência nas comunicações por satélite	p.11
Tabela 2.3 – Comparação entre os vários tipos de órbitas	p.13

Lista de abreviaturas

VHF – Very High Frequency	p.1
UHF – UltraHigh Frequency	p.1
DVD – Digital Versatile Disc	p.8
VHS – Video Head System	p.9
QPSK – Quadrature Phase Shift Keying	p.10
SHF - Super High Frequency	p.11
FDMA – Frequency Division Multiple Access	p.13
TDMA – Time Division Multiple Access	p.13
CDMA – Code Division Multiple Access	p.13
PAL – Phase Alternate Line	p.18
NTSC – National Television Standards Committee	p.18
SECAM – Sequentiel Couleur avec Memoire	p.18
BER – Bit Error Rate	p.20

Introdução

A primeira transmissão de imagens televisivas a longa distância ocorreu a 9 de Abril de 1927, entre as cidades americanas de Washington D.C. e New York City, sob a orientação da *Bell Telephone* e do *U.S. Department of Commerce*. O potencial da televisão como meio de difusão de conhecimento, informação e entretenimento foi imediatamente reconhecido.

Em Portugal as primeiras emissões oficiais foram da responsabilidade da RTP, tendo lugar a partir dos estúdios do Lumiar a partir de 7 de Março de 1957, cerca de 30 anos depois.

O processo eleito para a transmissão de conteúdos televisivos foi a rádio difusão por modulação de portadoras de muito alta frequência, bandas VHF(30 a 300MHz) e UHF(0,3 a 3 GHz). A radiação do sinal está a cargo de antenas próprias para o efeito, que requerem um posicionamento geográfico preciso para que o sistema possa alcançar o melhor desempenho possível. Este sistema de transmissão tem sido o mais popular ao longo dos tempos devido, em parte, à sua facilidade de manipulação por parte do utilizador comum, mas principalmente por ser gratuito.

No entanto este processo sofre de algumas deficiências que poderão ser mais ou menos notórias aos olhos do utilizador comum. A radiopropagação, para que se efectue com níveis aceitáveis de qualidade, requer proximidade entre emissor e receptor, linha de vista directa e preferencialmente sem obstáculos intermédios (tais como acidentes geográficos e/ou edifícios). Condições adversas conduzem a uma rápida atenuação e distorção do sinal, degradando a qualidade do serviço. Mas de todos os factores, o mais adverso poderá ser o facto de a superfície terrestre não ser plana, o que limita bastante a linha de vista, impedindo as comunicações a grande distância devido às reflexões no solo.

A conjugação de tais factores desfavoráveis conduziu naturalmente à procura de métodos mais avançados, que permitissem melhorar a qualidade de serviço e quebrar a barreira das distâncias. Uma das alternativas foi a transmissão via satélite.

Este sistema, ao utilizar antenas posicionadas no espaço como elemento difusor da informação, diminuiu o problema da limitação da linha de vista e simultaneamente a questão dos obstáculos intermédios, possibilitando maiores áreas de cobertura do serviço (e.g. comunicações transatlânticas). Este tipo de serviço veio também possibilitar melhorias significativas de qualidade. O facto de se trabalhar com sistemas de alta frequência e elevada largura de banda veio também possibilitar a transmissão de mais informação por canal, bem como de mais canais por banda de espectro utilizada.

Nota Histórica

O lançamento do satélite russo *Sputnik* em 1957 veio despoletar a corrida pelo espaço. Os Estados Unidos foram o primeiro país a utilizar satélites para efeitos de comunicação a longa distância, em 26 de Julho de 1963, para fins militares. Em breve este recurso seria aplicado às comunicações telefónicas públicas, como forma de aliviar a carga das redes terrestres que começavam então a dar os primeiros sinais de congestionamento.

A primeira utilização de satélites para transmissão de sinais televisivos ocorreu a 1 de Março de 1978, pela mão da PBS – *Public Broadcasting Service*.

No período de 1978 a 1984 verificou-se um rápido desenvolvimento de toda a tecnologia associada ao sistema de televisão via satélite, facto que levou a um rápido crescimento do número de utilizadores deste serviço, até então gratuito. Com o crescimento do sector, naturalmente as companhias que difundiam os seus conteúdos televisivos via satélite começaram a procurar formas de obter dividendos dos utilizadores que serviam. Foi assim que surgiram os primeiros códigos de encriptação adaptados aos sinais de televisão via satélite, e os primeiros serviços em que o utilizador necessitava de um receptor específico, capaz de descodificar o sinal recebido. Desta forma, as companhias adquiriam total controlo sobre os utilizadores que beneficiavam dos seus serviços, podendo assim obter os seus lucros.

Todo este sistema foi então legislado e devidamente regulamentado ao nível das telecomunicações, tendo sido estabelecidas as normas internacionais necessárias para que, a partir da segunda metade da década de 80, estes serviços comesçassem a crescer no mercado de consumo de massas. Países como o Japão e Hong-Kong tomaram a dianteira na corrida à colocação em órbita de satélites de transmissão de conteúdos televisivos, tendo-se-lhes seguido os Estados Unidos e mais tarde a Europa.

Hoje em dia verifica-se também na televisão por satélite o fenómeno de globalização. Empresas de diferentes continentes partilham entre si conteúdos televisivos distintos, de diferentes origens e com diferentes países ou regiões de destino, quebrando assim fronteiras de espaço e tempo de uma forma outrora inimaginável.

Capítulo 1 - Funcionamento geral da televisão via satélite

O Problema da Difusão Televisiva

Conceptualmente, televisão por satélite é bastante semelhante a uma transmissão televisiva normal, na medida em que ambas se definem como um sistema sem fios que permite entregar um serviço televisivo directamente até às casas dos utilizadores. Em ambos os sistemas, as estações e distribuidores televisivos utilizam sinais rádio para difundir a sua programação.

Para tal, as estações de transmissão utilizam antenas de grande potência. Porém, os utilizadores apenas necessitam de uma antena de menor potência para captar tais ondas.

A principal limitação da transmissão televisiva é o alcance. As ondas rádio utilizadas na transmissão são radiadas pela antena de tal forma que é necessário estar na zona de alcance da antena para captar a emissão. Pequenos objectos como árvores ou casas não são grande problema, mas um grande obstáculo como a Terra causa certamente efeitos atenuadores.

Se a Terra fosse perfeitamente plana, seria possível captar ondas de transmissão a distâncias enormes. No entanto, como o planeta é curvo, a linha de alcance do sinal acaba por ser quebrada a algumas dezenas de quilómetros do ponto de emissão.

O outro grande problema da transmissão televisiva, deve-se ao facto de que o sinal é regularmente distorcido, mesmo na zona de alcance. Para se obter um sinal limpo é necessário estar bastante perto da antena de transmissão, sem muitos obstáculos no caminho.

A Solução da Televisão Via Satélite

A televisão via satélite resolve os problemas de alcance e distorção através da transmissão de sinais a partir de satélites que se encontram em orbita.

Uma vez que os satélites se encontram a altitudes elevadas (cerca de 36000 km), existe um número bastante superior de utilizadores que se encontram na linha de alcance da transmissão.

