

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
15601

Primeira edição
30.11.2007

Válida a partir de
01.12.2007

Televisão digital terrestre — Sistema de transmissão

Digital terrestrial television – Transmission system

Palavras-chave: Televisão digital terrestre. Transmissão. Modulação. Codificação de canal. OFDM.

Descriptors: Digital terrestrial television. Transmission. Modulation. Channel coding. OFDM.

ICS 33.160.01



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 15601:2007
58 páginas

© ABNT 2007

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito pela ABNT.

Sede da ABNT
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
20031-901 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 2220-1762
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

Impresso no Brasil

Sumário

Página

Prefácio.....	v
1 Escopo.....	1
2 Referências normativas.....	1
3 Termos e definições.....	1
4 Abreviaturas.....	4
5 Descrição do sistema.....	4
5.1 Visão geral.....	4
5.2 Transmissão hierárquica.....	5
5.3 Recepção parcial.....	5
5.4 Modos.....	5
6 Esquema de codificação de canal.....	6
6.1 Parâmetros principais.....	6
6.2 Configuração básica da codificação de canal.....	12
6.3 Remultiplexação de TS.....	13
6.3.1 Configuração do quadro de múltiplos.....	13
6.3.2 Modelo de receptor para referência de quadro multiplex.....	15
6.4 Codificação externa (<i>outer code</i>).....	17
6.5 Divisão do TS em camada hierárquica.....	17
6.6 Dispersão de energia.....	18
6.7 Ajuste de atraso.....	18
6.8 <i>Byte interleaving</i>	19
6.9 Codificação interna (<i>inner code</i>).....	20
6.10 Modulação da portadora.....	21
6.10.1 Configuração da modulação da portadora.....	21
6.10.2 Ajuste de atraso.....	21
6.10.3 <i>Bit interleaving e mapping</i>	22
6.10.4 Normalização do nível de modulação.....	25
6.10.5 Configuração do segmento de dados.....	25
6.11 Combinação de camadas hierárquicas.....	27
6.12 <i>Time interleaving e frequency interleaving</i>	28
6.12.1 <i>Time interleaving</i>	28
6.12.2 Entrelaçamento em frequência.....	30
6.13 Estrutura de quadro.....	36
6.13.1 Condições para configuração dos segmentos OFDM.....	36
6.13.2 Configuração do segmento OFDM para modulação diferencial.....	36
6.13.3 Configuração do segmento OFDM para modulação síncrona.....	40
6.14 Sinal-piloto.....	42
6.14.1 Piloto espalhado (SP - <i>scattered pilot</i>).....	42
6.14.2 Piloto contínuo (CP).....	43
6.14.3 TMCC.....	43
6.14.4 AC.....	43
6.15 Configuração do espectro de transmissão.....	44
6.15.1 Localização dos segmentos dentro do espectro de 6 MHz.....	44
6.15.2 Formato do sinal de RF.....	45
6.15.3 Inserção de intervalo de guarda.....	45
6.16 Sinal TMCC – Esquema de codificação e sistema de transmissão.....	46
6.16.1 Visão geral.....	46
6.16.2 Atribuição dos bits da portadora TMCC.....	46
6.16.3 Referências para demodulação diferencial.....	46
6.16.4 Sinal de sincronização.....	46

ABNT NBR 15601:2007

6.16.5	Identificação do tipo de segmento	47
6.16.6	Informação do sinal TMCC	47
7	Requisitos de utilização de frequência	52
7.1	Largura de banda de frequência	52
7.2	Estabilidade de frequência e desvio de frequência de transmissão permissível	52
7.3	Off-set de frequência das portadoras OFDM	53
7.4	Frequência de amostragem de IFFT e desvio permissível.....	55
7.5	Máscara do espectro de transmissão	55
7.5.1	Característica da máscara do espectro de transmissão	55
7.5.2	Critérios para aplicação das máscaras	56
7.6	Intensidade da emissão espúria permissível	57
	Bibliografia	58

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretivas ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 15601 foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial Temporária de Televisão Digital (ABNT/CEET-00:001.85). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 07, de 21.06.2007 a 20.07.2007, com o número de Projeto 00:001.85-001.

Esta Norma é baseada nos trabalhos do Fórum do Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre, conforme estabelecido no Decreto Presidencial nº 5.820, de 29.06.2006.

Televisão digital terrestre — Sistema de transmissão

1 Escopo

Esta Norma especifica o sistema de transmissão do sistema brasileiro de televisão digital terrestre (SBTVD), compreendendo o sistema de codificação de canal e modulação, e descrevendo o processamento de sinal no modulador e os processos de demodulação na recepção.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ARIB STD-B31:2005, *Transmission system for digital terrestrial television broadcasting*

ITU Recommendation BT.1306:2006, *Error correction, data framing, modulation and emission methods for digital terrestrial television broadcasting*

3 Termos e definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

domínio de espúrios

range de frequências além das emissões fora da banda, no qual os sinais espúrios geralmente predominam

3.2

domínio fora da banda

range de frequências imediatamente fora da banda necessária, excluindo o domínio de espúrios, no qual as emissões fora da banda geralmente predominam

NOTA No caso da radiodifusão terrestre digital, o domínio das emissões fora da banda está entre ± 15 MHz do centro da banda necessária (o limite de frequência entre a região fora da banda e a região de espúrios está incluído no domínio dos espúrios).

3.3

emissão espúria

emissão em uma frequência ou range de frequências imediatamente fora da banda necessária para a transmissão do sinal e cujo nível pode ser reduzido sem afetar a transformação a ser transmitida

NOTA As emissões espúrias incluem emissões harmônicas, emissões parasitas, produtos de intermodulação e produtos de conversão de frequência, mas excluem as emissões fora da banda.

3.4

emissão fora da banda

emissão em uma frequência ou range de frequências imediatamente fora da banda necessária, que é resultante do processo de modulação do sinal, excluindo as emissões espúrias

3.5

informação adicional

informação que não faz parte do conteúdo da radiodifusão e que é transmitida usando parte da portadora de controle de informação

3.6

informação de camada hierárquica

informação dos parâmetros de codificação para cada camada na transmissão hierárquica

3.7

informação de controle

informação que não pertence ao fluxo de transporte MPEG e que auxilia o receptor na operação de demodulação e decodificação

3.8

largura de banda da frequência do canal

largura de banda de frequência de 6 MHz

3.9

modo

identificação do modo de transmissão baseado no espaçamento das frequências das portadoras OFDM

3.10

número do segmento

número usado para identificar os 13 segmentos e seus correspondentes dados de segmento

3.11

profundidade do código

número de elementos de atraso do código convolucional mais um

3.12

quadro multiplex

quadro com a finalidade de processamento de sinal usado para remultiplexar MPEG-2 TS para criar um único TS

NOTA O quadro multiplex é idêntico a um quadro OFDM em termos de duração.

3.13

quadro OFDM

quadro de transmissão consistindo em 204 símbolos OFDM

3.14

receptor *full-seg*

dispositivo capaz de decodificar informações de áudio, vídeo, dados etc., contidas na camada do *transport stream* de 13 segmentos destinada ao serviço fixo (*indoor*) e móvel

NOTA A classificação *full-seg* é aplicada aos conversores digitais, também conhecidos por *settop box*, e aos receptores de 13 segmentos integrados com tela de exibição, mas não exclusivos a estes. Este tipo de receptor é capaz de receber e decodificar sinais de televisão digital terrestre de alta definição e, a critério do fabricante, também receber e decodificar informações transportadas na camada "A" do *transport stream*, aplicada para os serviços direcionados aos receptores portáteis, definidos como *one-seg*.

3.15**receptor modelo**

receptor virtual usado para arranjo da transmissão TSP no quadro multiplex

3.16**receptor *one-seg***

dispositivo que decodifica exclusivamente informações de áudio, vídeo, dados etc., contidas na camada "A" locada no segmento central dos treze segmentos

NOTA A classificação *one-seg* é destinada aos receptores do tipo portátil, também conhecidos por "*handheld*", especialmente recomendados para telas de exibição de dimensões reduzidas, normalmente até 7 polegadas. Entre os produtos classificados como *one-seg*, estão os receptores integrados com telefone celular, PDA, *dongle* e televisores portáteis, os quais são energizados por uma bateria interna e, portanto, sem necessariamente demandar uma fonte externa de energia, bem como aqueles destinados a veículos automóveis. Este tipo de receptor é capaz de receber e decodificar apenas sinais de televisão digital terrestre transportados na camada "A" do *transport stream* e, conseqüentemente apenas sinais de perfil básico, destinados aos dispositivos portáteis de recepção.

3.17**recepção parcial**

recepção de somente um segmento OFDM localizado no centro do grupo de segmentos

3.18**segmento de dados**

grupo de dados que corresponde à portadora efetiva

NOTA O segmento de dados é um bloco elementar para codificação de canal.

3.19**segmento OFDM**

banda base, 1/14 da largura de canal de televisão, para transmissão de sinal, gerado adicionando portadoras de sinal de controle à portadora de dados ou sinal processado para formar um quadro

3.20**símbolo de portadora**

símbolo para portadora OFDM

3.21**símbolo OFDM**

símbolo de transmissão para um sinal OFDM

3.22**transmissão hierárquica**

transmissão simultânea de múltiplos segmentos OFDM que são codificados diferentemente

3.23**TSP de transmissão**

pacote de 204 bytes formado adicionando 16 bytes de paridade aos 188 bytes do MPEG TSP

4 Abreviaturas

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes abreviaturas:

AC	<i>Auxiliary Channel</i>
BPSK	<i>Binary Phase Shift Keying</i>
C/N	<i>Carrier to Noise Ratio</i>
CP	<i>Continual Pilot</i>
DBPSK	<i>Differential Binary Phase Shift Keying</i>
DQPSK	<i>Differential Quadrature Phase Shift Keying</i>
FFT	<i>Fast Fourier Transformer</i>
IFFT	<i>Inverse Fast Fourier Transform</i>
MPEG	<i>Moving Picture Experts Group</i>
OCT	<i>Octal Notation</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
PRBS	<i>Pseudo Random Binary Sequence</i>
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
RF	<i>Radio Frequency</i>
RS	<i>Reed Solomon</i>
SFN	<i>Single Frequency Network</i>
SP	<i>Scattered Pilot</i>
TMCC	<i>Transmission and Multiplexing Configuration Control</i>
TS	<i>Transport Stream</i>
TSP	<i>Transport Stream Packet</i>

5 Descrição do sistema

5.1 Visão geral

Na transmissão, uma ou mais entradas contendo feixe de dados TS, definidas no sistema MPEG-2, devem obrigatoriamente ser remultiplexadas para criar um único TS. Esse TS deve obrigatoriamente ser submetido ao estágio de codificação de canal múltiplo, de acordo com a intenção de serviço, e deve obrigatoriamente ser então enviado como um sinal OFDM comum (ver Figura 1).

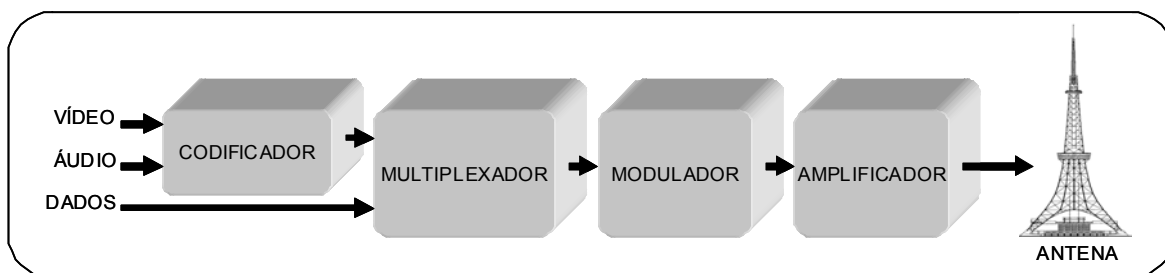


Figura 1 — Visão geral do sistema de transmissão

A transmissão digital terrestre deve obrigatoriamente utilizar o *time interleaving* para prover uma codificação com a menor taxa de erros para recepção móvel, nas quais são inevitáveis as variações de intensidade de campo. O espectro da radiodifusão de televisão digital deve obrigatoriamente consistir em 13 blocos OFDM sucessivos, com cada segmento ocupando 1/14 da largura de canal de televisão.

Um segmento OFDM deve obrigatoriamente ter uma configuração que permita a conexão de múltiplos segmentos para prover uma largura de transmissão que atenda à necessidade da mídia.

5.2 Transmissão hierárquica

A codificação de canal deve obrigatoriamente ser conduzida em unidades de segmento OFDM. Um único canal de televisão deve obrigatoriamente ser usado simultaneamente para serviço de recepção fixa, recepção móvel e recepção portátil (transmissão hierárquica).

Cada camada hierárquica deve obrigatoriamente consistir em um ou mais segmentos OFDM. Parâmetros como esquema de modulação de portadoras OFDM, taxa de *inner code* e de *time interleaving* podem ser especificados para cada camada hierárquica. Podem ser definidas até três camadas hierárquicas, sendo que um segmento pode ser usado para recepção parcial, sendo também considerada uma camada hierárquica (ver Figura 2).

O número de segmentos e o conjunto de parâmetros de codificação de cada camada hierárquica podem ser configurados pelo radiodifusor. O sinal TMCC deve obrigatoriamente conter as informações de controle e informações necessárias para auxiliar o receptor na identificação dos modos de operação.

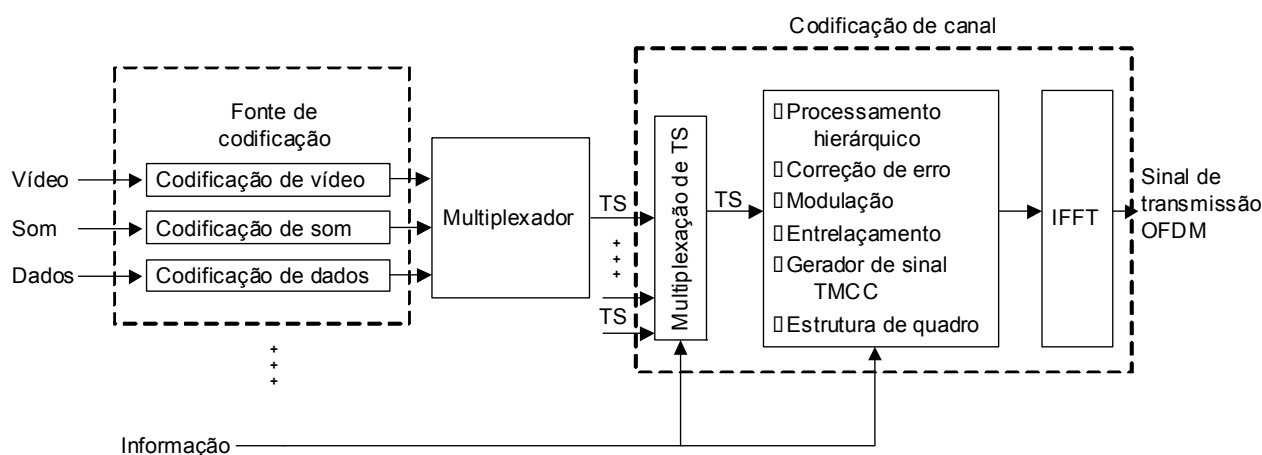


Figura 2 — Diagrama em blocos do sistema de transmissão

5.3 Recepção parcial

O segmento central do espectro, o qual consiste em 13 segmentos, pode ser submetido ao processo de entrelaçamento de frequência sem o envolvimento das demais porções do espectro de radiodifusão. Esse tipo de configuração permite a criação de um serviço portátil (1-segmento), que consiste em uma das camadas do serviço de televisão.

5.4 Modos

Para permitir a operação de acordo com a distância entre as estações de uma SFN e garantir recepção adequada frente às variações do canal em consequência do efeito Doppler do sinal de recepção móvel, deve obrigatoriamente ser possível selecionar entre três opções de espaçamento de portadoras OFDM oferecidos pelo sistema brasileiro. Essas três opções de espaçamento devem obrigatoriamente ser identificadas como modos do sistema.

No caso do Brasil, o espaçamento de frequência deve obrigatoriamente ser de aproximadamente 4 kHz, 2 kHz ou 1 kHz, respectivamente para os modos 1, 2 e 3. O número de portadoras varia dependendo do modo, mas a taxa útil de cada modo deve obrigatoriamente ser exatamente a mesma em todos os modos.