Os sistemas de televisão via satélite, transmitem e recebem os sinais utilizando antenas especiais, denominadas antenas parabólicas.

Os satélites televisivos localizam-se numa orbita geocêntrica, o que significa que se localizam sempre no mesmo ponto relativamente à Terra. Desta forma, apenas é necessário direccionar o prato parabólico para o satélite uma vez para que este capte ou transmita o sinal.

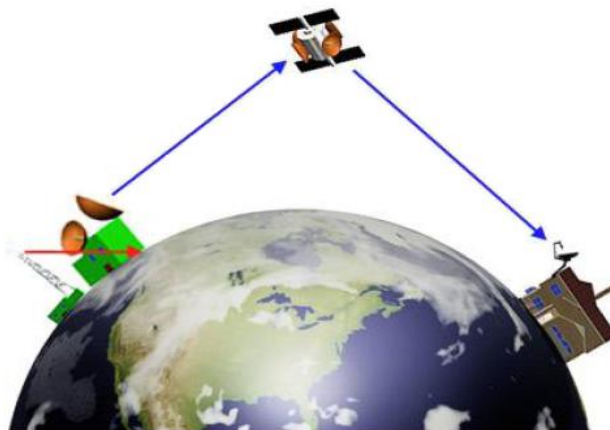


Figura 1.1 – Sistema de televisão via satélite.

O Sistema Geral

Actualmente a grande maioria dos clientes de televisão via satélite obtêm este serviço directamente de um distribuidor de transmissão por satélite, o qual forma pacotes de vários canais com diferentes programações e conteúdos.

Os conteúdos produzidos são enviados para um satélite, propriedade de uma outra empresa, a qual aluga bandas de frequência ao distribuidor, para possibilitar a comunicação. Actualmente a transmissão de informação, de e para o satélite, é realizada no formato digital, utilizando-se tipicamente a banda de frequências Ku (12GHz a 14GHz).

A informação é retransmitida para a Terra, onde os utilizadores a podem captar com antenas e receptores electrónicos próprios para o efeito.

Os Componentes

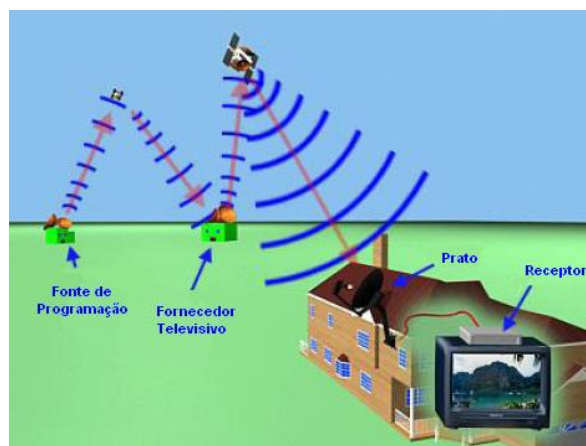


Figura 1.2 – Componentes de um sistema de televisão por satélite.

- **Fontes de Programação:**

Fontes de programação são simplesmente os canais que fornecem programação para posterior transmissão. O fornecedor não manipula a programação desses canais, simplesmente paga a outras empresas o direito de transmitir via satélite os seus conteúdos.

- **Distribuidor Televisivo:**

O distribuidor televisivo é responsável por receber sinais provenientes de diversas fontes de programação, sendo o intermediário entre estas e o cliente. Após reunir diferentes sinais televisivos, processa-os adequadamente e transmite-os para um satélite.

- **Satélite:**

Os satélites apenas são responsáveis por receber os sinais provenientes dos fornecedores televisivos e retransmiti-los, após amplificação, para os utilizadores.

- **Antenas parabólicas:**

O prato dos utilizadores recebe o sinal proveniente do satélite e dirige-o para o receptor localizado na casa do utilizador.

- **Receptor:**

O receptor electrónico processa o sinal de modo a que seja possível visualiza-lo na televisão, no formato por esta utilizado.

Capítulo 2 - Análise do sistema em blocos

Pretende-se ao longo do presente capítulo desenvolver a breve informação apresentada anteriormente acerca de cada um dos componentes que constituem o sistema de distribuição de televisão por satélite.

Efectua-se uma abordagem sistémica ao assunto, levando o leitor a “viajar” com o sinal desde a sua geração até à chegada ao destinatário final.

Assim, começamos por abordar a formação do sinal de televisão por satélite, subdividindo-se este bloco de informação em duas fases que dizem respeito respectivamente às fontes de conteúdo e ao processamento de sinal efectuado ao nível do distribuidor.

Seguimos com um sub-capítulo dedicado aos satélites, seu funcionamento, orbitas e bandas de frequência utilizadas.

Já ao nível do receptor final, demonstram-se as características e princípios subjacentes à utilização de antenas parabólicas e receptores electrónicos no sistema em estudo.

2.1 – Formação do sinal de televisão satélite.

2.1.1 – Fontes de conteúdos

Para que exista televisão via satélite, são necessárias antenas parabólicas e satélites, mas mais importante do que isso, é imperativo que haja um sinal de televisão, ou seja, um canal de televisão que produza um sinal, o qual poderá ser globalmente transmitido.

Fontes de conteúdos são então, esse mesmo sinal de televisão criado por uma estação que pretende divulgar o conteúdo da sua programação para uma determinada parte do globo, ou mesmo todo.

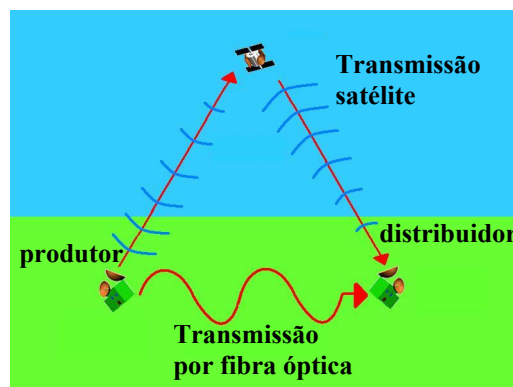


Fig. 2.1 - Formas de transmissão do sinal de televisão, da fonte ao distribuidor.

O processo de criação do sinal prende-se com as gravações de imagem e som efectuadas pelos canais produtores de conteúdos (as verdadeiras fontes). Essa informação é geralmente difundida pelo sistema televisivo comum, ao mesmo tempo que é enviada para o distribuidor de televisão por satélite para ser processada.

Para o caso que importa aqui ser referido, o da transmissão dos conteúdos produzidos para um distribuidor, são normalmente utilizados dois meios distintos. Fontes de conteúdos regionais, localizadas próximas do distribuidor, fazem chegar a este os seus conteúdos por fibra óptica. Produtores internacionais enviam a sua transmissão por satélite, por forma a poder ser globalmente captada por distribuidores a nível mundial.

2.1.2 – Processamento de sinal ao nível do distribuidor.

Conforme foi anteriormente referido, os conteúdos televisivos podem chegar ao distribuidor por duas formas distintas. O objectivo do centro de processamento de dados é parametrizar a informação recebida por forma a que esta respeite um único padrão pré-definido, quer em termos de níveis de áudio-vídeo, quer em termos de codificação digital. Assim, é natural que os sinais recebidos sejam tratados de formas distintas uma vez que chegam em formatos distintos.