6 Esquema de codificação de canal

6.1 Parâmetros principais

Todas as especificações técnicas referentes à codificação de canal devem obrigatoriamente estar de acordo com a ARIB STD-B31:2005, seção 3, com a ITU Recommendation BT.1306, Anexo 1.c, e também com a Tabela 1.

Tabela 1 — Parâmetros do sistema de transmissão

Parâmetros		Valores
1	Número de segmentos	13
2	Largura do segmento	6 000/14 = 428,57 kHz
3	Banda ocupada	5,575 MHz (modo 1) 5,573 MHz (modo 2) 5,572 MHz (modo 3)
4	Número de portadoras	1 405 (modo 1) 2 809 (modo 2) 5 617 (modo 3)
5	Método de modulação	DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
6	Duração dos símbolos ativos	252 μs (modo 1) 504 μs (modo 2) 1 008 μs (modo 3)
7	Espaçamento de portadoras	Bws/108 = 3,968 kHz (modo 1) Bws/216 = 1,984 kHz (modo 2) Bws/432 = 0,992 kHz (modo 3)
8	Duração do intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 da duração do símbolo ativos 63; 31,5; 15,75; 7,875 μs (modo 1) 126; 63; 31,5; 15,75 μs (modo 2) 252; 126; 63; 31,5 μs (modo 3)
9	Duração total dos símbolos	315; 283,5; 267,75; 259,875 μs (modo 1) 628; 565; 533,5; 517,75 μs (modo 2) 1 260; 1 134; 1 071; 1 039,5 μs (modo 3)
10	Duração do quadro de transmissão	204 símbolos OFDM
11	Codificação de canal	Código convolucional, taxa = 1/2 com 64 estados Puncionado para as taxas 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
12	Entrelaçamento interno	Entrelaçamento intra e intersegmentos (entrelaçamento em frequência) Entrelaçamento convolucional com profundidade de <i>interleaving</i> 0; 380; 760; 1.520 símbolos (modo 1) 0; 190; 380; 760 símbolos (modo 2), 0; 95; 190; 380 símbolos (modo 3)

Os dados transmitidos devem obrigatoriamente consistir em um grupo TS, que inclui múltiplos TSP definidos no sistema MPEG-2.

Os segmentos de dados devem obrigatoriamente ser submetidos à codificação de canal requerida. Posteriormente, sinais-piloto devem obrigatoriamente ser adicionados ao segmento de dados na seção de quadro OFDM para formar um segmento OFDM (com largura de 6/14 MHz).

Todos os 13 segmentos OFDM devem obrigatoriamente ser convertidos coletivamente em sinais de transmissão OFDM pela IFFT.

O esquema de codificação de canal deve obrigatoriamente permitir a transmissão hierárquica na qual múltiplas camadas hierárquicas, com diferentes parâmetros de transmissão, podem ser transmitidas simultaneamente (ver Figura 3).

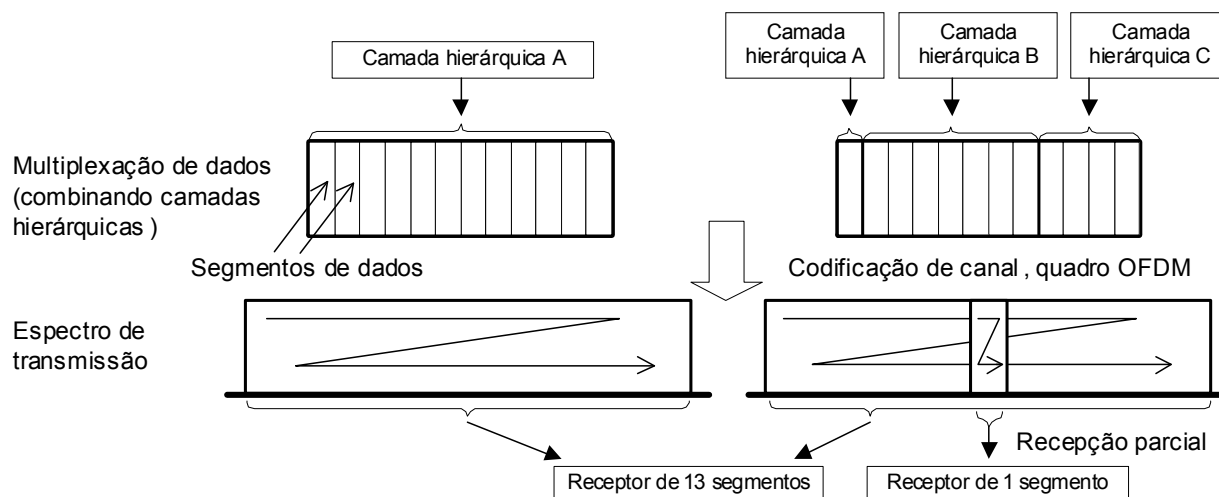


Figura 3 — Exemplo de transmissão hierárquica e recepção parcial

Cada camada hierárquica deve obrigatoriamente consistir em um ou mais segmentos OFDM. Parâmetros como esquema de modulação da portadora, taxa do *inner code* e comprimento do *time interleaving* podem ser especificados para cada camada hierárquica. Até três camadas hierárquicas podem ser transmitidas em um canal de 6 MHz.

Os parâmetros do segmento OFDM devem obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 2 e os parâmetros do sinal de transmissão devem obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 3.

A taxa de dados por segmento deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 4 e a taxa de dados para todos os 13 segmentos deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 5.

Tabela 2 — Parâmetros do segmento OFDM

Modo		Modo 1		Modo 2		Modo 3	
Largura da banda		3000/7 = 428,57 kHz					
Espaçamento entre frequências portadoras		250/63 kHz		125/63 kHz		125/126 kHz	
Número de portadoras	Total	108	108	216	216	432	432
	Dados	96	96	192	192	384	384
	SP ^a	9	0	18	0	36	0
	CP ^a	0	1	0	1	0	1
	TMCC ^b	1	5	2	10	4	20
	AC1 ^c	2	2	4	4	8	8
	AC2 ^c	0	4	0	9	0	19
Esquema de modulação das portadoras		QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK	QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK	QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK
Símbolos por quadro		204					
Tamanho do símbolo efetivo		252 µs		504 µs		1008 µs	
Intervalo de guarda		63 µs (1/4), 31,5 µs (1/8), 15,75 µs (1/16), 7,875 µs (1/32)		126 µs (1/4), 63 µs (1/8), 31,5 µs (1/16), 15,75 µs (1/32)		252 µs (1/4), 126 µs (1/8), 63 µs (1/16), 31,5 µs (1/32)	
Comprimento do quadro		64,26 ms (1/4), 57,834 ms (1/8), 54,621 ms (1/16), 53,0145 ms (1/32)		128,52 ms (1/4), 115,668 ms (1/8), 109,242 ms (1/16), 106,029 ms (1/32)		257,04 ms (1/4), 231,336 ms (1/8), 218,484 ms (1/16), 212,058 ms (1/32)	
Frequência de amostragem da IFFT		512/63 = 8,12698 MHz					
Codificador interno		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)					
Codificador externo		RS (204,188)					
^a SP e CP são usados pelo receptor para fins de sincronização e demodulação. ^b TMCC é informação de controle. ^c AC é usado para transmitir informação adicional. AC1 é disponível em igual número em todos os segmentos, enquanto que AC2 é disponível somente em segmento de modulação diferencial.							

Tabela 3 — Parâmetros do sinal de transmissão

Modo		Modo 1	Modo 2	Modo 3
Número de segmentos OFDM N_s		13		
Largura de banda		$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 250/63 \text{ kHz}$ = 5,575MHz	$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 125/63 \text{ kHz}$ = 5,573MHz	$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 125/126 \text{ kHz}$ = 5,572 MHz
Número de segmentos de modulação diferencial		n_d		
Número de segmentos de modulação síncrona		$n_s (n_s + n_d = N_s)$		
Espaçamento entre frequências portadoras		$250/63 = 3,968 \text{ kHz}$	$125/63 = 1,984 \text{ kHz}$	$125/126 = 0,992 \text{ kHz}$
Número de portadoras	Total	$108 \times N_s + 1 = 1\ 405$	$216 \times N_s + 1 = 2\ 809$	$432 \times N_s + 1 = 5\ 617$
	Dados	$96 \times N_s = 1\ 248$	$192 \times N_s = 2\ 496$	$384 \times N_s = 4\ 992$
	SP	$9 \times n_s$	$18 \times n_s$	$36 \times n_s$
	CP ^a	$n_d + 1$	$n_d + 1$	$n_d + 1$
	TMCC	$n_s + 5 \times n_d$	$2 \times n_s + 10 \times n_d$	$4 \times n_s + 20 \times n_d$
	AC1	$2 \times N_s = 26$	$4 \times N_s = 52$	$8 \times N_s = 104$
	AC2	$4 \times n_d$	$9 \times n_d$	$19 \times n_d$
Esquema de modulação das portadoras		QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Símbolos por quadro		204		
Tamanho do símbolo efetivo		252 μs	504 μs	1008 μs
Intervalo de guarda		63 μs (1/4), 31,5 μs (1/8), 15,75 μs (1/16), 7,875 μs (1/32)	126 μs (1/4), 63 μs (1/8), 31,5 μs (1/16), 15,75 μs (1/32)	252 μs (1/4), 126 μs (1/8), 63 μs (1/16), 31,5 μs (1/32)
Comprimento do quadro		64,26 ms (1/4), 57,834 ms (1/8), 54,621 ms (1/16), 53,0145 ms (1/32)	128,52 ms (1/4), 115,668 ms (1/8), 109,242 ms (1/16), 106,029 ms (1/32)	257,04 ms (1/4), 231,336 ms (1/8), 218,484 ms (1/16), 212,058 ms (1/32)
<i>Inner code</i>		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4 5/6, 7/8)		
<i>Outer code</i>		RS (204,188)		
^a O número de CP representa a soma dos CP no segmento mais um CP adicionado à direita da banda total.				

Tabela 4 — Taxa de dados de um único segmento

Modulação da portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos por quadro	Taxa de dados ^a kbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	12/24/48	280,85	312,06	330,42	340,43
	2/3	16/32/64	374,47	416,08	440,56	453,91
QPSK	3/4	18/36/72	421,28	468,09	495,63	510,65
	5/6	20/40/80	468,09	520,10	550,70	567,39
	7/8	21/42/84	491,50	546,11	578,23	595,76
16QAM	1/2	24/48/96	561,71	624,13	660,84	680,87
	2/3	32/64/128	748,95	832,17	881,12	907,82
	3/4	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1021,30
	5/6	40/80/160	936,19	1 040,21	1 101,40	1 134,78
	7/8	42/84/168	983,00	1 092,22	1 156,47	1 191,52
64QAM	1/2	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1 021,30
	2/3	48/96/192	1 123,43	1 248,26	1 321,68	1 361,74
	3/4	54/108/216	1 263,86	1 404,29	1 486,90	1 531,95
	5/6	60/120/240	1 404,29	1 560,32	1 652,11	1 702,17
	7/8	63/126/252	1 474,50	1 638,34	1 734,71	1 787,28

^a Essa taxa de dados representa a taxa de dados (bits) por segmento para parâmetros de transmissão:
taxa de dados (bits) = TSP transmitidos x 188 (bytes/TSP) x 8 (bits/byte) x 1/comprimento do quadro.

Tabela 5 — Taxa total de dados para 13 segmentos

Modulação da portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos (Modos 1/ 2/ 3)	Taxa de dados Mbps			
			Intervalo de guarda	Intervalo de guarda	Intervalo de guarda	Intervalo de guarda
			1/4	1/8	1/16	1/32
DQPSK QPSK	1/2	156/312/624	3,651	4,056	4,295	4,425
	2/3	208/416/832	4,868	5,409	5,727	5,900
	3/4	234/468/936	5,476	6,085	6,443	6,638
	5/6	260/520/1040	6,085	6,761	7,159	7,376
	7/8	273/546/1092	6,389	7,099	7,517	7,744
16QAM	1/2	312/624/1248	7,302	8,113	8,590	8,851
	2/3	416/832/1664	9,736	10,818	11,454	11,801
	3/4	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	5/6	520/1040/2080	12,170	13,522	14,318	14,752
	7/8	546/1092/2184	12,779	14,198	15,034	15,489
64QAM	1/2	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	2/3	624/1248/2496	14,604	16,227	17,181	17,702
	3/4	702/1404/2808	16,430	18,255	19,329	19,915
	5/6	780/1560/3120	18,255	20,284	21,477	22,128
	7/8	819/1638/3276	19,168	21,298	22,551	23,234

NOTA Nesta tabela, os mesmos parâmetros são especificados para todos os 13 segmentos. A taxa total de dados durante a transmissão hierárquica varia dependendo dos parâmetros de configuração hierárquica. O volume transmitido pelos 13 segmentos é igual à soma de todos os volumes de dados transmitidos por esses segmentos, que pode ser determinado de acordo com a Tabela 4.

6.2 Configuração básica da codificação de canal

A Figura 4 mostra, de maneira simplificada, a estrutura do sistema de transmissão do sistema de televisão digital terrestre brasileiro.

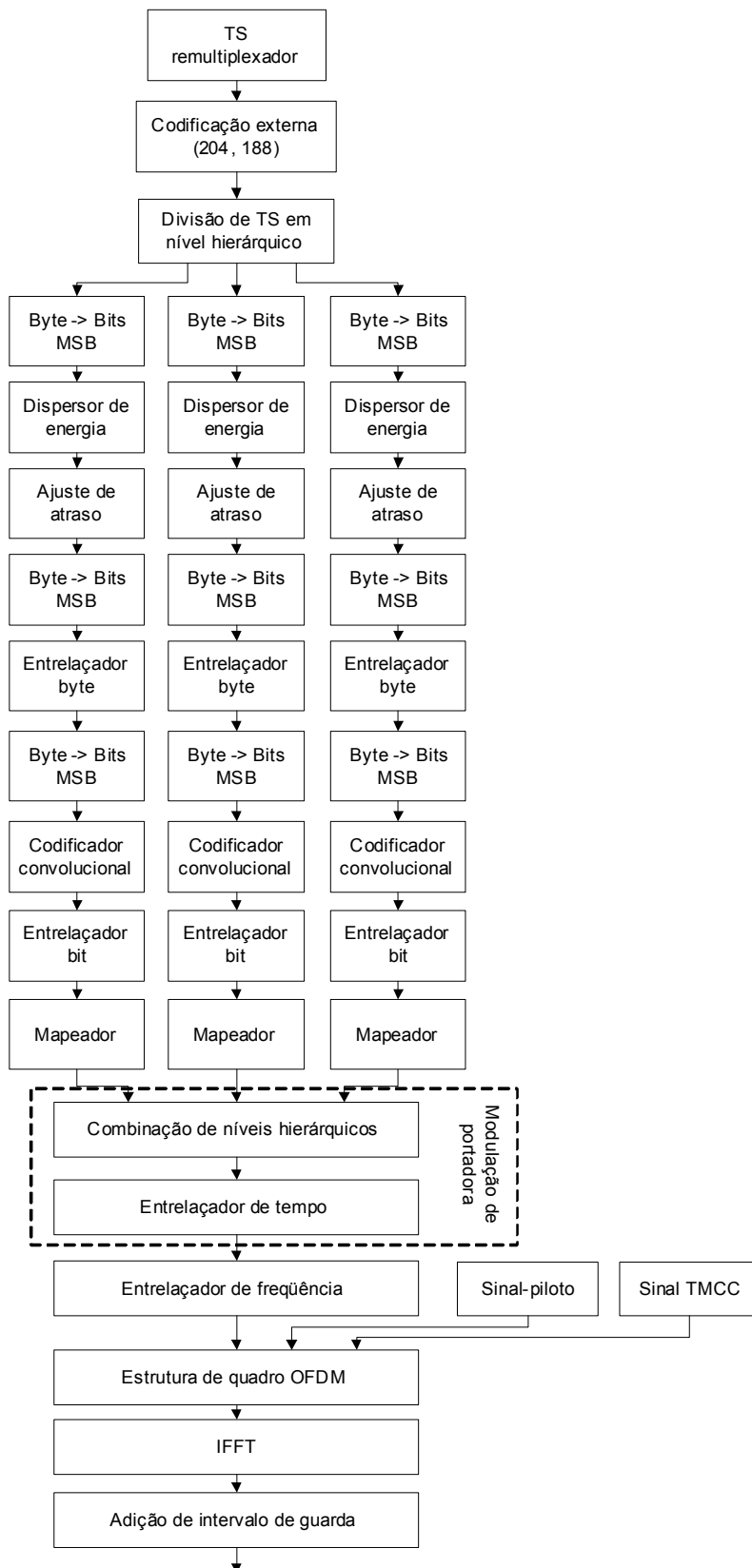


Figura 4 — Diagrama em blocos da codificação de canal

As múltiplas saídas de TS do multiplexador MPEG devem obrigatoriamente alimentar o remultiplexador de feixe de transporte de modo que o TSP seja adequadamente arranjado para o processamento do sinal *one data segment*.

Na remultiplexação, primeiramente cada TS deve obrigatoriamente ser convertido para sinal em rajada de 188 bytes por meio de um *clock* com a taxa quatro vezes maior que o *clock* de amostragem IFFT. Deve-se, então, obrigatoriamente, aplicar o código RS para que o TS resultante seja convertido em TS comum.

Quando a transmissão hierárquica é configurada, o TS deve obrigatoriamente ser dividido em múltiplas camadas hierárquicas de acordo com a informação de camada hierárquica. Essas camadas devem obrigatoriamente então ser submetidas a um máximo de três blocos paralelos de processador.

No processador paralelo, devem obrigatoriamente ser executados os processamentos de dados digitais, incluindo o codificador corretor de erros (*interleaving*) e a modulação de portadoras. A diferença de atraso no tempo gerado no entrelaçamento de byte e no processo de bit *interleaving* entre as camadas hierárquicas deve obrigatoriamente ser corrigida antes do ajuste de sincronismo. A correção de erro, o comprimento do entrelaçamento e o esquema de modulação de portadora devem obrigatoriamente ser especificados independentemente para cada camada hierárquica.

Após o processamento paralelo, as camadas hierárquicas devem obrigatoriamente ser combinadas e a seguir devem obrigatoriamente ser executados os entrelaçamentos no tempo e em frequência, para assegurar a efetiva melhoria da correção de erro contra a variação de intensidade de campo, bem como contra a interferência de multipercurso na recepção móvel.

O *convolutional interleaving* deve obrigatoriamente ser usado como esquema de entrelaçamento temporal para reduzir os atrasos de tempo tanto da transmissão como da recepção e minimizar o tamanho de memória do receptor. Para o entrelaçamento em frequência, o intersegmento e o intrasegmento devem obrigatoriamente ser empregados para assegurar a apropriada estrutura do segmento e correto *interleaving*.

Para assegurar que o receptor configure corretamente a demodulação e a decodificação na transmissão hierárquica, na qual são usados múltiplos conjuntos de parâmetros de transmissão, um sinal TMCC deve obrigatoriamente ser transmitido usando uma portadora específica.

O sinal TMCC deve obrigatoriamente formar o quadro OFDM juntamente com o sinal de programa e sinal-piloto de sincronização para a finalidade de reprodução. Uma vez completada a formação do quadro, todos os sinais devem obrigatoriamente ser convertidos em sinal de transmissão OFDM pelo processo IFFT.

6.3 Remultiplexação de TS

6.3.1 Configuração do quadro de múltiplos

Uma remultiplexação do TS deve obrigatoriamente ser formada por quadros múltiplos como unidades elementares, cada qual consistindo em um número n de pacotes TSP.

O número de TSP usados para diferentes modos de transmissão e diferentes razões de intervalo de guarda deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 — Configuração da multiplexação do *frame*

Modo	Número de TSP transmitidos dentro de um quadro multiplex			
	Taxa do intervalo de guarda	Taxa do intervalo de guarda	Taxa do intervalo de guarda	Taxa do intervalo de guarda
	1/4	1/8	1/16	1/32
Modo 1	1 280	1 152	1 088	1 056
Modo 2	2 560	2 304	2 176	2 112
Modo 3	5 120	4 608	4 352	4 224

Cada TSP compreendendo um quadro deve obrigatoriamente ter comprimento de 204 bytes, consistindo em 188 bytes de dados de programa e 16 bytes de dados nulos. Esse TSP é referido como “TSP de transmissão”.

O comprimento do quadro deve obrigatoriamente coincidir com o quadro OFDM, quando a taxa de *clock* do TSP de transmissão enviada é aumentada para quatro vezes a taxa de *clock* da amostragem de IFFT.

Cada TSP de transmissão dentro de um quadro de múltiplos deve obrigatoriamente ser transmitido pela camada hierárquica X de um sinal OFDM (ver Figura 5). O arranjo do TSP de transmissão, dentro do quadro multiplex, deve obrigatoriamente ser determinado antes de se assegurar que ele é idêntico àquele do TS que vai ser reproduzido pelo receptor (ver Figura 6).

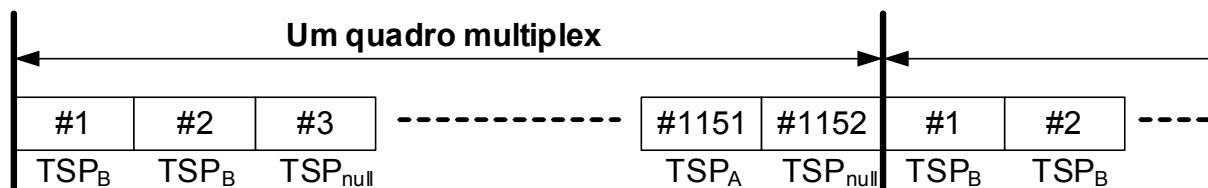


Figura 5 — Exemplo de um TS remultiplexado (modo 1, intervalo de guarda 1/8)

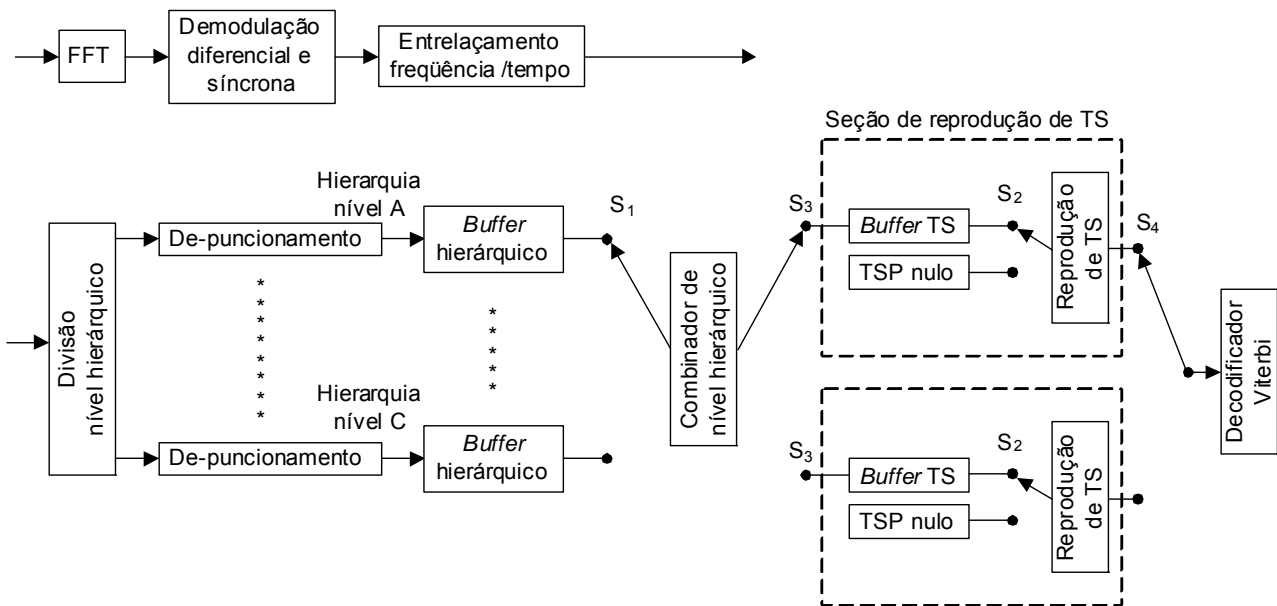


Figura 6 — Modelo de receptor para referência de quadro multiplex

Geralmente não é possível concluir a consistência entre o TSP de entrada do remultiplexador e uma única TS de saída dele, pois o número de pacotes de feixe de transporte que pode ser transportado por unidade de tempo varia substancialmente, dependendo dos parâmetros especificados para cada camada hierárquica. Entretanto, a adição de um número apropriado de pacotes nulos permite o interfaceamento entre o transmissor e o receptor durante a transmissão do feixe de transporte numa consistente taxa de *clock*, independentemente de quais parâmetros de transmissão são especificados.

Devido ao comprimento do quadro multiplex ser o mesmo do comprimento do quadro OFDM, o receptor pode reproduzir a sincronização do *transport stream* baseada na sincronização do quadro OFDM, assegurando assim o desempenho melhorado de sincronização.

A correlação entre o arranjo do TSP dentro de um quadro multiplex com divisão do TS em múltiplas camadas hierárquicas e combinação dessas camadas deve obrigatoriamente permitir, no lado do receptor, selecionar o mesmo TS como um dos transmitidos, entre múltiplos sinais de diferentes camadas, e reproduzir esse TS.

O modelo de operação da recepção deve obrigatoriamente definir indiretamente o arranjo dos TSP. Os receptores podem reproduzir o TS sem qualquer informação da posição do TSP, se operar da mesma maneira que o receptor modelo definido nesta Norma.

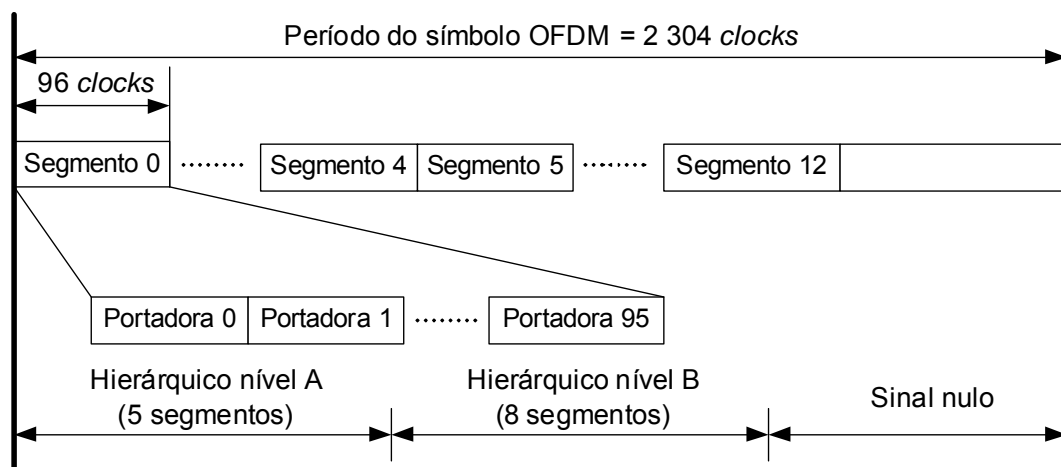
6.3.2 Modelo de receptor para referência de quadro multiplex

6.3.2.1 Organização do quadro multiplex

Os TSP devem obrigatoriamente ser organizados num quadro multiplex, com a configuração de TS reproduzida pelo modelo de receptor (ver Figura 6). Neste caso, deve obrigatoriamente ser usado um *clock* de amostragem para FFT.

6.3.2.2 Sinal de entrada para divisor hierárquico

Para completar o processamento da demodulação da portadora e do *interleaving*, os sinais de entrada para o divisor hierárquico devem obrigatoriamente ser organizados na ordem ascendente do número do segmento e também em ordem ascendente da frequência da portadora do símbolo da informação, dentro do segmento obtido pela exclusão da portadora do controle de símbolo (ver Figura 7).



NOTA Neste exemplo foram adotadas duas camadas hierárquicas disponíveis (uma camada modulada em DQPSK 1/2 com 5 segmentos e outra camada modulada em 64QAM, 7/8 com 8 segmentos) e um intervalo de guarda de 1/8 no modo 1.

Figura 7 — Exemplo de organização do tempo para o sinal de entrada para a camada hierárquica

Durante o período de um símbolo OFDM, blocos de dados de 480 (96 x 5) portadoras devem obrigatoriamente ser inseridos na camada hierárquica A, seguidos pelos dados de entrada de 768 (96 x 8) portadoras para a camada hierárquica B e um sinal nulo que ocupa 1 056 portadoras.

O sinal nulo deve obrigatoriamente corresponder à soma da amostragem (equivalente ao sinal-piloto inserido pela seção de quadro OFDM), da amostragem FFT (amostragem em excesso da banda de sinal) e da amostragem de intervalo de guarda. A operação deve obrigatoriamente ser repetida tantas vezes quantos são os 204 símbolos para a duração do quadro OFDM.

Os atrasos devem obrigatoriamente ser ajustados de forma que os períodos de tempo requeridos para a demodulação diferencial ou demodulação síncrona sejam os mesmos.

6.3.2.3 Operação do receptor modelo de divisor hierárquico Viterbi

O sinal, dividido em múltiplas camadas hierárquicas, deve obrigatoriamente ser submetido ao puncionamento antes de ser armazenado no *buffer* hierárquico. Nesse caso, deve-se obrigatoriamente assumir que o tempo de atraso de processamento é o mesmo para todas as camadas e que não existe tempo de atraso para o receptor modelo.

O número de bits Bx_k que são inseridos e armazenados no *buffer* hierárquico, até a entrada do $k_{\text{nésimo}}$ dado na camada hierárquica X em um único quadro multiplex, pode ser determinado pela seguinte equação:

$$Bx_k = 2 \times ([k \times S_x \times R_x] - [(k-1) \times S_x \times R_x])$$

onde

Bx_k é o número de bits;

[] indica que todos os dígitos à direita do ponto decimal devem obrigatoriamente ser descartados;

k é a posição do dado no segmento;

S_x é um dos valores dados na Tabela 7, dependendo do esquema de modulação selecionado para a camada hierárquica X;

R_x é a taxa de codificação do código convolucional na camada hierárquica X.

Tabela 7 — Valores de S_x

Esquema de modulação	S_x
DQPSK/QPSK	2
16QAM	4
64QAM	6

A chave S1 deve obrigatoriamente ser comutada para outro *buffer* hierárquico quando o tamanho de dados de um pacote TS (408 bytes) é inserido no *buffer* hierárquico. Este dado deve obrigatoriamente ser transferido para *buffer* TS disponível na seção de reprodução. Neste caso deve-se obrigatoriamente assumir que a transferência de dados é instantânea.

NOTA A codificação convolucional de um pacote TS comum (204 bytes) de dados produz 408 bytes, quando a taxa de codificação do código-mãe do código convolucional é 1/2.

A seção de reprodução TS deve obrigatoriamente verificar o *buffer* TS a cada período de TS (408 bytes). Se existir mais dados do que o tamanho de um pacote TS, essa seção deve obrigatoriamente comutar S2 para a posição do *buffer* TS e ler um dos pacotes de dados TS. Quando não existirem dados no *buffer* TS, a seção de reprodução deve obrigatoriamente comutar S2 para a posição de TSP nulo e transmitir o pacote nulo.

A chave S3 deve obrigatoriamente ser usada para alternativamente comutar entre as duas seções de reprodução TS para inserir um sinal de saída do combinador hierárquico. No modo 1 a comutação deve obrigatoriamente ser executada no começo de um quadro OFDM. A chave 4 deve obrigatoriamente ser usada para comutar entre as saídas de sinais da seção de reprodução TS. Essa chave deve obrigatoriamente ser comutada para a mesma posição de S3 em três períodos de pacotes TS (408 x 3 *clocks*), acompanhando a comutação de S3, isto é, no começo de um quadro OFDM. Nos modos 2 e 3, a comutação de S3 e S4 deve obrigatoriamente ser executada a 1/2 intervalo do quadro OFDM (102 intervalos do símbolos OFDM) e 1/4 intervalo do quadro OFDM (51 intervalos de símbolos OFDM), respectivamente.

6.4 Codificação externa (*outer code*)

Um código RS encurtado (204 ,188) deve obrigatoriamente ser aplicado em cada TSP como um código externo. A codificação RS encurtada (204 ,188) deve obrigatoriamente ser gerada adicionando 51 byte 00HEX no começo da entrada dos dados do código RS (255 ,239), e então esses 51 bytes devem obrigatoriamente ser removidos.