No caso da recepção por satélite, chega ao *headend* (designação comum do local onde se efectua o processamento) chega um sinal na banda entre os 900Mhz e os 1800Mhz, codificado e por vezes encriptado (Nagravision, Viaccess, são exemplos de tipos encriptação). Assim, a primeira operação será a descodificação e, se necessário, a desencriptação dos dados recebidos. Tal operação provoca a separação dos sinais de vídeo e áudio, criando assim 2 sinais distintos em banda de base (na prática são 3 sinais uma vez que o sinal áudio é dividido em 2 - canais esquerdo e direito).

Caso o sinal seja recebido via fibra óptica, não é em geral utilizada nenhuma encriptação, já que o canal de comunicação é normalmente privado e incorruptível. Assim, apenas é efectuada uma desmodulação do sinal recebido e respectiva translação para banda de base, efectuando-se mais uma vez separação de vídeo e dos dois canais de áudio.

Continuando a seguir na perspectiva do sinal, este está agora em condições de ser tratado, isto é, é passível de lhe serem aplicados ganhos e correcções caso haja necessidade de tal operação. Na prática o que se faz nas *headends* é, ter uma bancada para o teste e correcção do sinal áudio e outra para o teste e correcção do sinal de vídeo, e proceder a ajustes relativamente a parâmetros de potência previamente estabelecidos.

A ordem seguida pelo processo conduz-nos de seguida à compressão e codificação do sinal ajustado, processos estes efectuados com recurso a *hardware* especializado: codificadores MPEG-2 (Moving Pictures Experts Group). Este formato é também utilizado nos filmes em DVD actualmente no mercado. A compressão e também codificação em MPEG-2 assenta em 4 princípios básicos, que se enunciam de seguida:

Pré-processamento: Nesta fase, o sinal de vídeo é filtrado, sendo-lhe retiradas todas as informações visuais não essenciais cuja dificuldade de codificação não justifica a pequena perda de informação. Como essas mesmas informações não são normalmente perceptíveis ao olho humano, não existe qualquer problema em remove-las, não se perdendo qualidade de forma apreciável.

Predição temporal: Esta forma de compressão, MPEG-2, toma partido de num conjunto de *frames* de uma imagem existirem macro-blocos, definidos como porções da *frame* que se mantêm fixas ao longo do tempo. Codificar consecutivamente os macro-blocos seria redundante. Assim o MPEG-2 opta por deixar de codificá-las, enviando apenas a informação de quais os macro-blocos que se repetem de *frame* para *frame*. O receptor/descodificador deve estar preparado para recolher de um *buffer* de memória a informação dos macro-blocos repetidos, quando essa informação deixar de ser incluída no sinal.

Compensação de movimento: Por vezes as sequências de vídeo estão altamente correlacionadas no tempo, ou seja, uma sequencia num dado período de tempo é similar a frames precedentes e futuras. Analisando a correlação entre frames, o sistema pode evitar a codificação de informação supérflua.

Codificação por quantização: O último dos 4 princípios. Um algoritmo (*Discrete Cosine Transform*) transforma a diferença residual entre frames no domínio espacial para uma série equivalente de coeficientes no domínio da frequência, permitindo assim uma transmissão mais rápida e eficiente. A codificação por quantização consegue comprimir ainda mais esses coeficientes ao arredonda-los ao mesmo valor, dentro de certos limites.

Terminada a compressão e codificação o sinal adquire o formato digital e como tal, caracteriza-se por uma dada taxa de transmissão cujo valor está dependente de diversos factores.

Segue-se a multiplexagem na frequência dos diversos canais previamente codificados. À saída do *multiplexer* o sinal digital tem um limite máximo de taxa de transmissão, 36Mbps, limite esse devido à gama de largura de banda disponível na comunicação com o satélite. Actualmente, o modelo *standard* permite 18 canais multiplexados em simultâneo, muito embora tenham recentemente sido atingidas formas de incluir até 22 canais.

Através de um cálculo simples, verifica-se que temos uma taxa de transmissão disponível de 2Mbps por canal de entrada.

A tabela 1.1 mostra a taxa de transmissão típica de cada canal, classificado por tipo de conteúdo transmitido. Uma vez que para muitos destes canais a taxa de transmissão necessária ultrapassa os 2Mbps disponíveis, verifica-se que não é possível multiplexar tantos sinais simultaneamente, o que seria um paradoxo.

Tabela 2.1 - Taxas de transmissão de determinados tipos de canais

Tipo de canal	Taxa de transmissão
Filmes (Qualidade VHS)	1.152 Mbits/s
Entretenimento	3.456 Mbits/s
Desporto	4.608 Mbits/s
Transmissão em 16:9	5.760 Mbits/s
Televisão de alta definição	14.00 Mbits/s

O segredo está na flexibilidade do MPEG-2, que permite que os sinais tenham taxas de transmissão variáveis ao longo da emissão. Um canal de desporto, por exemplo, quando está a transmitir um jogo de futebol necessita de mais de 4Mbps por forma a que seja perceptível o movimento dos jogadores. No entanto, na mesma altura um canal de informação poderá estar a transmitir um noticiário, caracterizado por imagens estáticas, perfeitamente codificável a taxas inferiores a 1Mbps.

Define-se então uma gama de valores limite(máximo e mínimo) de taxas de transmissão para cada canal, na qual o *multiplexer* exerce o seu controlo sobre o codificador MPEG-2 por forma a garantir que o total dos 18 canais não excede 36Mbps.

Em geral, após este processo de compressão, codificação e multiplexagem segue-se um processo de encriptação, utilizado pelas empresas que transmitem televisão via satélite ou até pelas próprias estações de televisão, por forma a que tenham acesso ao sinal apenas os utilizadores autorizados.

Finalmente, temos um sinal digital praticamente pronto para seguir para uma antena para ser transmitido, faltando apenas fazer chegar este sinal digital de 36Mbps/s, a um modelador para este o transformar num sinal QPSK, norma utilizada para transmitir informação para satélites.

2.2 – Satélites

2.2.1 – Aplicações Gerais dos Satélites

Dependendo da aplicação que se pretende desenvolver com um satélite, é possível elaborar a sua respectiva classificação. Desta forma pode-se considerar que existem os seguintes tipos de satélites:

- Comunicações:
 - Comunicações fixas (FSS, *Fixed Satellite Service*)
 - Difusão (BSS, *Broadcasting Satellite Service*)
 - Comunicações móveis (MSS, *Mobile Satellite Service*)
- Navegação:
 - Posicionamento (GPS, *Global Positioning System*)
- Observação da terra e atmosfera:
 - Meteorologia
 - Detecção remota
- Militares:
 - Espionagem

Em todas estas aplicações os satélites revelam ser bastante importantes, pois a sua grande capacidade de cobertura permite atingir zonas que seriam de mais difícil acesso caso se utilizassem meios terrestres.