O elemento do GF (2⁸) (*Galois Field*) deve obrigatoriamente ser usado como elemento da codificação RS. O seguinte polinômio primitivo p(x) deve obrigatoriamente ser usado para definir GF(2⁸):

$$p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

O seguinte polinômio g (x) deve obrigatoriamente ser usado para gerar o código RS encurtado (204,188):

$$g(x) = (x - \lambda^0) (x - \lambda^1) (x - \lambda^2) \dots (x - \lambda^{15})$$

sendo que $\lambda = 02_{HEX}$.

O código RS encurtado (204, 188) pode corrigir até 8 bytes aleatórios errados dentre 204 bytes.

A Figura 8 mostra o formato de dados MPEG-2 TSP e o TSP protegido por codificação RS. O pacote de 204 bytes protegido com o código corretor de erro também é chamado de transmissão TPS.

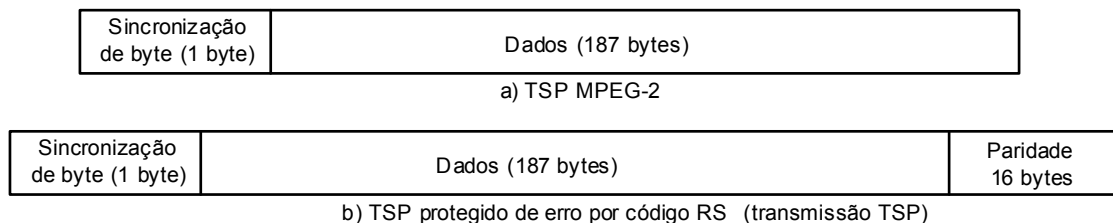


Figura 8 — MPEG-2 TSP e transmissão TSP

6.5 Divisão do TS em camada hierárquica

O divisor hierárquico deve obrigatoriamente dividir o TS remultiplexado em porções (transmissão TSP, cada qual com 204 bytes de comprimento, contendo todos os bytes, desde o byte próximo ao, de sincronização TS até o byte de sincronização seguinte) e associar cada porção à camada hierárquica específica. Ao mesmo tempo, o divisor deve obrigatoriamente remover os pacotes nulos.

A camada hierárquica à qual pertence a transmissão TSP deve obrigatoriamente ser especificada pela informação da camada hierárquica baseada na organização. O número máximo de camadas hierárquicas deve obrigatoriamente ser três. A sincronização do quadro OFDM deve obrigatoriamente deslocar em um byte o começo dos bytes de informação (ver Figura 9).

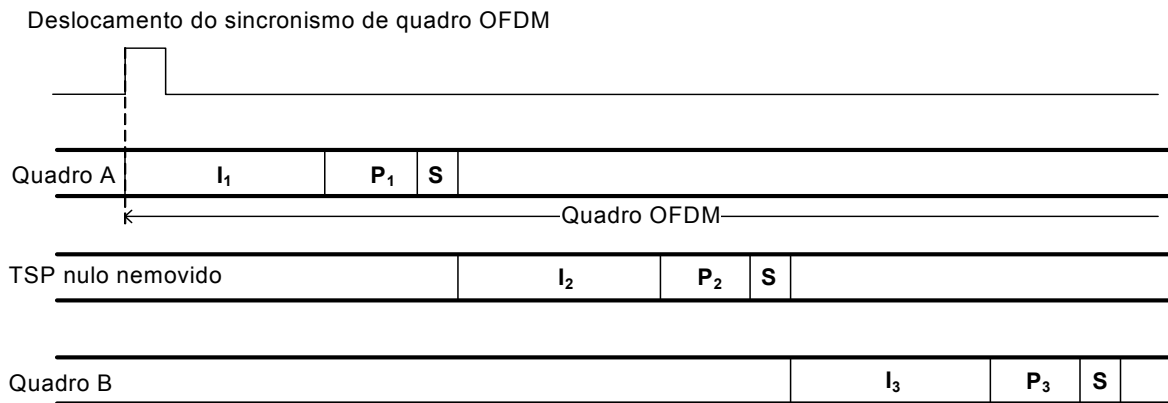


Figura 9 — Exemplo de divisão do TS em duas camadas hierárquicas

6.6 Dispersão de energia

A dispersão de energia deve obrigatoriamente ser conduzida para cada camada hierárquica gerada por um PRBS de acordo com o esquema apresentado na Figura 10.

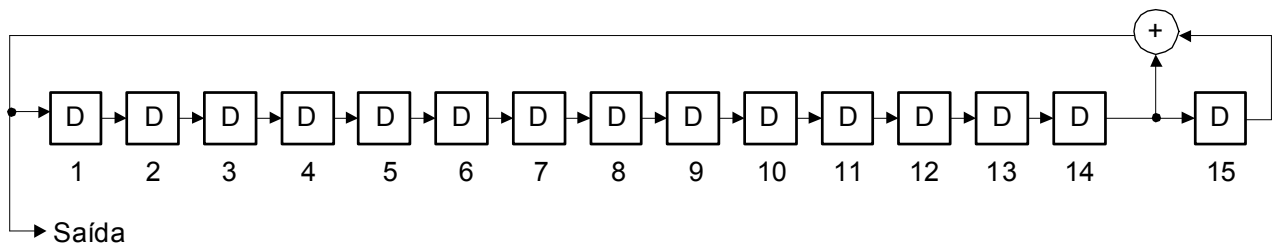


Figura 10 — Geração do polinômio PRBS e circuito

Todos os sinais que não são de sincronismo de byte em cada transmissão TSP nas diferentes camadas hierárquicas devem obrigatoriamente ser *Exclusive OR*, usando PRBS na base de bit a bit.

O valor inicial do PRBS deve obrigatoriamente ser 100101010000000 (organizado na ordem ascendente de bits, da esquerda para direita) e este valor deve obrigatoriamente ser inicializado a cada quadro OFDM. Neste instante, o começo de um quadro OFDM deve obrigatoriamente ser o MSB (*most significant bit*) do byte próximo ao byte de sincronização dos TSP de transmissão. O registrador de deslocamento deve obrigatoriamente, também, executar o deslocamento do byte de sincronização. A seguinte equação define a função geradora do PRBS:

$$G(x) = X^{15} + X^{14} + 1$$

6.7 Ajuste de atraso

O ajuste de atraso, associado ao *byte interleaving* com o objetivo de prover o tempo de atraso idêntico para transmissão e recepção em todas as camadas hierárquicas, deve obrigatoriamente ser conduzido pelo lado da transmissão. Deve obrigatoriamente ser adotado um valor de ajuste apropriado para cada camada hierárquica entre aqueles mostrados na Tabela 8 (equivalente ao número de transmissão TSP), tal que todos os atrasos, incluindo o de transmissão e de recepção causados pelo *byte interleaving* (11 transmissões TSP), tenham duração de um quadro.

Tabela 8 — Ajuste do valor de atraso requerido como resultado do entrelaçamento de byte

Modulação de portadora	Código convolucional	Valor de ajuste do atraso (número de transmissão de TSP) ^a		
		Modo 1	Modo 2	Modo 3
DQPSK QPSK	1/2	12 x N-11	24 x N-11	48 x N-11
	2/3	16 x N-11	32 x N-11	64 x N-11
	3/4	18 x N-11	36 x N-11	72 x N-11
	5/6	20 x N-11	40 x N-11	80 x N-11
	7/8	21 x N-11	42 x N-11	84 x N-11
16QAM	1/2	24 x N-11	48 x N-11	96 x N-11
	2/3	32 x N-11	64 x N-11	128 x N-11
	3/4	36 x N-11	72 x N-11	144 x N-11
	5/6	40 x N-11	80 x N-11	160 x N-11
	7/8	42 x N-11	84 x N-11	168 x N-11
64QAM	1/2	36 x N-11	72 x N-11	144 x N-11
	2/3	48 x N-11	96 x N-11	192 x N-11
	3/4	54 x N-11	108 x N-11	216 x N-11
	5/6	60 x N-11	120 x N-11	240 x N-11
	7/8	63 x N-11	126 x N-11	252 x N-11

^a N representa o número de segmentos usados pela camada hierárquica.

Com a transmissão hierárquica, podem-se especificar diferentes conjuntos de parâmetros de transmissão (número de segmentos, taxa de codificação interna, esquema de modulação) para diferentes camadas hierárquicas. Neste caso, entretanto, a taxa de bit de transmissão para uma camada pode diferir de uma outra camada, resultando em diferentes capacidades de transmissão, calculadas como o período de tempo, desde a codificação do *inner code* no lado da transmissão até a decodificação no lado da recepção.

O montante de atraso de transmissão TSP (11 pacotes) causado pelo *byte interleaving* para uma camada, pode diferir de uma outra camada, quando é convertido para tempo de atraso. Para compensar esta relativa diferença em tempo de atraso entre as camadas hierárquicas, deve obrigatoriamente ser realizado um ajuste para cada camada, antes do *byte interleaving*, de acordo com a taxa de bit de transmissão.

6.8 *Byte interleaving*

O TSP transmissão com 204 bytes, o qual é protegido por meio da codificação RS e pela dispersão de energia, sofre o *byte interleaving* pela codificação convolucional. O *interleaving* deve obrigatoriamente ser de 12 bytes. Entretanto, o byte seguinte ao byte de sincronização deve obrigatoriamente passar por um caminho de referência que não cause atraso (ver Figura 11).

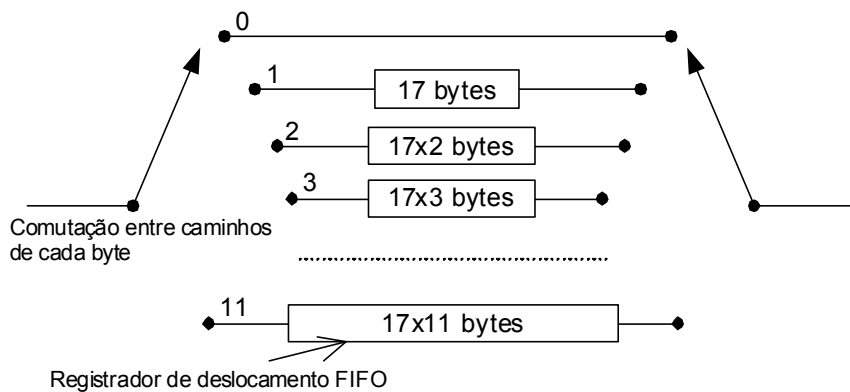


Figura 11 — Circuito de *byte interleaving*

No circuito de *interleaving*, o caminho 0 não deve ter atraso. O tamanho da memória para o caminho 1 deve obrigatoriamente ser de 17 bytes, para o caminho 2 deve obrigatoriamente ser de $2 \times 17 = 34$ bytes, e assim sucessivamente. As entradas e as saídas devem obrigatoriamente ser comutadas para diferentes caminhos a cada byte de maneira seqüencial e cíclica, na ordem ascendente em número de caminho (caminho 0 > caminho 1 > caminho 2 > ... caminho 11 > caminho 0 > caminho 1 > caminho 2 ...).

6.9 Codificação interna (*inner code*)

O código interno deve obrigatoriamente ser um código convolucional com puncionamento (descarte de bit selecionado, segundo um critério definido), com o código-mãe de profundidade k de 7 e taxa de codificação de $1/2$. O código polinomial gerador (código-mãe) deve ser $G_1 = 171_{\text{OCT}}$ e $G_2 = 133_{\text{OCT}}$ (ver Figura 12).

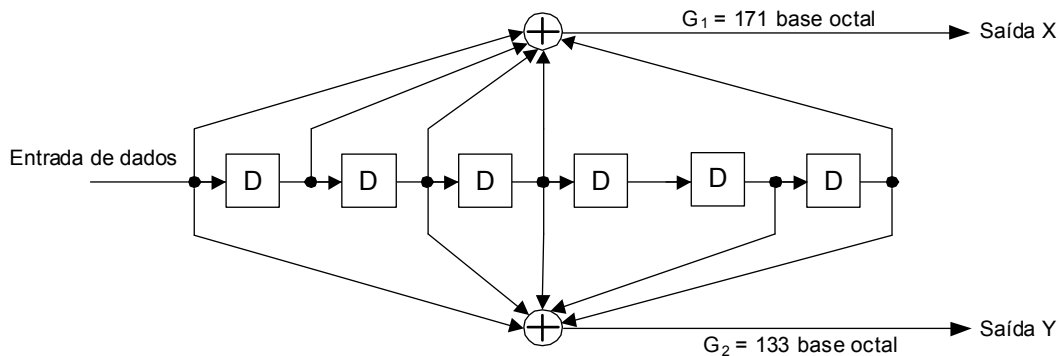


Figura 12 — Circuito de codificação do código convolucional com profundidade k de 7 e taxa de codificação de $1/2$

A taxa de codificação selecionável do código interno é a seqüência do sinal de transmissão puncionado no tempo e deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 9. O puncionamento deve obrigatoriamente ser estabelecido de forma que o padrão mostrado na Tabela 9 seja iniciado pelo quadro de sincronização, para assegurar a confiabilidade do receptor em compensar a sincronização entre os modos puncionados.

Tabela 9 — Taxa do código interno e seqüência do sinal de transmissão

Taxa de codificação	Curva de pucionamento	Seqüência de transmissão do sinal
1/2	X: 1 Y: 1	X1, Y1
2/3	X: 1 0 Y: 1 1	X1, Y1, Y2
3/4	X: 1 0 1 Y: 1 1 0	X1, Y1, Y2, X3
5/6	X: 1 0 1 0 1 Y: 1 1 0 1 0	X1, Y1, Y2, X3, Y4, X5
7/8	X: 1 0 0 0 1 0 1 Y: 1 1 1 1 0 1 0	X1, Y1, Y2, Y3, Y4, X5, Y6, X7

6.10 Modulação da portadora

6.10.1 Configuração da modulação da portadora

No processo de modulação da portadora o sinal de entrada deve obrigatoriamente ser entrelaçado bit a bit e mapeado por meio do esquema especificado para cada camada hierárquica (ver Figura 13).

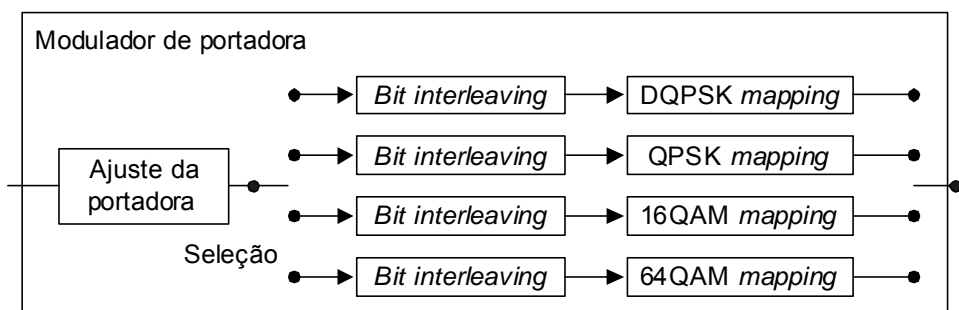


Figura 13 — Configuração da modulação da portadora

6.10.2 Ajuste de atraso

Os atrasos de transmissão e recepção devem obrigatoriamente ser equivalentes a 120 símbolos de portadoras e devem obrigatoriamente ocorrer como resultado do *bit interleaving*, da modulação das portadoras. O tempo de atraso varia dependendo do esquema de modulação da portadora, isto é, dependendo do numero de bits compreendido no símbolo da portadora.

A diferença no tempo de atraso deve obrigatoriamente ser corrigida no lado da entrada do *bit interleaving* através da adição de um valor de ajuste de atraso de acordo com a Tabela 10, tal que o atraso total de transmissão e recepção seja igual a 2 símbolos OFDM.

Tabela 10 — Ajuste do valor de atraso requerido como resultado do *bit interleaving*

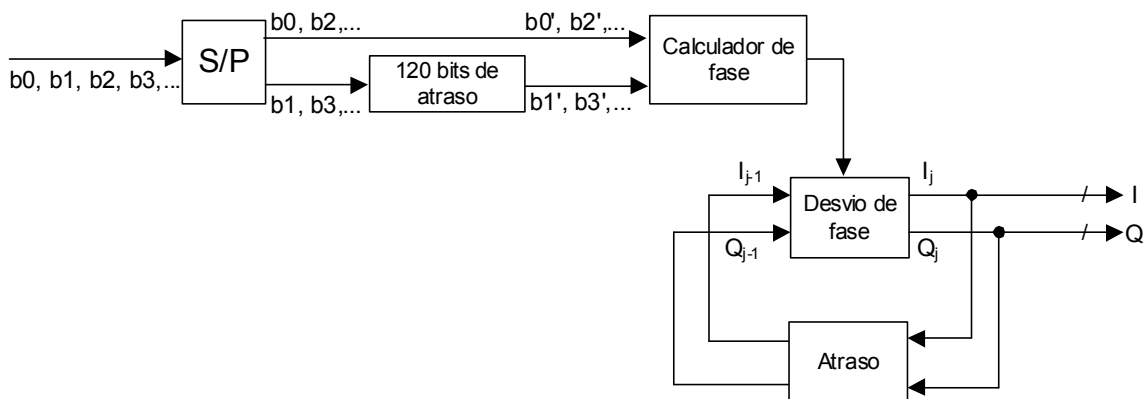
Modulação de portadora	Valor do ajuste de atraso (número de bits) ^a		
	Modo 1	Modo 2	Modo 3
DQPSK/QPSK	384 x N-240	768 x N-240	1 536 x N-240
16QAM	768 x N-480	1 536 x N-480	3 072 x N-480
64QAM	1 152 x N-720	2 304 x N-720	4 608 x N-720

^a N representa o número de segmentos usados pela camada hierárquica.

6.10.3 *Bit interleaving e mapping*

6.10.3.1 DQPSK

O sinal de entrada deve obrigatoriamente ser 2 bits por símbolo e mapeado em DQPSK com deslocamento em $\pi/4$ para saída de dados multibit, para eixos I e Q. Após a conversão série-paralelo, os 120 bits de atraso devem obrigatoriamente ser inseridos na entrada do calculador de fase para *bit interleaving* (ver Figuras 14 e 15). O cálculo de fase deve obrigatoriamente ser feito de acordo com a Tabela 11.



NOTA $(I_j$ e $Q_j)$ e $(I_{j-1}$ e $Q_{j-1})$ representam os símbolos de saída e o símbolo OFDM imediatamente precedente ao símbolo de saída, respectivamente.

Figura 14 — Diagrama de sistema do modulador DQPSK $\pi/4$ shift

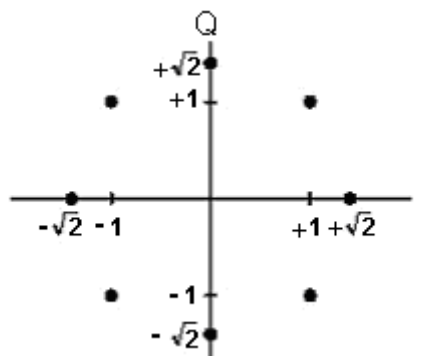


Figura 15 — Constelação DQPSK - Deslocamento $\pi/4$

Tabela 11 — Cálculo de fase

Entrada b0' b1'	Saída θ_j
0 0	$\pi/4$
0 1	$-\pi/4$
1 0	$3\pi/4$
1 1	$-3\pi/4$

6.10.3.2 QPSK

O sinal de entrada deve obrigatoriamente ser 2 bits por símbolo e a saída mapeada de dados QPSK deve obrigatoriamente ser multibit, nos eixos I e Q. Para realizar o mapeamento, os 120 elementos de atraso devem obrigatoriamente ser inseridos na entrada do *mapper* para o entrelaçamento de *bit* (ver Figuras 16 e 17).

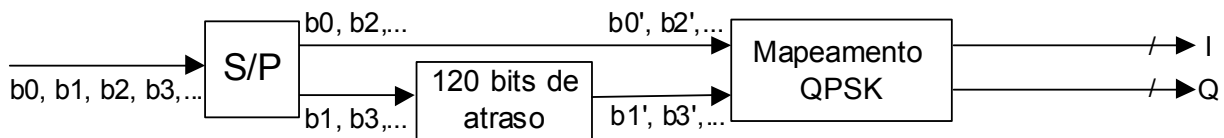


Figura 16 — Diagrama do sistema de modulação QPSK

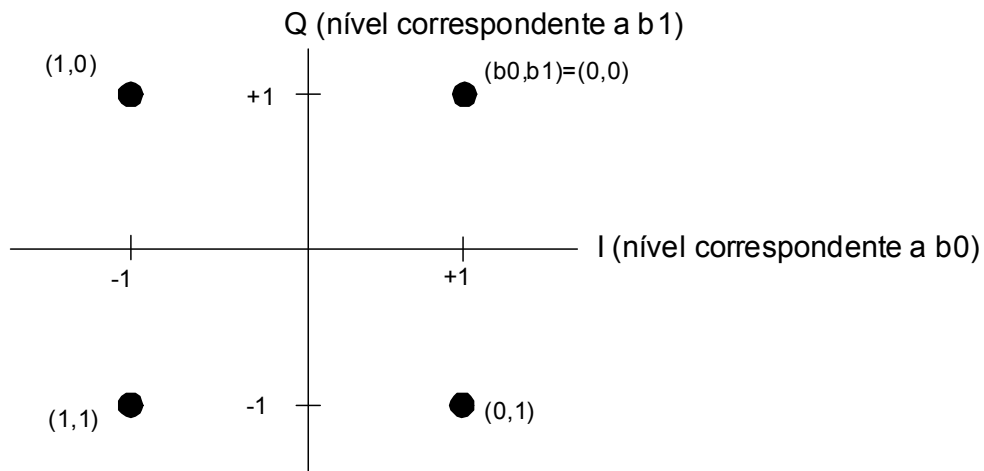


Figura 17 — Constelação QPSK

6.10.3.3 16QAM

O sinal de entrada deve obrigatoriamente ser representado por 4 bits por símbolo e a saída mapeada de dados deve obrigatoriamente ser multibit nos eixos I e Q. Para realizar o mapeamento, os elementos de atraso devem obrigatoriamente ser inseridos na entrada b1 e b3 para *bit interleaving* (ver Figuras 18 e 19).

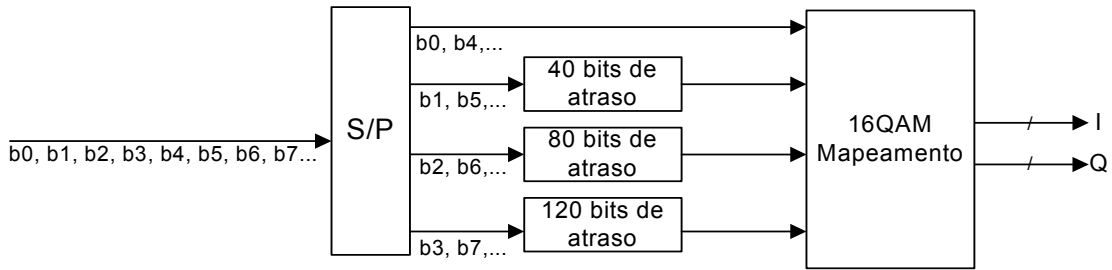


Figura 18 — Diagrama do sistema de modulação 16QAM

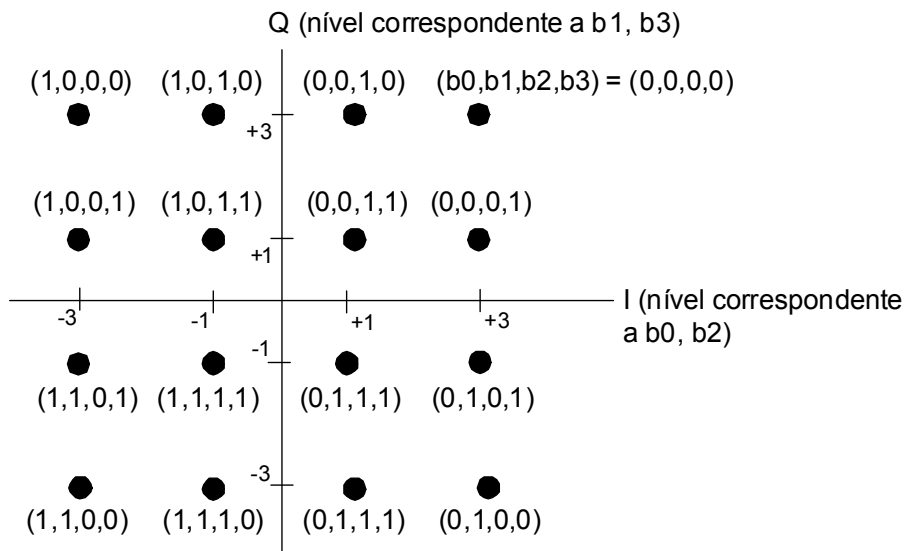


Figura 19 — Constelação 16QAM

6.10.3.4 64QAM

O sinal de entrada deve obrigatoriamente ser de 6 bits por símbolo e a saída mapeada de dados deve obrigatoriamente ser multibit, nos eixos I e Q. Para realizar o mapeamento, os elementos de atraso devem obrigatoriamente ser inseridos na entrada b1 e b5 para entrelaçamento de bit (ver Figuras 20 e 21).

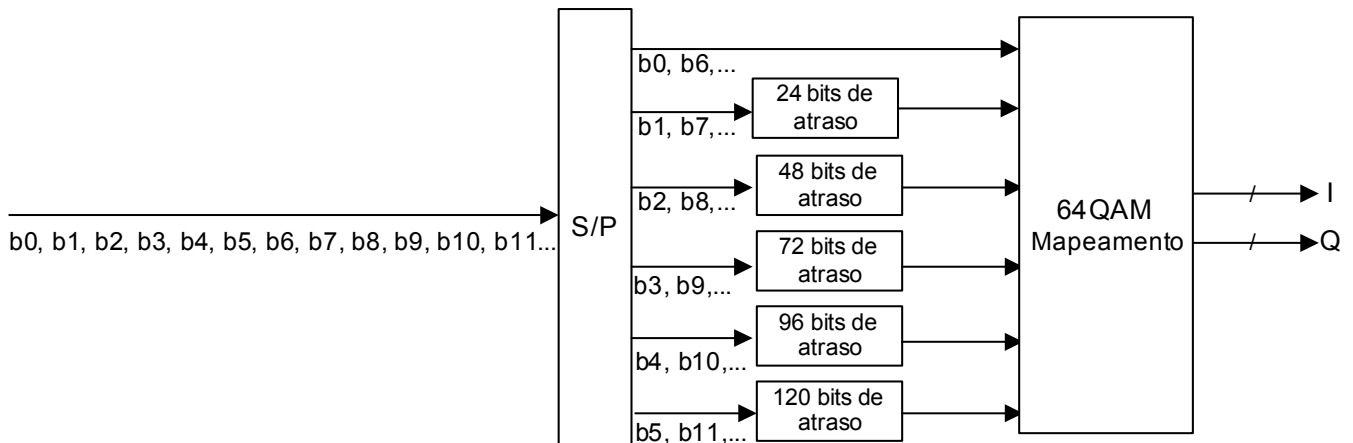


Figura 20 — Diagrama do sistema de modulação 64QAM

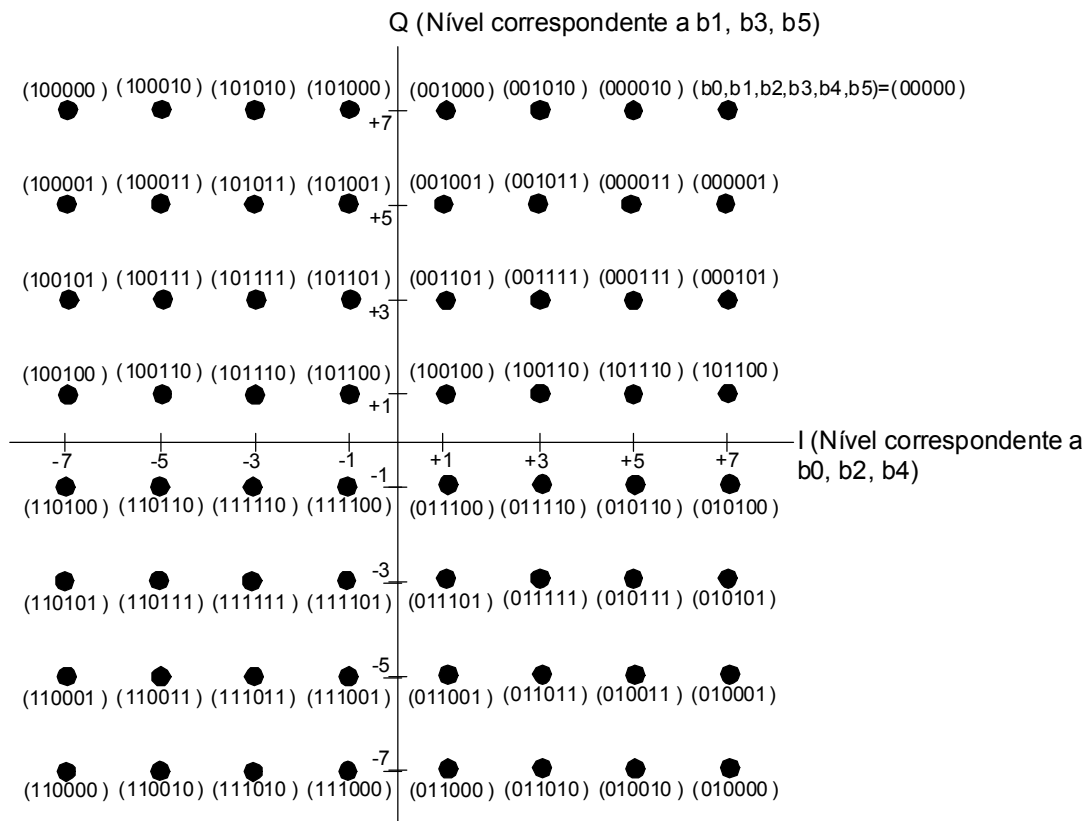


Figura 21 — Constelação 64QAM

6.10.4 Normalização do nível de modulação

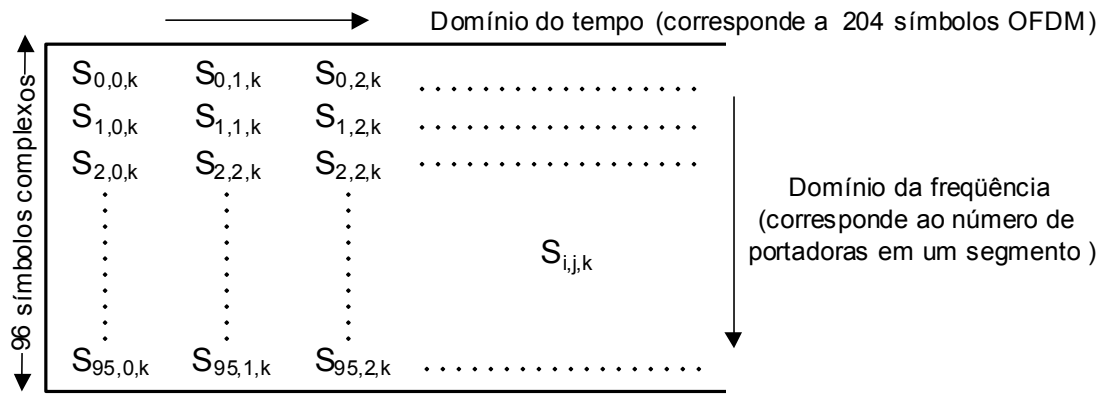
Quando se locam pontos na constelação, como mostrado nas Figuras 15, 17, 19 e 21, expressa como $Z = (I + jQ)$, o nível do sinal de transmissão deve obrigatoriamente ser normalizado, multiplicando cada um desses pontos pelo correspondente fator de normalização mostrado na Tabela 12. Como resultado, a potência média do símbolo OFDM torna-se igual a 1, independentemente de qual esquema de modulação é usado.