2.2.2 – Bandas de Frequência Atribuídas a Sistemas por Satélite

Para realizar comunicação via satélite são utilizados dois tipos de comunicação, o primeiro é relativo à ligação ascendente (*Uplink*), no qual a transmissão é realizada de uma central terrestre para o satélite, e o segundo é relativo à ligação descendente (*Downlink*), no qual ocorre a transmissão do satélite para uma central terrestre.

Normalmente as bandas de frequências utilizadas no percurso descendente são mais baixas que as utilizadas no percurso ascendente. Isto acontece de modo a reduzir possíveis interferências e porque o percurso descendente é considerado mais crítico que o ascendente, devido às limitações de potência do satélite. O facto da banda de frequências do percurso ascendente ser mais elevado também permite maximizar o ganho de recepção, dado que o ruído captado pelo satélite é elevado.

Tabela 2.2 – Bandas de frequência nas comunicações por satélite

Bandas de Frequência				
Serviço	Banda	Frequências	Uplink	Downlink
Fixo	C	6 / 4 GHz	5,925 - 6,425 GHz	3,700 - 4,200 GHz
	Ku	14 / 11 GHz	14,000 - 14,800 GHz	10,700 - 11,700 GHz
	Ka	30 / 20 GHz	27,500 - 31,000 GHz	18,100 - 21,200 GHz
Difusão	Ku	18 / 12 GHz	17,300 - 18,100 GHz	11,700 - 12,500 GHz
Móvel	L	1,6 GHz	Atribuições Diversas	
	S	2,5 GHz		

As bandas de frequência utilizadas em sistemas de comunicação por satélite situam-se nas bandas de UHF (300 MHz - 3 GHz) e SHF (3 GHz - 30 GHz).

2.2.3 – Colocar um Satélite em Órbita

Actualmente, para colocar um satélite em órbita existem essencialmente duas tecnologias. Existem os foguetões do tipo *Ariane*, utilizados pela Europa, e os veículos tripulados do tipo *Space Shuttle*, utilizados pelos Estados Unidos.

Para se realizar o lançamento tem-se essencialmente em consideração a latitude do local de lançamento, pois será este o factor que determina a inclinação da órbita de transferência e consequentemente o gasto de energia na correcção da inclinação.

2.2.4 – Tipos de Órbitas

Consoante a altura a que os satélites se encontram, e dependendo das características da órbita que descrevem, é possível definir diversos tipos de órbitas:

- GEO (*Geosynchronous Earth Orbit*): órbita circular equatorial geossíncrona
 - período de revolução: 23h56 m4,091 s
 - altitude média: 35 786 km
- LEO (*Low Earth Orbit*): órbita circular de baixa altitude
 - altitude típica: 500 - 1 500 km
 - período de revolução 1h 30m - 2h

- MEO (*Medium Earth Orbit*): órbita circular de altitude média
 - altitude típica: 10 400 km
 - período de revolução 6 horas
- HEO (*Highly Elliptical Orbit*): órbita elíptica
 - órbita elíptica inclinada
 - perigeu de baixa altitude

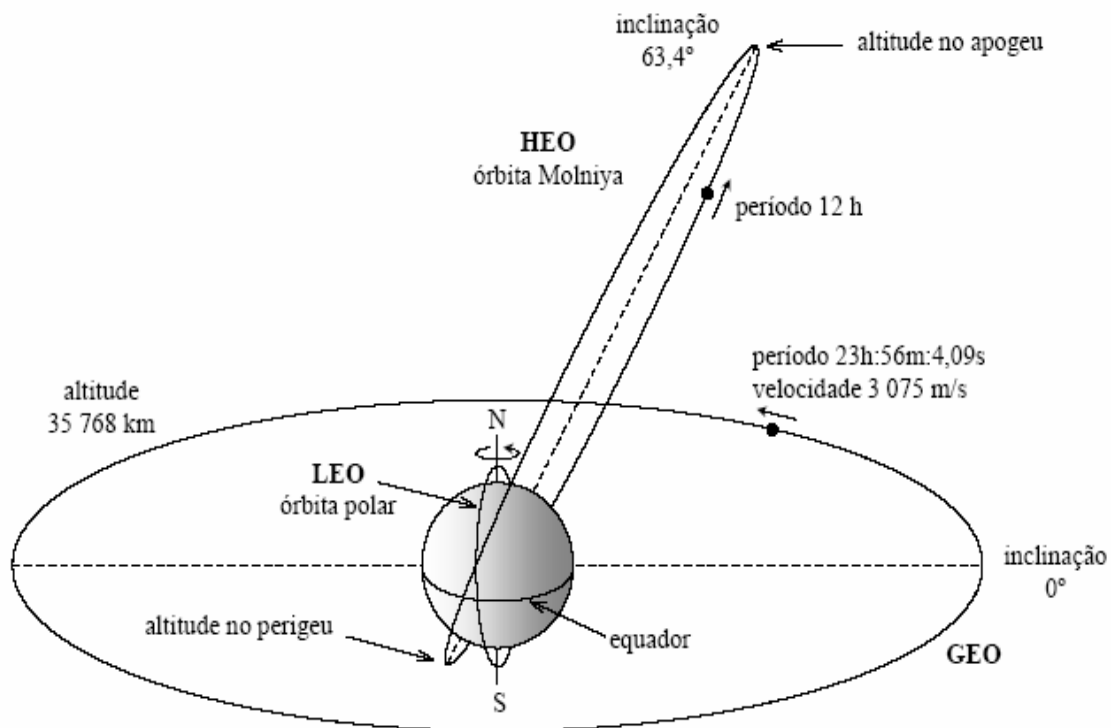


Figura 2.2 - Principais órbitas de satélites

Observando as características de cada tipo de órbita, é possível definir as principais aplicações para um satélite localizado em determinada órbita:

GEO:

- Comunicações fixas
- Difusão
- Meteorologia

LEO:

- Comunicações móveis
- Radioamadorismo
- Observação da Terra e atmosfera

MEO:

- Comunicações móveis
- Navegação

HEO:

- Comunicações fixas

Tabela 2.3 – Comparação entre os vários tipos de órbitas

Comparação entre os tipos de órbita mais importantes				
Características	Tipo de órbita			
	GEO	LEO	MEO	HEO
cobertura terrestre assegurada por cada satélite	1/2 - 1/3 da Terra pólos não cobertos	global	global	1/2 - 1/3 da Terra
tempo útil de passagem de cada satélite	ilimitado	10 - 15 min	2 horas	8 horas
necessidade de constelação para cobertura local permanente	não	? 48 satélites	? 10 satélites	3 satélites
perdas em espaço livre (distância terra-satélite)	elevadas	reduzidas	médias	elevadas
atraso propagação (ida e retorno)	250 ms	5 - 7 ms (750 km) 10-25 ms (1 500 km)	70 - 100 ms	150-300 ms
efeito Doppler (velocidade radial)	muito reduzido	médio	médio	elevado
elevação do satélite no ponto de recepção	grande junto do equador	variável com passagem do satélite	variável com passagem do satélite	grande em latitudes intermédias
seguimento do satélite	geralmente não necessário	indispensável, excepto com antenas de feixe largo	indispensável, excepto com antenas de feixe largo	necessário, mas pouco complexo