Tabela 12 — Normalização do nível de modulação

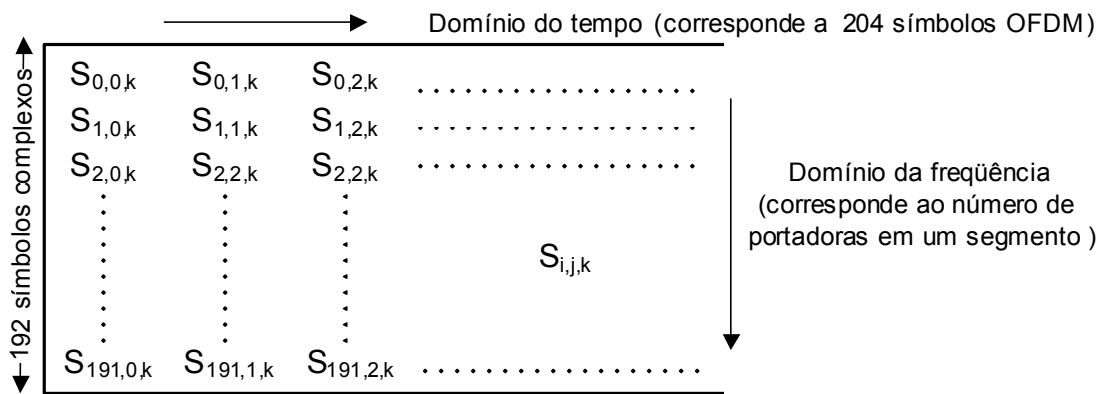
Esquema de modulação da portadora	Fator de normalização
DQPSK deslocado $\pi/4$	$Z/\sqrt{2}$
QPSK	$Z/\sqrt{2}$
16QAM	$Z/\sqrt{10}$
64QAM	$Z/\sqrt{42}$

6.10.5 Configuração do segmento de dados

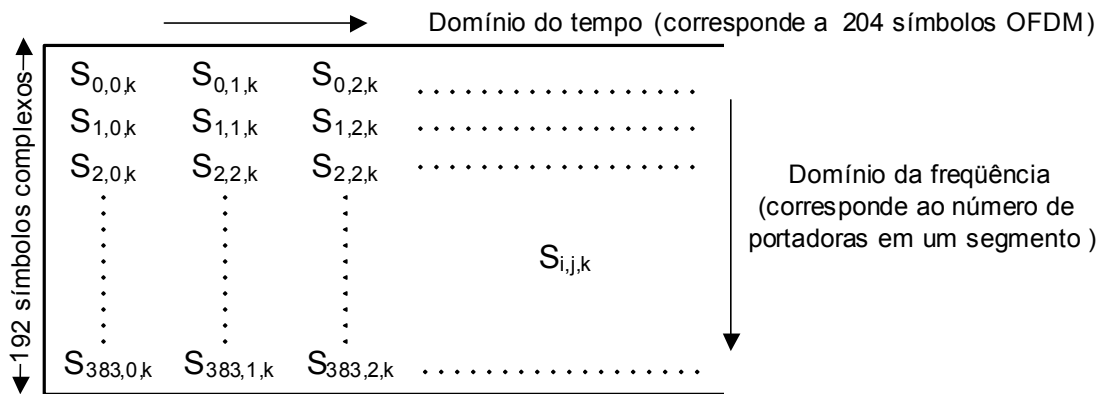
O segmento de dados deve obrigatoriamente ser equivalente a *data part* de um segmento OFDM mostrado em 6.13. O segmento de dados deve obrigatoriamente consistir em 96, 192 e 384 símbolos de portadoras nos modos 1, 2 e 3, respectivamente (ver Figura 22).



a) Estrutura de segmentos de dados no modo 2K



b) Estrutura de segmentos de dados no modo 4K



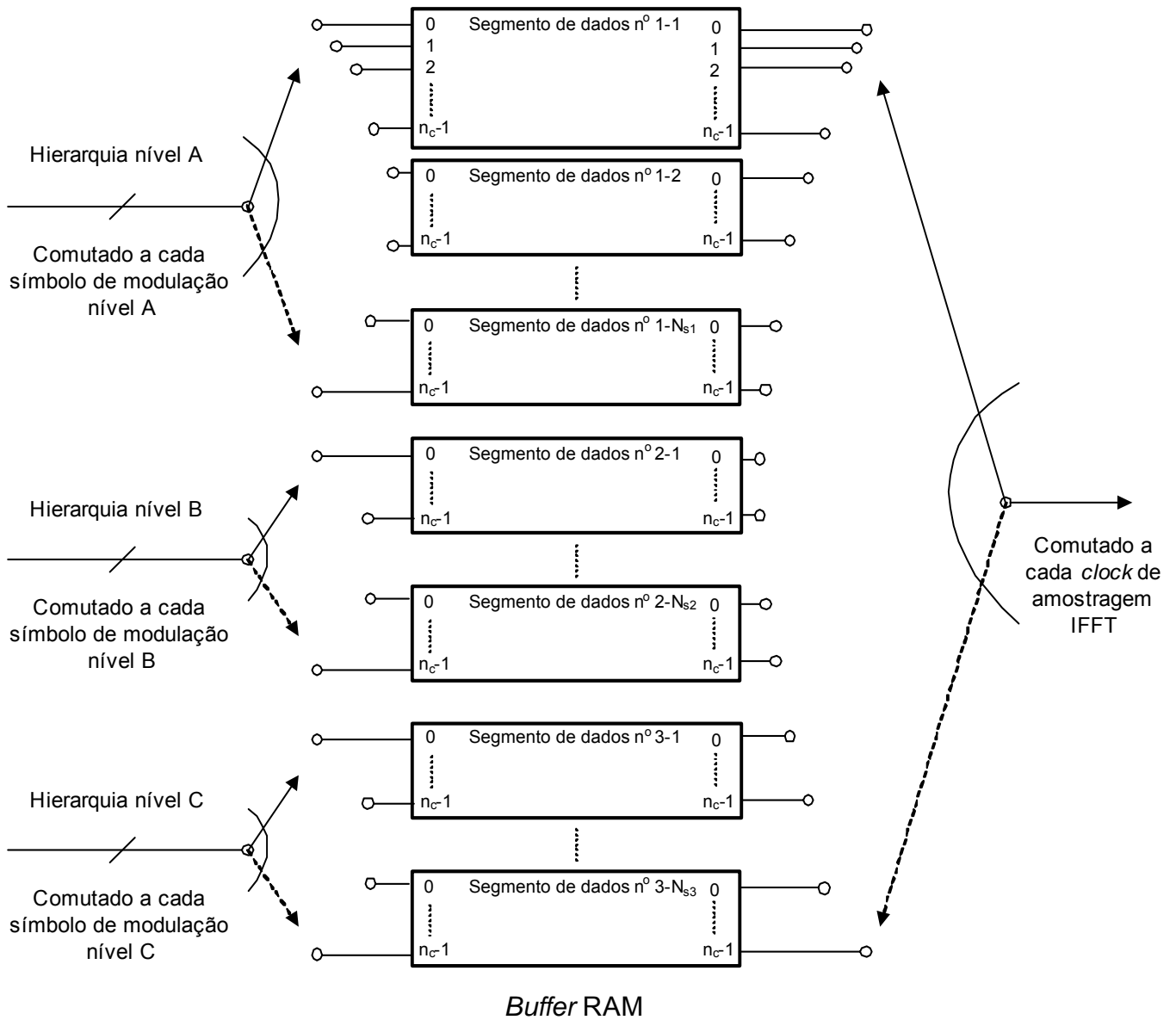
c) Estrutura de segmentos de dados no modo 8K

NOTA $S_{i,j,k}$ representa o k ésimo segmento do símbolo da portadora, sendo “i” a direção da portadora no segmento OFDM e “j” a direção do símbolo no segmento OFDM.

Figura 22 — Configuração do segmento de dados

6.11 Combinação de camadas hierárquicas

Sinais de diferentes camadas hierárquicas, submetidos à codificação de canal, e modulação de portadoras por parâmetros específicos devem obrigatoriamente ser combinados e inseridos no segmento de dados e submetidos à conversão de velocidade (ver Figura 23).



NOTA n_c é 96, 192 e 384 nos modos 1, 2 e 3, respectivamente. N_s corresponde aos blocos das camadas hierárquicas com os segmentos e $N_{s1} + N_{s2} + N_{s3} = 13$.

Figura 23 — Configuração do combinador de camadas

6.12 Time interleaving e frequency interleaving

6.12.1 Time interleaving

Uma vez que as diferentes camadas hierárquicas são combinadas, elas devem obrigatoriamente ser entrelaçadas no tempo em unidades de símbolos de modulação (para cada um dos eixos I e Q) (ver Figuras 24 e 25).

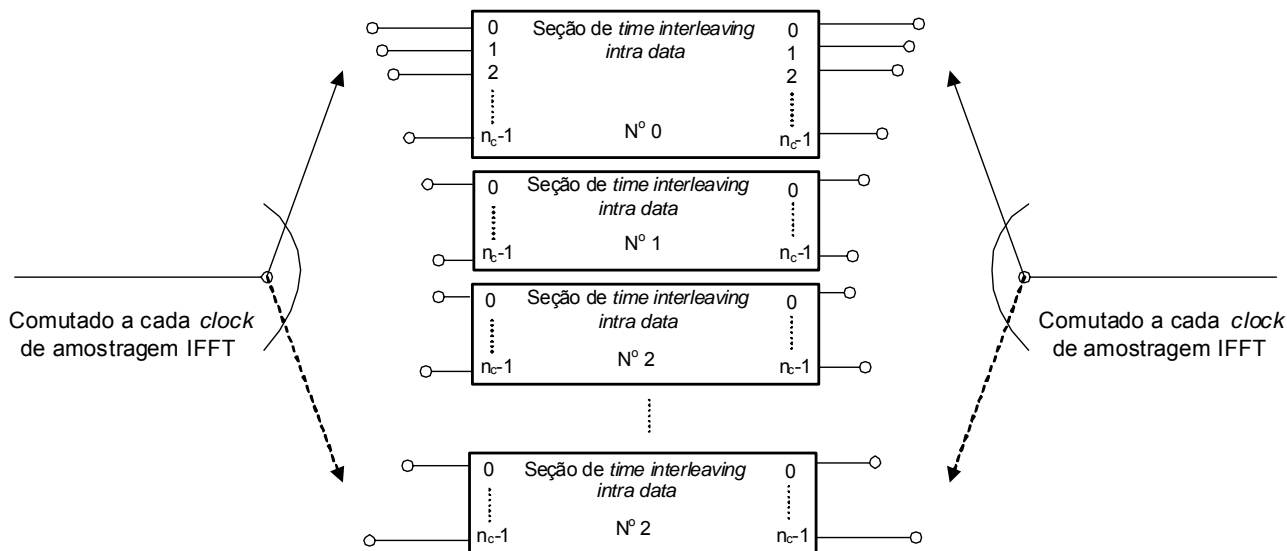
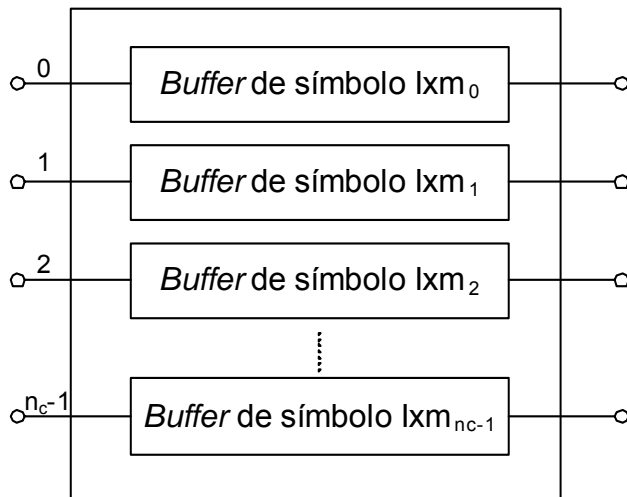


Figura 24 — Configuração da seção de entrelaçamento em tempo



NOTA N_c é 96, 192 e 384 nos modos 1, 2 e 3, respectivamente e $m_i = (i \times 5) \text{ modo } 96$. "l" é o parâmetro relativo ao comprimento de *interleaving* especificado para cada camada hierárquica.

Figura 25 — Configuração da seção de *time interleaving intra data*

O comprimento do *time interleaving* deve obrigatoriamente ser especificado como "1" para cada camada hierárquica, independentemente de outras camadas. As diferenças de atrasos no tempo devem obrigatoriamente ser corrigidas no lado da transmissão, usando o número do símbolo ou atraso apropriado para cada camada de acordo com a Tabela 13, de modo que o número total de atraso de transmissão e recepção seja um múltiplo do número de quadros. O ajuste de atraso deve obrigatoriamente ser realizado no sinal antes do *time interleaving*.

Tabela 13 — Valores do comprimento do *time interleaving* e ajuste de atrasos

Modo 1			Modo 2			Modo 3		
Comprimento (l)	Número de símbolos de ajuste do atraso	Número de quadros atrasados na transmissão e recepção	Comprimento (l)	Número de símbolos de ajuste do atraso	Número de quadros atrasados na transmissão e recepção	Comprimento (l)	Número de símbolos de ajuste do atraso	Número de quadros atrasados na transmissão e recepção
0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	28	2	2	14	1	1	109	1
8	56	4	4	28	2	2	14	1
16	112	8	8	56	4	4	28	2

O ajuste de atraso deve obrigatoriamente ser feito antes do *time interleaving*.

O *time interleaving* tem o objetivo de aumentar a robustez contra desvanecimento (*fading*) através de aleatorização de símbolo de dados após a modulação. A especificação do comprimento de entrelaçamento para cada camada hierárquica deve obrigatoriamente permitir a especificação do comprimento de *interleaving* ótimo, para cada camada, quando o tipo de recepção difere nas diversas camadas (ver Figura 26).

NOTA O uso do código convolucional como método de *time interleaving* visa reduzir os atrasos de transmissão e recepção e diminuir a quantidade de memória necessária no receptor.

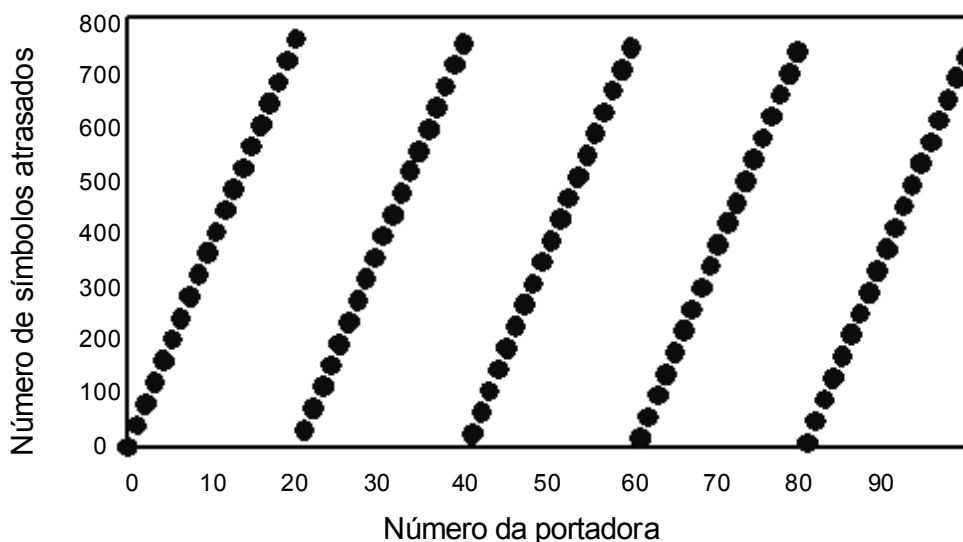


Figura 26 — Arranjo das portadoras seguindo o entrelaçamento temporal (modo 1, l = 8)

6.12.2 Entrelaçamento em frequência

6.12.2.1 Tipos de entrelaçamento em frequência

Durante a divisão do segmento, os números 0 a 12 do segmento de dados (*data segment*) devem obrigatoriamente ser designados seqüencialmente para a porção da recepção parcial, modulação diferencial (segmentos para os quais o DQPSK é especificado para modulação de portadoras) e modulação coerente (segmento para o qual os QPSK, 16QAM e 64QAM são especificados para modulação de portadoras) (ver Figura 27).

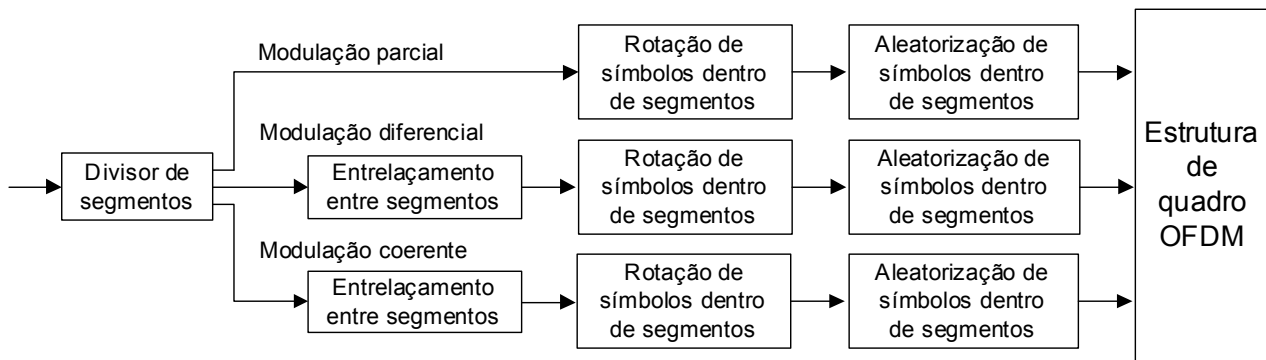


Figura 27 — Configuração da seção de entrelaçamento em frequência

Quanto ao relacionamento entre configuração hierárquica e os segmentos de dados (*data segments*) de um mesmo nível hierárquico, as camadas hierárquicas devem obrigatoriamente ser sucessivamente organizadas e nomeadas camadas A, B e C seqüencialmente, em ordem ascendente do número de segmentos de dados (isto é, do segmento de número menor para o segmento de número maior).

O entrelaçamento entre segmentos deve obrigatoriamente ser realizado em dois ou mais segmentos quando eles pertencem ao mesmo tipo de porção modulada, mesmo que eles pertençam a diferentes níveis hierárquicos.

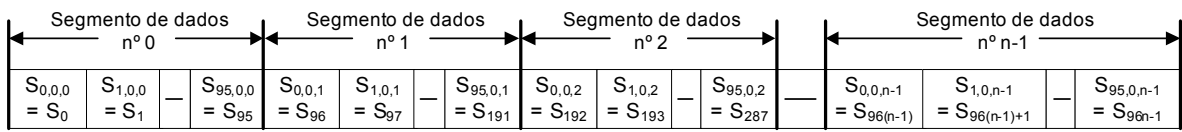
O entrelaçamento entre segmentos não deve ser realizado na porção de recepção parcial, por se considerar que é usado somente no receptor designado para receber este segmento.

Devido à modulação diferencial e modulação síncrona diferirem em termos de estrutura de quadro, como mostrado em 6.13, o entrelaçamento entre segmentos deve obrigatoriamente ser formatado em cada grupo.

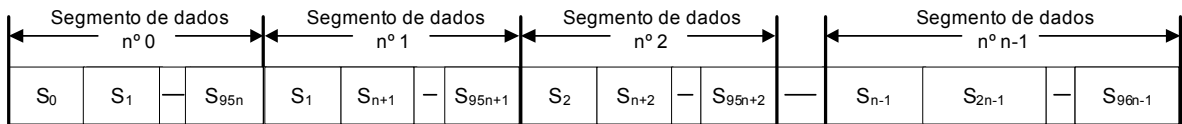
No *inter segment interleaving* realizado ao longo da camada limítrofe, deve-se obrigatoriamente maximizar o efeito de *frequency interleaving*.

6.12.2.2 Entrelaçamento entre segmentos

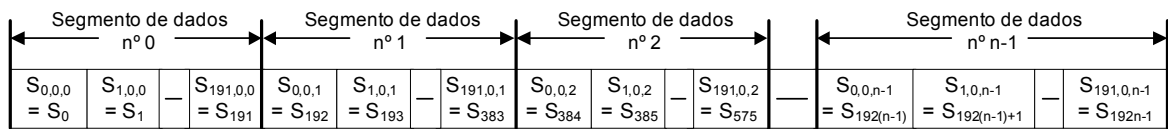
O entrelaçamento entre segmentos deve obrigatoriamente ser realizado em cada modulação diferencial (DQPSK) e modulação síncrona (QPSK, 16QAM, 64QAM), como mostra a Figura 28.



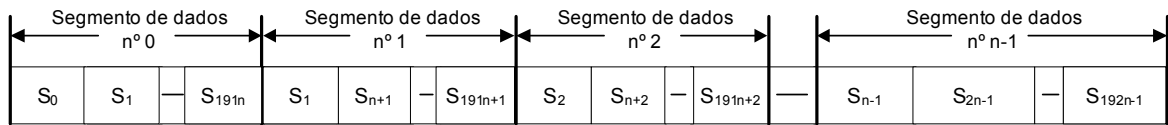
Arranjo de símbolos antes do *interleaving*



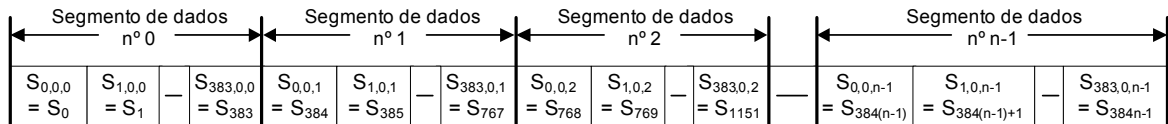
(a) Entrelaçamento entre segmentos – Modo 1



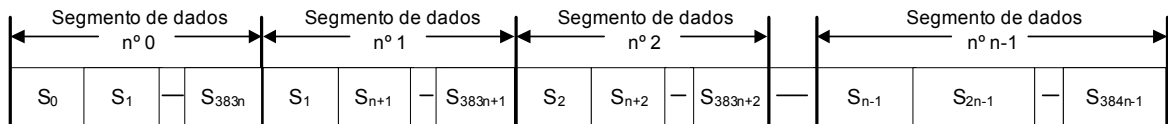
Arranjo de símbolos antes do *interleaving*



(b) Entrelaçamento entre segmentos – Modo 2



Arranjo de símbolos antes do *interleaving*



(c) Entrelaçamento entre segmentos – Modo 3

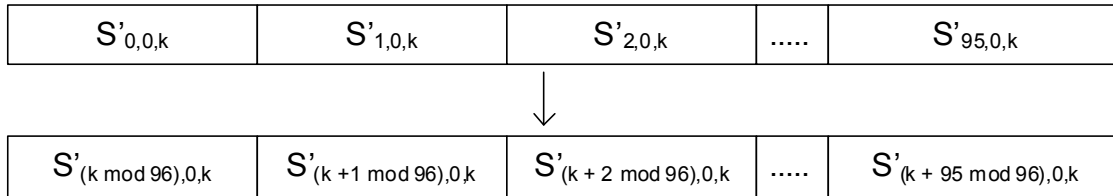
NOTA $S_{i,j,k}$, e n representam símbolos de portadoras nas configurações de segmento de dados (*data segment*) e o número de segmentos designados nas modulações diferencial e síncrona, respectivamente.

Figura 28 — *Inter segment interleaving*

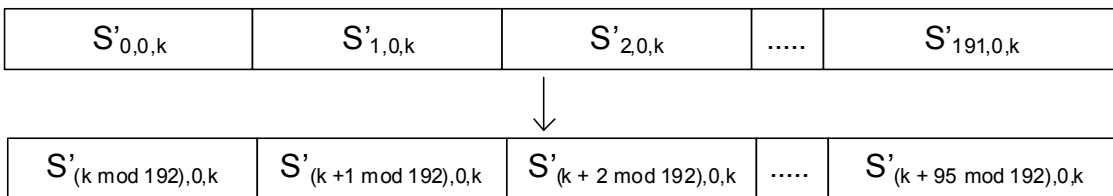
6.12.2.3 Entrelaçamento dentro do segmento

O entrelaçamento dentro do segmento deve obrigatoriamente ser realizado em duas etapas: rotação de portadoras por número de segmentos seguido de aleatorização das portadoras.

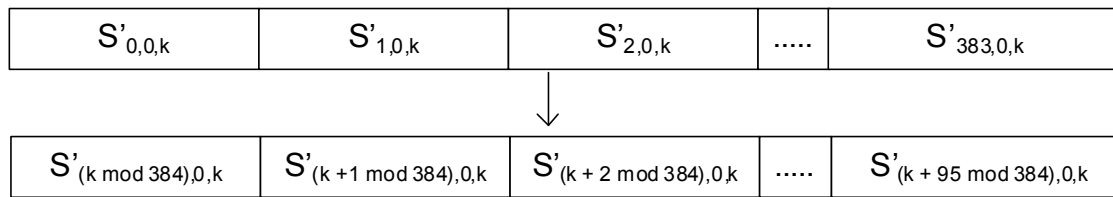
Na rotação das portadoras, as mudanças das portadoras devem obrigatoriamente ser conduzidas como mostrado na Figura 29.



a) Rotação de portadora no modo 1



b) Rotação de portadora no modo 2



c) Rotação de portadora no modo 3

NOTA O símbolo $S'_{i,j,k}$ representa o símbolo da portadora de k_{esimo} segmento, seguindo o *inter segment interleaving*.

Figura 29 — Rotação da portadora

As portadoras aleatorizadas nos modos 1, 2 e 3 devem obrigatoriamente estar de acordo com as Tabelas 14, 15 e 16, que mostram quais portadoras são atribuídas, como resultado do *randomizing* das portadoras, para organização dos dados sobre portadoras que sofreram rotação, em ordem ascendente do número das portadoras.

Tabela 14 — Randomizing das portadoras intra segment no modo 1

Antes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Depois	80	93	63	92	94	55	17	81	6	51	9	85	89	65	52	15	73	66	46	71	12	70	18	13
Antes	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Depois	95	34	1	38	78	59	91	64	0	28	11	4	45	35	16	7	48	22	23	77	56	19	8	36
Antes	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Depois	39	61	21	3	26	69	67	20	74	86	72	25	31	5	49	42	54	87	43	60	29	2	76	84
Antes	74	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Depois	83	40	14	79	27	57	44	37	30	68	47	88	75	41	90	10	33	32	62	50	58	82	53	24

Tabela 15 — Randomizing das portadoras intra segment no modo 2

Antes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Depois	98	35	67	116	135	17	5	93	73	168	54	143	43	74	165	48	37	69	154	150	107	76	176	79
Antes	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Depois	175	36	28	78	47	128	94	163	184	72	142	2	86	14	130	151	114	68	46	183	122	112	180	42
Antes	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Depois	105	97	33	134	177	84	170	45	187	38	167	10	189	51	117	156	161	25	89	125	139	24	19	57
Antes	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Depois	71	39	77	191	88	85	0	162	181	113	140	61	75	82	101	174	118	20	136	3	121	190	120	92
Antes	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
Depois	160	52	153	127	65	60	133	147	131	87	22	58	100	111	141	83	49	132	12	155	146	102	164	66
Antes	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
Depois	1	62	178	15	182	96	80	119	23	6	166	56	99	123	138	137	21	145	185	18	70	129	95	90
Antes	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167
Depois	149	109	124	50	11	152	4	31	172	40	13	32	55	159	41	8	7	144	16	26	173	81	44	103
Antes	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
Depois	64	9	30	157	126	179	148	63	188	171	106	104	158	115	34	186	29	108	53	91	169	110	27	59

Tabela 16 — Randomizing das portadoras *intra segment* no modo 3

Antes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Depois	62	13	371	11	285	336	365	220	226	92	56	46	120	175	298	352	172	235	53	164	368	187	125	82
Antes	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Depois	5	45	173	258	135	182	141	273	126	264	286	88	233	61	249	367	310	179	155	57	123	208	14	227
Antes	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Depois	100	311	205	79	184	185	328	77	115	277	112	20	199	178	143	152	215	204	139	234	358	192	309	183
Antes	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Depois	81	129	256	314	101	43	261	324	142	157	90	214	102	29	303	363	361	31	22	52	305	301	293	177
Antes	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
Depois	116	296	85	196	191	114	58	198	16	167	145	119	245	113	295	193	232	17	108	283	246	64	237	189
Antes	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
Depois	128	373	302	320	239	335	356	39	347	351	73	158	276	243	99	38	287	3	330	153	315	117	289	213
Antes	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167
Depois	210	149	383	337	339	151	241	321	217	30	334	161	322	49	176	359	12	346	60	28	229	265	288	225
Antes	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
Depois	382	59	181	170	319	341	86	251	133	344	361	109	44	369	268	257	323	55	317	381	121	360	260	275
Antes	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215
Depois	190	19	63	18	248	9	240	211	150	230	332	231	71	255	350	355	83	87	154	218	138	269	348	130
Antes	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
Depois	160	278	377	216	236	308	223	254	25	98	300	201	137	219	36	325	124	66	353	169	21	35	107	50
Antes	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263
Depois	106	333	326	262	252	271	263	372	136	0	366	206	159	122	188	6	284	96	26	200	197	186	345	340
Antes	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263
Depois	106	333	326	262	252	271	263	372	136	0	366	206	159	122	188	6	284	96	26	200	197	186	345	340
Antes	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263
Depois	106	333	326	262	252	271	263	372	136	0	366	206	159	122	188	6	284	96	26	200	197	186	345	340
Antes	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287
Depois	349	103	84	228	212	2	67	318	1	74	342	166	194	33	68	267	111	118	140	195	105	202	291	259
Antes	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311
Depois	23	171	65	281	24	165	8	94	222	331	34	238	364	376	266	89	80	253	163	280	247	4	362	379

Tabela 16 (continuação)

Antes	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335
Depois	290	279	54	78	180	72	316	282	131	207	343	370	306	221	132	7	148	299	168	224	48	47	357	313
Antes	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359
Depois	75	104	70	147	40	110	374	69	146	37	375	354	174	41	32	304	307	312	15	272	134	242	203	209
Antes	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383
Depois	380	162	297	327	10	93	42	250	156	338	292	144	378	294	329	127	270	76	95	91	244	274	27	51

Rotação e *randomizing* das portadoras devem obrigatoriamente eliminar a periodicidade no arranjo das portadoras. Essas operações devem obrigatoriamente tornar possível a prevenção dos erros em rajadas de uma portadora específica de segmento, que pode ocorrer se o período do arranjo das portadoras coincidir com o desvanecimento (*fading*) seletivo após o entrelaçamento entre segmentos (ver Figuras 30 e 31).

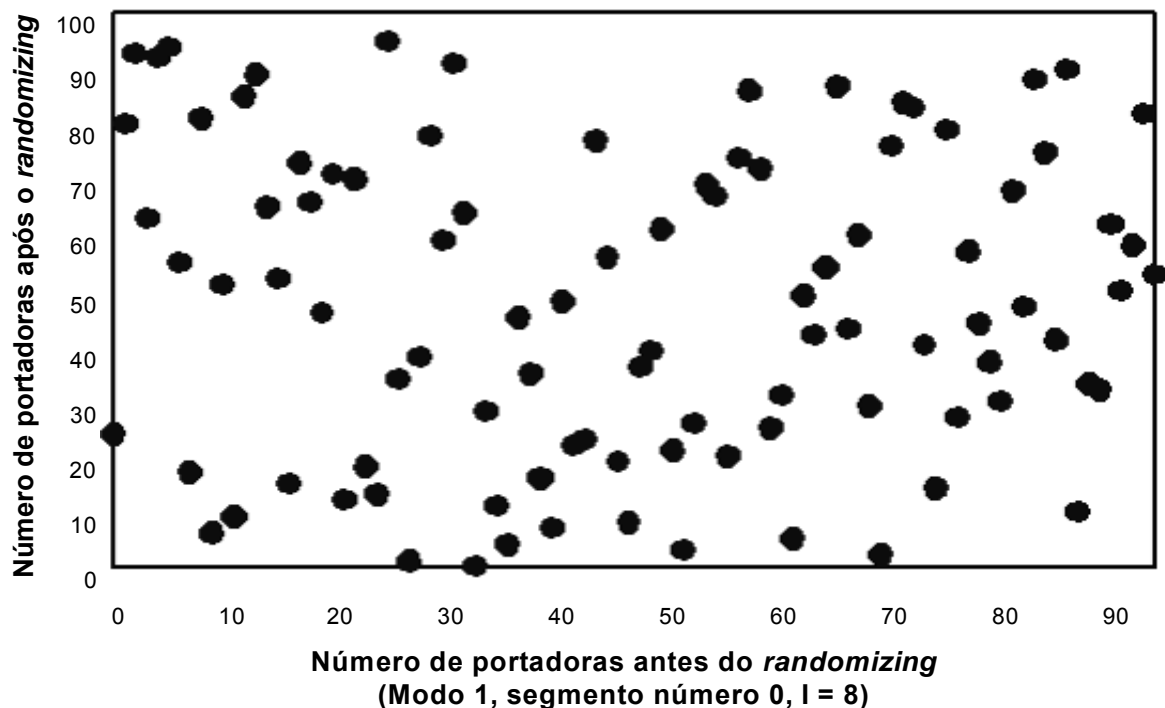


Figura 30 — Exemplo de arranjo das portadoras antes e depois da *randomizing* das portadoras