2.2.5 – Técnicas de Acesso Múltiplo

Existem três técnicas para que diversas estações possam comunicar simultaneamente com o mesmo satélite:

- **Acesso Múltiplo por Divisão na Frequência (FDMA)**
Neste tipo de acesso, é possível que todas as estações usem o satélite simultaneamente, mas cada uma utiliza uma banda de frequências diferente. Este tipo de acesso é normalmente utilizado em transmissão analógica.
- **Acesso Múltiplo por Divisão no Tempo (TDMA)**
Neste tipo de acesso apenas é permitido às estações transmitir uma de cada vez numa dada gama de frequência, utilizando os “*slots*” temporais que lhe foram atribuídos. Este tipo de acesso é normalmente utilizado em transmissão digital.
- **Acesso Múltiplo por Divisão no Código (CDMA)**
Neste tipo de acesso, é possível que varias estações transmitam simultaneamente na mesma frequência sinais dispersos pelo espectro, codificando os sinais ortogonalmente. Para se recuperar um dado sinal é necessário ter conhecimento do código que foi utilizado para dispersar o sinal no espectro.

2.3 – Antenas Parabólicas

2.3.1 Constituição das antenas parabólicas.

As antenas parabólicas são o dispositivo destinado a lidar directamente com a radiação electromagnética em utilização pelo sistema. Consoante um determinado conjunto de factores, estas podem estar a funcionar como emissoras ou receptoras, mas não é comum que ambas as funções sejam efectuadas pela mesma antena, simultaneamente. A figura abaixo proporciona uma melhor compreensão da estrutura e componentes da antena parabólica.

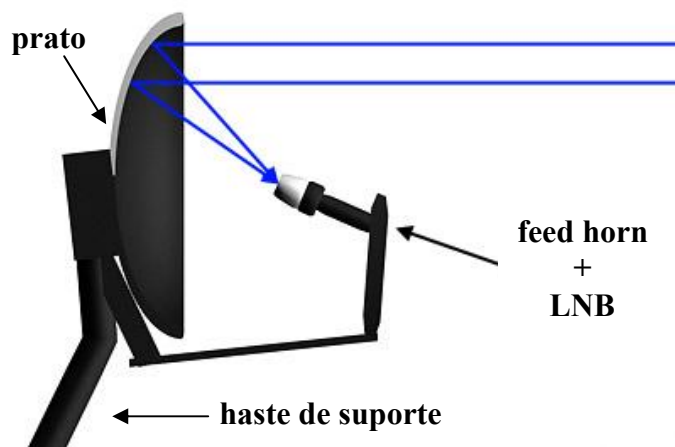


Figura 2.3 – Estrutura de uma antena parabólica.

O prato

O prato é um componente passivo do sistema, simplesmente destinado a reflectir as ondas que nele incidem. Para que essa reflexão se faça de forma eficiente, a forma e constituição do prato obedecem a determinados parâmetros.

A forma do prato é a de uma parábola tridimensional. As propriedades da curva parabólica permitem reflectir maior potência de radiação para um ponto comum (o «feed horn») do que qualquer outro tipo de curva conhecida, daí que seja a mais utilizada.

Tipicamente, para que a reflexão seja possível, o prato tem uma camada metálica incrustada no plástico exterior. Os materiais mais vulgares são o aço e o alumínio, e ditam geralmente o preço da antena, consoante o seu tamanho.

De salientar que existem antenas cujo prato é constituído por várias pétalas que são juntas no local de montagem. Neste tipo de pratos, cuidados reforçados são necessários para garantir que a superfície total fica realmente parabólica no final.

O «feed-horn»

O «feed horn», para o qual desconhecemos termo apropriado em português, é o dispositivo destinado a capturar o sinal electromagnético, funcionando assim como a verdadeira antena do sistema. A utilização do «feed-horn» possibilita essencialmente o cumprimento de dois requisitos:

- 1) A sua forma e constituição permitem “agrupar” a radiação reflectida pelo prato, num feixe mais condensado, conferindo assim maior potência ao sinal recebido.
- 2) Formar um primeiro nível de filtragem de ruído, contribuindo para uma melhoria da relação sinal-ruído logo desde a entrada do sinal no sistema.

À saída do «feed horn» o sinal é passado para um pequeno guia de ondas metálico, que o transmite para o LNB.

O LNB

O LNB - Low Noise Block-downconverter (conversor-abaixador de banda de frequência, de baixo ruído), é o principal componente electrónico desta fase do sistema. O seu nome deve-se ao facto de que converte uma banda contínua de alta frequência, para uma banda de frequências mais baixa, passível de ser transportada por cabo coaxial.

O LNB utiliza um Oscilador local de alta frequência, tipicamente à volta dos 10GHz mas que varia consoante a banda que se pretende captar. Ao pretender receber um sinal na banda Ku nas frequências 10.7GHz a 11.7GHz por exemplo, o oscilador local é colocado a funcionar a 9.75GHz sendo este valor subtraído à banda recebida. Obtém-se assim um sinal de saída na banda 950 a 1950MHz.

O LNB efectua depois uma filtragem de todo o espectro exterior à banda desejada, e proporciona ao sistema um primeiro estágio de amplificação de baixo ruído do sinal recebido. A amplificação de baixo ruído é crucial, uma vez que nesta fase o ruído do sistema é da ordem de grandeza do sinal captado. Os LNB's actuais utilizam Arseneto de Gálio (GaAs) e tecnologia HEMT (High Electron Mobility Transistor) para possibilitar elevada amplificação com o mínimo ruído.

È ainda possível comandar o LNB para captar uma determinada banda de frequências em polarização horizontal ou vertical. Este comando é efectuado pelo receptor, mediante o envio de um valor de tensão específico para o LNB, 13V ou 17V tensão dc.

2.3.2 Posicionamento das antenas parabólicas.

Tal como foi inicialmente referido, o funcionamento deste tipo de sistemas envolve linha de vista directa entre emissores e receptores. Este é, naturalmente, o facto que motiva a colocação de antenas parabólicas em zonas exteriores de edificios, geralmente elevadas em relação à área circundante - tipicamente telhados de edificios, chaminés ou torres próprias para o efeito.

A orientação da antena é no entanto um aspecto mais preocupante. Ao passo que a sua colocação em locais altos e de linha de vista desimpedida é relativamente óbvia, a região do espaço para a qual uma determinada antena deve ser direccionada por forma a receber informação específica é uma matéria digna de atenção. A figura que se segue procura ilustrar os dois graus de liberdade de uma antena parabólica.



Ângulo de fogo – inclinação relativamente ao nível horizontal.

Azimute – rotação no plano horizontal, relativamente a uma direcção de referência.

Figura 2.4 – Graus de liberdade de uma antena parabólica.

A posição de um satélite em relação à Terra é descrita pela sua altitude e longitude. Com base nestes dados, é possível determinar o ângulo de fogo (dependente da elevação e da diferença entre a longitude do satélite e do local de instalação da antena) e o azimute (que depende da longitude do local de instalação), que a antena deve respeitar.

Uma vez que para satélites geostacionários a altitude é fixa, é a diferença entre longitudes que determina a inclinação. A figura 2.3 pretende clarificar estes conceitos.

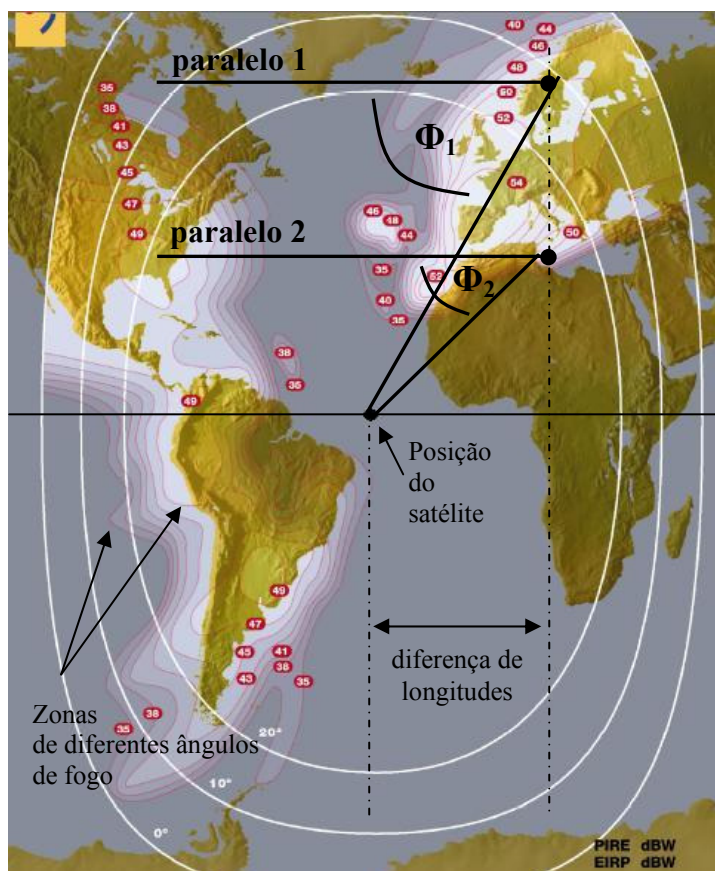


Figura 2.5 – Cobertura do satélite Hispasat 1C.

Zonas de maior longitude em relação ao satélite são zonas de maior inclinação da antena e vice-versa. Estas zonas distinguem-se na figura pelas circunferências brancas.

Zonas mais próximas dos pólos necessitam de um maior azimute em relação ao paralelo do local da antena ($\Phi_1 > \Phi_2$).

2.4 – Receptores de sinal

2.4.1 Funcionalidades e objectivos.

Todos os sistemas de televisão por satélite terminam num receptor. Existem diversos tipos deste equipamento, com funcionalidades e aplicações diversas, mas a principal distinção a fazer é entre sistemas analógicos e digitais. Pela distinção efectuada é óbvio compreender que receptores analógicos são capazes de efectuar somente desmodulação analógica, e receptores puramente digitais apenas conseguem desmodular transmissões digitais. Existem no entanto receptores simultaneamente analógicos e digitais, capazes de lidar com os dois tipos de sinais. Deve ser feita também uma distinção entre receptores e receptores/desencriptadores (*IRD - integrated receiver/descrambler*). Os primeiros simplesmente desmodulam o sinal recebido, ao passo que os sistemas receptor/ desencriptador incluem capacidade para recuperar sinais encriptados, quer os analógicos, quer os digitais.



Figura 2.6 – Receptor.

Assim, as funcionalidades dos receptores concentram-se em:

- Recepção electrónica do sinal – desmodulação.
- Separação (desmultiplexagem) do tipo de informação contida no sinal (bandas de áudio/vídeo e sinais de controlo) e respectivo encaminhamento.
- Descriptação dos conteúdos permitidos (nos *IRD*'s).
- Descodificação de todo o conteúdo recebido (descompressão).
- Adaptação dos sinais à representação no formato de televisão local.

A descrição mais detalhada de cada funcionalidade é feita seguidamente, na secção 2.4.2, e acompanhada da descrição por blocos de um sistema receptor.

2.4.2 Descrição por blocos operacionais.

Nesta secção procura-se ilustrar de uma forma superficial os blocos electrónicos constituintes de um sistema receptor de sinais de televisão por satélite. A exemplificação é feita para um sistema *IRD*, uma vez que é mais completo, possibilitando assim a explicação que também abrange os sistemas receptores puros.

I. Bloco de recepção

Nesta primeira fase, o sinal é recebido electronicamente, passando por filtros passa banda sintonizados para o canal pretendido, amplificadores de baixo ruído e desmoduladores próprios para o tipo de sinal que se pretende receber.

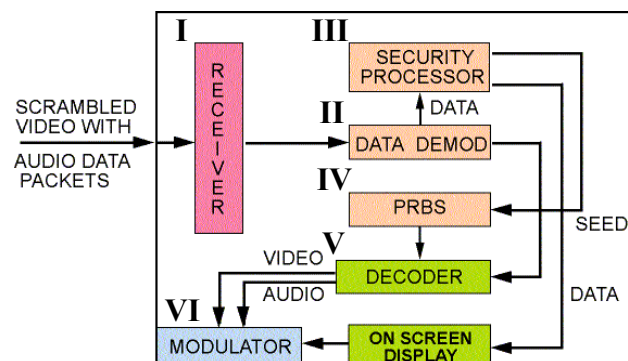


Figura 2.7 – Esquema de blocos.

II. Bloco de desmultiplexagem

Este subsistema destina-se a separar as componentes dos sinais desmodulados (sinais de vídeo/áudio e controlo) e a enviá-los para o bloco respectivo.

III. Bloco de segurança

Este bloco consiste num processador de segurança, ao qual são entregues os sinais de controlo do sistema, e que vai efectuar o processamento necessário, afim de determinar quais os conjuntos de serviços (tipicamente um pacote de canais) a que o acesso está autorizado.

IV. Módulo de permissão de acesso

Esta secção recebe do processador de segurança a informação dos canais cuja visualização é permitida. Nesta secção está o *CAM – Conditional Access Module*, que é um dispositivo destinado a trocar informação com um cartão electrónico (*smart card*) que o utilizador coloca no receptor. Este cartão tem um formato único para cada distribuidor de serviços de televisão por satélite e inclui chaves próprias e algoritmos de descriptação exclusivos. Sistemas de encriptação comuns são, por exemplo, *Nagravision*, *SmartCrypt*, *Syster*, ou *VideoCrypt*. O cartão é personalizado ao nível do utilizador, com a atribuição de um número de identificação específico. Quando o processador de segurança recebe sinais do operador a atribuir autorização ao cartão respectivo para desbloqueio de determinados canais, o cartão e o *CAM* trocam a informação necessária de forma a descriptar o sinal.

V. Bloco descodificador

Este bloco não deve ser confundido com o anterior, apesar do nome assim o sugerir. Descodificação, nestes sistemas digitais, refere-se ao processo de recuperar um sinal codificado com técnicas de compressão (tipicamente MPEG-2) utilizadas para maximizar o número de canais possíveis de transmitir numa largura de banda limitada. A descodificação não emprega algoritmos ou chaves secretas, nem necessita de identificação/autorização prévia. É simplesmente necessário que o equipamento tenha o *hardware/software* necessário para descomprimir a *stream* de dados que recebe.

VI. Bloco modulador

Esta última secção do receptor é a *interface* com o sistema de televisão local, e visa adaptar a informação de áudio e vídeo ao formato próprio de exibição do sistema televisivo a ser utilizado (*PAL*, *NTSC*, *SECAM*, etc.).

2.4.3 Adaptação aos sistemas televisivos locais.

A diversidade de sistemas de difusão de sinais televisivos, bem como de interfaces possíveis, justifica plenamente que aqui se aborde o tema em mais pormenor.

Se bem que ainda actualmente o sistema mais utilizado seja o da modulação da informação para as bandas típicas de difusão analógica (VHF/UHF) e o respectivo envio por cabo coaxial para a entrada de antena do receptor de televisão local, outros formatos começam a conquistar espaço próprio.

Nos últimos anos tem-se assistido à expansão do novo tipo de *interface* a ligação *SCART*, que não requer modulação para bandas de alta frequência, uma vez que efectua transmissão digital em banda de base.

Também conexões como a *S-Video* ou o chamado Vídeo por componentes, começam a crescer, impulsionados pelos sistemas de cinema em casa.

De referir também que, para além de ser responsável pelo *interface* de *hardware* com a televisão, o receptor satélite é também responsável pelo envio de sinais compatíveis com as normas locais, *PAL*, *SECAM* ou *NTSC*, no caso da transmissão em VHF/UHF.

Capítulo 3 A Norma Internacional DVB-S

3.1 Introdução.

O Sistema DVB-S, *Digital Video Broadcasting – Satellite*, estipula as normas pelas quais se regem os sistemas de distribuição de televisão digital por satélite.

Ao invés do que acontece com a grande maioria dos sistemas tecnológicos existentes, a norma DVB-S é mundialmente utilizada neste campo das telecomunicações. O facto de se tratar de um desenvolvimento recente (entrou em vigor em finais da década de 1990), aliado ao seu indiscutível carácter globalizante, terão certamente contribuído para esta unificação.

A norma define um conjunto de equipamentos e modos de utilização dos mesmos, por forma a possibilitar a comunicação global. Esses parâmetros característicos serão mais detalhadamente descritos na secção seguinte deste capítulo.

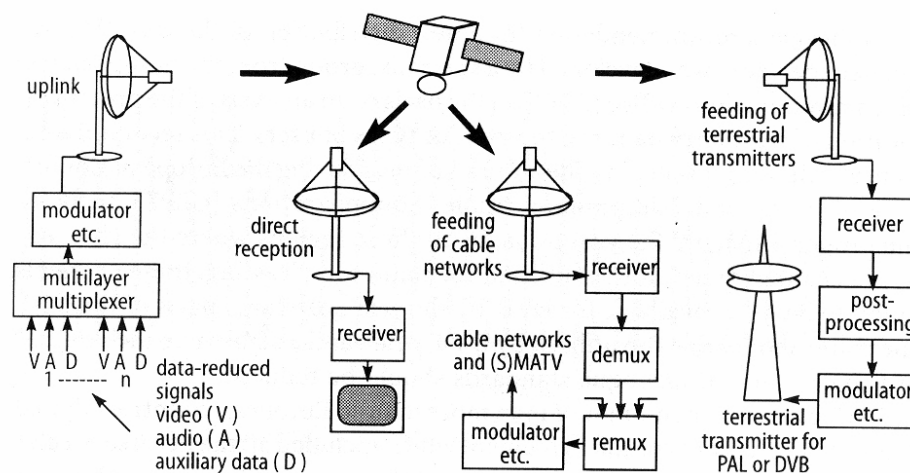


Figura 3.1 – Esquema geral da distribuição com DVB-S.

3.2 Composição do sistema DVB-S.

A norma DVB-S cobre o funcionamento dos transpositores (*transponders*) que trabalham com larguras de banda entre 26 MHz e 72 MHz. A base de transmissão é uma única portadora que permite a modulação de vários canais de vídeo e áudio multiplexados no tempo.

O sistema DVB-S é uma arquitectura em camadas, sendo a camada de nível mais elevado o fluxo de *bits* correspondente aos dados a ser enviados (vídeo, áudio e dados de sincronização para o decodificador) que para o efeito são agrupados em pacotes de 188 *bytes*, já depois de a informação ter sido comprimida pelo codificador MPEG-2.

O sistema especifica também as taxas de compressão/transmissão possíveis para o codificador MPEG-2 operar, que variam tipicamente entre 1Mbps e 5Mbps por canal, com possibilidade de serem automaticamente ajustadas aos conteúdos transmitidos, e poderem ser alteradas sem interrupção da transmissão.

Na camada seguinte são adicionados 12% de bits de redundância no primeiro estágio de *forward error correction*, o código de *Reed-Solomon*, após o que é aplicado ao fluxo de dados um processo de reordenação de bits destinado a reduzir o impacto de rajadas de erros causadas por interferências ou fenómenos de *fading*. Este processo é em inglês designado de *convolutional interleaving*.

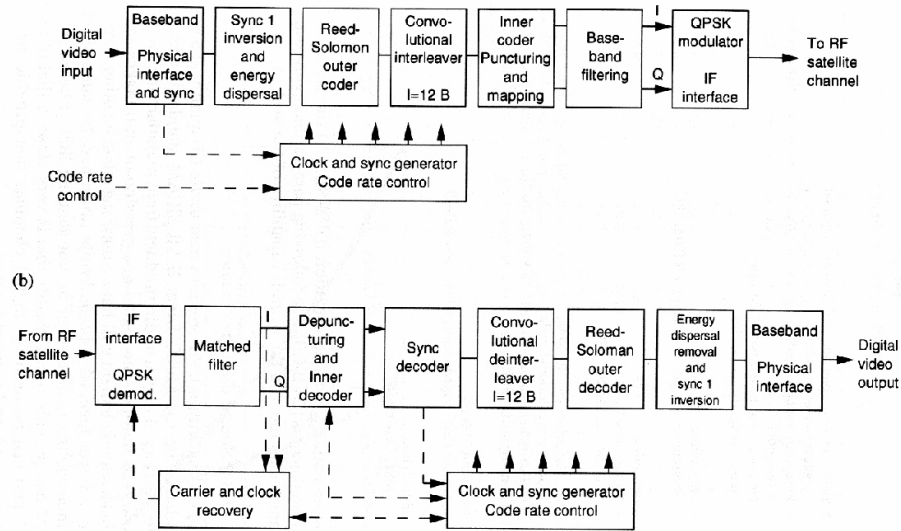


Figura 3.2 – Esquema ilustrativo do sistema DVB-S.

O passo seguinte é a aplicação de um código convolucional interior que acrescenta *bits* extra. A quantidade de bits adicionados nesta fase especifica a taxa de codificação do sistema, R , que pode tomar os valores $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$, e $7/8$. Esta taxa pode ser dinamicamente ajustada consoante a variação das condições da ligação (chuva, potências de emissão/recepção, etc.) por forma a garantir uma probabilidade de erro de bit $BER = 2 \times 10^{-4}$, que possibilite manter o sistema operacional em 99.7%, 99.9% ou 99.99% do tempo (critérios tipicamente utilizados).

A última etapa do sistema corresponde à camada física de modulação. A técnica utilizada é a modulação digital QPSK. Esta técnica possibilita a transmissão de dois *bits* por símbolo, duplicando a eficiência espectral.

A sequência de dados é dividida em parte real e parte imaginária por meio de demultiplexagem, conforme ilustra a figura 3.3. Cada uma destas sequências é multiplicada pela portadora respectiva, estando estas desfasadas de 90° entre si. As duas sequências resultantes são somadas, produzindo o sinal modulado. O processo completo é executado pelo modulador de QPSK cujo esquema genérico consta da figura 3.4, bem como os gráficos temporais das formas de onda ilustrativas.

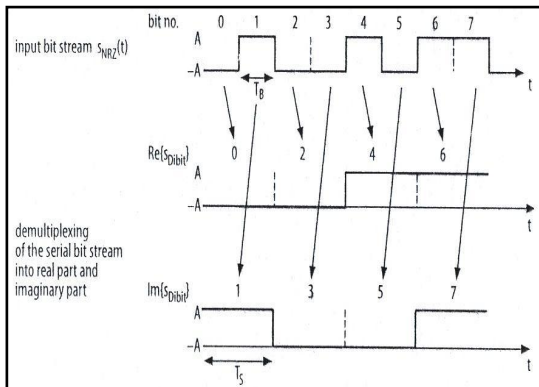


Figura 3.3 - Demultiplexagem

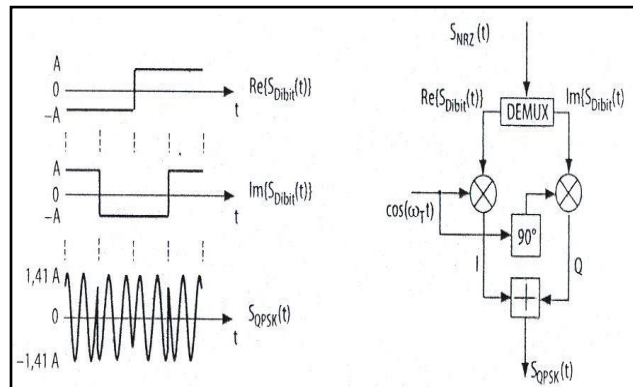


Figura 3.4 – Modulador de QPSK

Capítulo 4 A Televisão Via Satélite - Conclusões e previsões futuras

Tal como em todos os restantes ramos das Telecomunicações bem como da Engenharia Electrotécnica em geral, a constante evolução tecnológica dos materiais e técnicas de fabrico têm vindo a ditar a possibilidade física de construir equipamentos cada vez mais rápidos, versáteis e diminutos.

Este factor tecnológico é, aliado ao espírito inventivo humano, o grande propulsor do desenvolvimento.

No campo da televisão via satélite têm-se assistido ao longo das últimas décadas a inovações tremendas quer ao nível técnico, quer ao nível de conteúdos e tipos de serviços disponibilizados. Senão vejamos:

- No início da década de 60 os satélites de comunicações típicos tinham tempos de vida de cerca de ano e meio, pesos da ordem das dezenas de kg, potências de dezenas de Watts e capacidade para cerca de 200 canais telefónicos ou 2 canais de Tv.
- No virar do milénio os satélites lançados estão já com tempos de vida previstos para 10-15 anos, pesando duas toneladas, com potências instaladas da casa dos 10kW e capacidade para milhares de canais telefónicos e centenas de canais de televisão.
- Só no período de 1980 a 2000 foram lançados com sucesso cerca de 2490 satélites, estando actualmente em funcionamento aproximadamente 600.
- O sistema de comunicações por satélite evoluiu desde as chamadas telefónicas básicas no início, começando a prestar serviços de observação meteorológica (1959) e de difusão de Tv (1962), passando para a recepção individual de televisão (satélite ATS 6 – 1974) e estando actualmente a desenvolver serviços de localização (GPS), comunicações telefónicas móveis pessoais, observação terrestre e espionagem militar.

A previsão mais natural é a de que este tipo de evolução tenderá a continuar.

Em termos tecnológicos teremos cada vez satélites mais pesados, mais potentes e com processamento de sinal mais rápido (maiores larguras de banda), já que cada vez mais será comercialmente e tecnologicamente viável a produção de circuitos com integração de alta densidade (assim a *Lei de Moore* se continue a verificar).

Sendo um dos componentes fundamentais da norma DVB-S o processo de codificação/compressão de sinal, e estando esta área num crescente de evolução, é também natural a evolução ao nível de conteúdos e serviços. A norma actualmente em uso, MPEG-2, foi criada com o propósito de obter forte compressão do sinal e possibilitar o tratamento de um maior número de canais, dentro de uma banda limitada. Na tentativa de aumentar a compressão foi na década de 90 desenvolvida a norma MPEG-4. No entanto, ao utilizar uma estratégia de compressão por análise semântica dos objectos que constituem a imagem, abriu-se caminho à interactividade do utilizador com os conteúdos visionados. Actualmente está disponível a norma MPEG-4 AVC, que possibilita a mesma interactividade conseguindo ganhos de compressão significativos face à anterior.

As previsões ao nível de serviços apontam para uma estagnação do desenvolvimento de normas codificadoras, dado que as actuais apresentam elevados padrões de funcionalidade.

É no entanto previsível um elevado desenvolvimento dos conteúdos disponíveis para estas novas técnicas durante as próximas décadas, dada a maior receptividade das gerações actuais para os conteúdos interactivos, serviços estes que permitirão num futuro não muito distante a verificação do utópico desejo, “*anytime, anywhere*”.

Bibliografia

- [1] Elbert, B. R., The Satellite Communication Applications Handbook, Artech House, 1997.
- [2] Reimers, U., Digital Video Broadcasting – The International Standard for Digital Television, Springer, 2001.
- [3] Pickering, M. T., Understanding Sky Digital Satellite TV, T/A Satcure, 2001.
<http://www.netcentral.co.uk/satcure/coolbooks/>
- [4] <http://www.howstuffworks.com/satellite.htm>
- [5] <http://www.howstuffworks.com/satellite-tv.htm>
- [6] <http://www.satcure.com/tech/lnb.htm>
- [7] <http://www.hispasat.com>
- [8] <http://www.satellitetvmania.com/briefhistory.htm>
- [9] <http://bmrc.berkeley.edu/research/mpeg/mpeg2faq.html>
- [10] <http://www.mlesat.com/Article7.html>
- [11] <http://www.faqs.org/faqs/compression-faq/part2/section-2.html>
- [12] <http://www.mpeg.org/MPEG/starting-points.html>
- [13] <http://www.tutorialsworld.com/satcom/link-power-budget/link-power-budget-index.htm>
- [14] <http://www.mlesat.com/Article1.html>
- [15] <http://www.mlesat.com/Article13.html>
- [16] <http://www.mlesat.com/encryption.html>