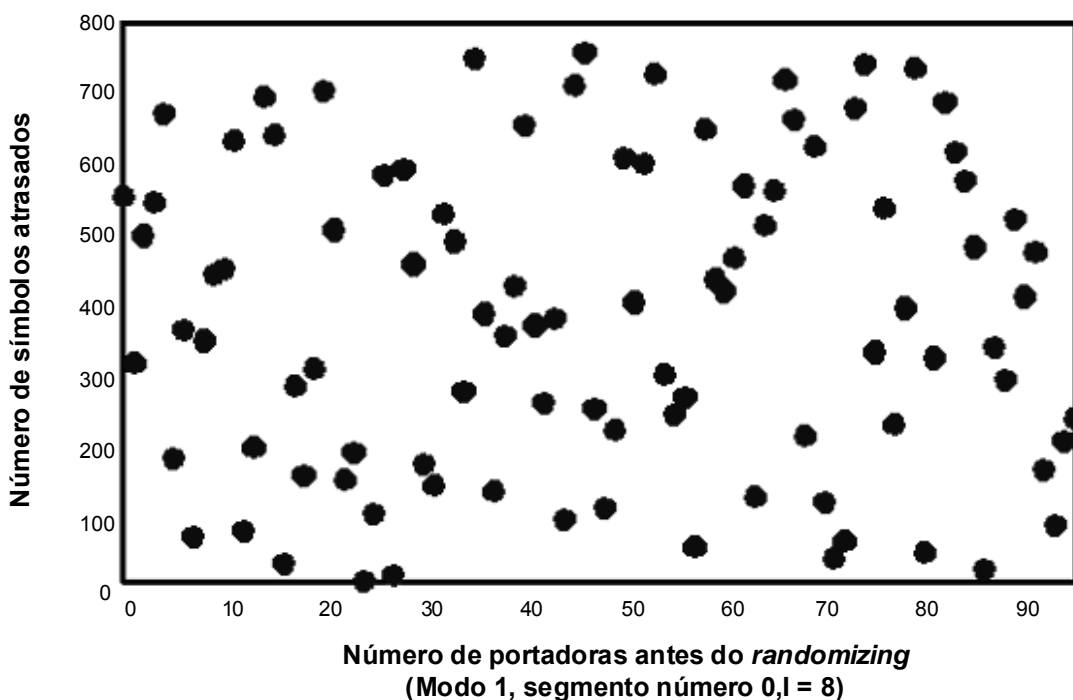


Figura 31 — Exemplo de arranjo das portadoras após entrelaçamento em tempo e da *randomizing* das portadora

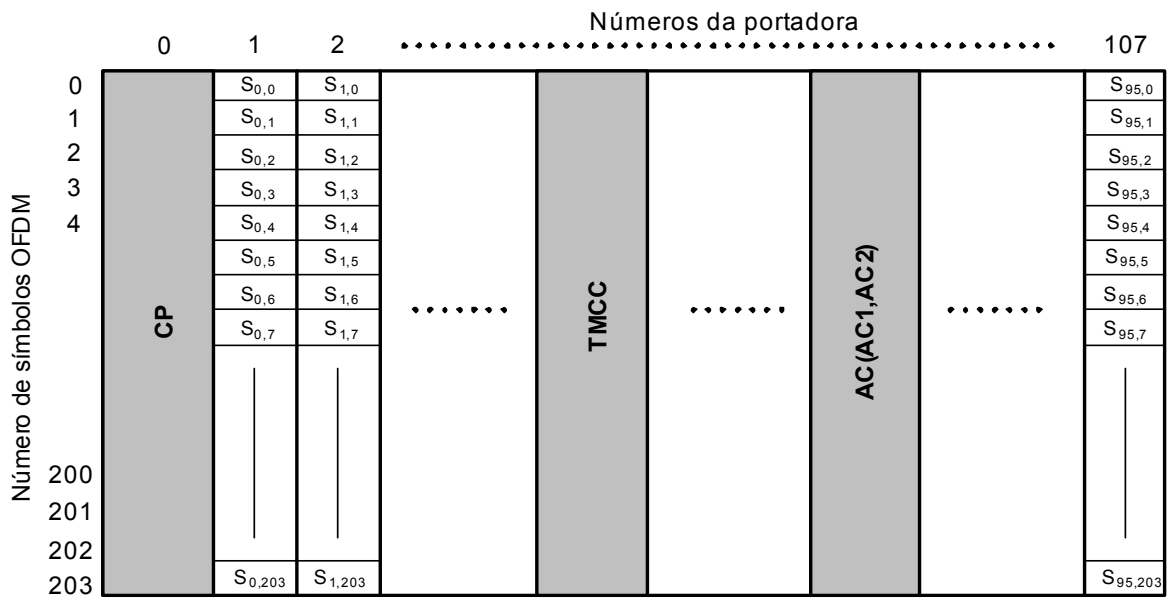
6.13 Estrutura de quadro

6.13.1 Condições para configuração dos segmentos OFDM

Todos os processamentos dos segmentos de dados (*data segments*) requeridos para codificação de canal devem obrigatoriamente estar completos quando as etapas especificadas em 6.12 são executadas. O quadro OFDM deve obrigatoriamente ser concluído através da adição de vários sinais-piloto ao segmento de dados (*data segment*).

6.13.2 Configuração do segmento OFDM para modulação diferencial

A configuração do segmento OFDM para modulação diferencial (DQPSK) deve obrigatoriamente ser de acordo com a Figura 32.



NOTA $S_{i,j}$ representa o símbolo da portadora dentro do segmento de dados (*data segment*), após o *interleaving*.

Figura 32 — Configuração do segmento OFDM para modulação diferencial

O CP, o TMCC e o AC devem obrigatoriamente ser, respectivamente, os pilotos contínuos, o sinal para informação de controle de transporte e o sinal de extensão para informação adicional de transporte.

No modo 1, devem obrigatoriamente estar disponíveis as portadoras de números 0 a 107, enquanto que nos modos 2 e 3 devem obrigatoriamente ser atribuídos às portadoras, números 0 a 215 e 0 a 431, respectivamente.

A organização de vários sinais de controle (representado pelo número das portadoras), que são adicionados pela seção de estrutura de quadro OFDM, em cada modo, deve obrigatoriamente estar de acordo com as Tabelas 17, 18 e 19.

Tabela 17 — Arranjo das portadoras CP, TMCC e AC no modo 1 e modulação diferencial

Número do segmento ^a	11	9	7	5	3	1	0	2	4	6	8	10	12
CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC1_1	10	53	61	11	20	74	35	76	4	40	8	7	98
AC1_2	28	83	100	101	40	100	79	97	89	89	64	89	101
AC2_1	3	3	29	28	23	30	3	5	13	72	36	25	10
AC2_2	45	15	41	45	63	81	72	18	93	95	48	30	30
AC2_3	59	40	84	81	85	92	85	57	98	100	52	42	55
AC2_4	77	58	93	91	105	103	89	92	102	105	74	104	81
TMCC1	13	25	4	36	10	7	49	31	16	5	78	34	23
TMCC2	50	63	7	48	28	25	61	39	30	10	82	48	37
TMCC3	70	73	17	55	44	47	96	47	37	21	85	54	51
TMCC4	83	80	51	59	47	60	99	65	74	44	98	70	68
TMCC5	87	93	71	86	54	87	104	72	83	61	102	101	105

^a Os números do segmento são organizados na ordem ascendente de frequência ao longo do eixo de frequência (ver 6.15).

Tabela 18 — Arranjo das portadoras CP, AC e TMCC no modo 2

Número do segmento	11	9	7	5	3	1	0	2	4	6	8	10	12
CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC1_1	10	61	20	35	4	8	98	53	11	74	76	40	7
AC1_2	28	100	40	79	89	64	101	83	101	100	97	89	89
AC1_3	161	119	182	184	148	115	118	169	128	143	112	116	206
AC1_4	191	209	208	205	197	197	136	208	148	187	197	172	209
AC2_1	3	29	23	3	13	36	10	3	28	30	5	72	25
AC2_2	45	41	63	72	93	48	30	15	45	81	18	95	30
AC2_3	59	84	85	85	98	52	55	40	81	92	57	100	42
AC2_4	77	93	105	89	102	74	81	58	91	103	92	105	104
AC2_5	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
AC2_6	111	136	138	113	180	133	111	137	131	111	121	144	118
AC2_7	123	153	189	126	203	138	153	149	171	180	201	156	138
AC2_8	148	189	200	165	208	150	167	192	193	193	206	160	163
AC2_9	166	199	211	200	213	212	185	201	213	197	210	182	189
TMCC1	13	4	10	49	16	78	23	25	36	7	31	5	34
TMCC2	50	7	28	61	30	82	37	63	48	25	39	10	48
TMCC3	70	17	44	96	37	85	51	73	55	47	47	21	54
TMCC4	83	51	47	99	74	98	68	80	59	60	65	44	70
TMCC5	87	71	54	104	83	102	105	93	86	87	72	61	101
TMCC6	133	144	115	139	113	142	121	112	118	157	124	186	131
TMCC7	171	156	133	147	118	156	158	115	136	169	138	190	145
TMCC8	181	163	155	155	129	162	178	125	152	204	145	193	159
TMCC9	188	167	168	173	152	178	191	159	155	207	182	206	176
TMCC10	201	194	195	180	169	209	195	179	162	212	191	210	213

Tabela 19 — Arranjo das portadoras CP, AC e TMCC no modo 3

Número do segmento	11	9	7	5	3	1	0	2	4	6	8	10	12
CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC1_1	10	20	4	98	11	76	7	61	35	8	53	74	40
AC1_2	28	40	89	101	101	97	89	100	79	64	83	100	89
AC1_3	161	182	148	118	128	112	206	119	184	115	169	143	116
AC1_4	191	208	197	136	148	197	209	209	205	197	208	187	172
AC1_5	277	251	224	269	290	256	226	236	220	314	227	292	223
AC1_6	316	295	280	299	316	305	244	256	305	317	317	313	305
AC1_7	335	400	331	385	359	332	377	398	364	334	344	328	422
AC1_8	425	421	413	424	403	388	407	424	413	352	364	413	425
AC2_1	3	23	13	10	28	5	25	29	3	36	3	30	72
AC2_2	45	63	93	30	45	18	30	41	72	48	15	81	95
AC2_3	59	85	98	55	81	57	42	84	85	52	40	92	100
AC2_4	77	105	102	81	91	92	104	93	89	74	58	103	105
AC2_5	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
AC2_6	111	138	180	111	131	121	118	136	113	133	137	111	144
AC2_7	123	189	203	153	171	201	138	153	126	138	149	180	156
AC2_8	148	200	208	167	193	206	163	189	165	150	192	193	160
AC2_9	166	211	213	185	213	210	189	199	200	212	201	197	182
AC2_10	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216
AC2_11	245	219	252	219	246	288	219	239	229	226	244	221	241
AC2_12	257	288	264	231	297	311	261	279	309	246	261	234	246
AC2_13	300	301	268	256	308	316	275	301	314	271	297	273	258
AC2_14	309	305	290	274	319	321	293	321	318	297	307	308	320
AC2_15	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324
AC2_16	352	329	349	353	327	360	327	354	396	327	347	337	334
AC2_17	369	342	354	365	396	372	339	405	419	369	387	417	354
AC2_18	405	381	366	408	409	376	364	416	424	383	409	422	379
AC2_19	415	416	428	417	413	398	382	427	429	401	429	426	405
TMCC1	13	10	16	23	36	31	34	4	49	78	25	7	5
TMCC2	50	28	30	37	48	39	48	7	61	82	63	25	10
TMCC3	70	44	37	51	55	47	54	17	96	85	73	47	21
TMCC4	83	47	74	68	59	65	70	51	99	98	80	60	44
TMCC5	87	54	83	105	86	72	101	71	104	102	93	87	61
TMCC6	133	115	113	121	118	124	131	144	139	142	112	157	186
TMCC7	171	133	118	158	136	138	145	156	147	156	115	169	190
TMCC8	181	155	129	178	152	145	159	163	155	162	125	204	193
TMCC9	188	168	152	191	155	182	176	167	173	178	159	207	206
TMCC10	201	195	169	195	162	191	213	194	180	209	179	212	210
TMCC11	220	265	294	241	223	221	229	226	232	239	252	247	250
TMCC12	223	277	298	279	241	226	266	244	246	253	264	255	264
TMCC13	233	312	301	289	263	237	286	260	253	267	271	263	270
TMCC14	267	315	314	296	276	260	299	263	290	284	275	281	286
TMCC15	287	320	318	309	303	277	303	270	299	321	302	288	317
TMCC16	360	355	358	328	373	402	349	331	329	337	334	340	347
TMCC17	372	363	372	331	385	406	387	349	334	374	352	354	361
TMCC18	379	371	378	341	420	409	397	371	345	394	368	361	375
TMCC19	383	389	394	375	423	422	404	384	368	407	371	398	392
TMCC20	410	396	425	395	428	426	417	411	385	411	378	407	429

O CP da modulação do segmento diferencial deve obrigatoriamente servir como SP de modulação síncrona de segmento, quando o segmento da modulação diferencial, na frequência mais baixa, é adjacente a um dos segmentos de modulação síncrona. O CP deve obrigatoriamente ser então provido para essa baixa frequência do fim. O receptor, de maneira síncrona, deve obrigatoriamente detectar esse CP como fim do CP de alta frequência, do segmento de modulação síncrona.

O TMCC e portadoras AC (AC1 e AC2) devem obrigatoriamente ser arranjados aleatoriamente com relação à frequência, a fim de reduzir a degradação causada pela queda periódica nas características do canal sob ambiente de multipercurso. As portadoras AC servem não somente como sinal de piloto AC, mas também podem ser usadas como portadora para informação adicional no controle da transmissão.

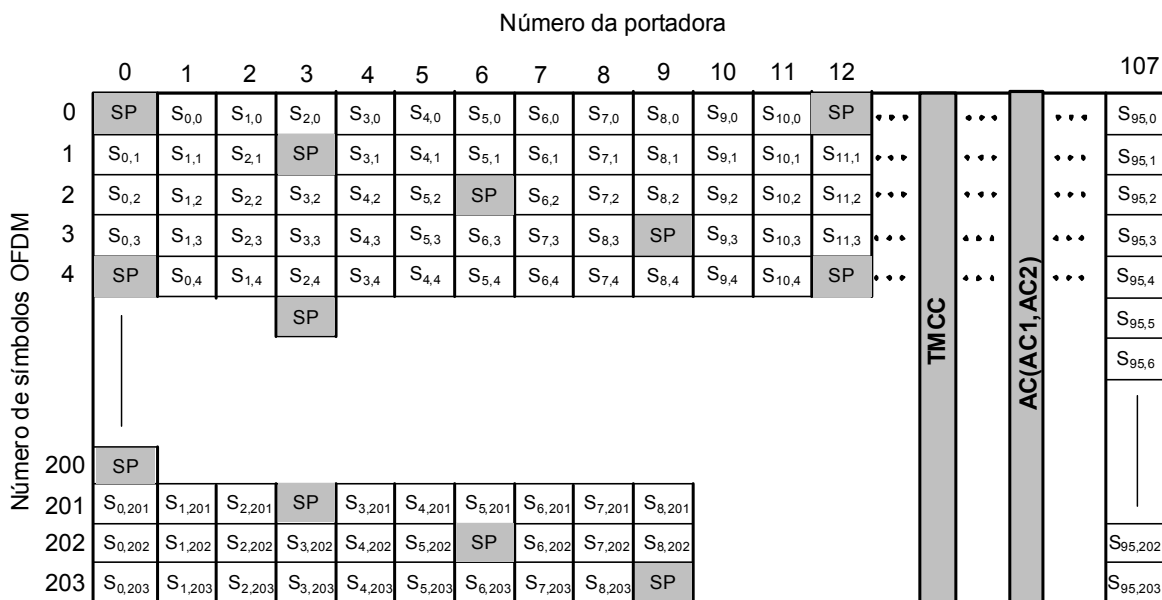
As portadoras AC1 para segmento de modulação diferencial devem obrigatoriamente ser arranjadas na mesma posição, como aquelas do segmento de modulação síncrona.

6.13.3 Configuração do segmento OFDM para modulação síncrona

O SP deve obrigatoriamente ser inserido uma vez a cada 12 portadoras, na direção das portadoras, e uma vez a cada 4 símbolos, na direção dos símbolos (ver Figura 33). O arranjo das portadoras AC e TMCC deve obrigatoriamente estar de acordo com as Tabelas 20, 21 e 22.

O arranjo das portadoras AC1 deve obrigatoriamente ser o mesmo para a modulação síncrona e para modulação diferencial. As portadoras AC2 devem obrigatoriamente estar disponíveis somente na modulação diferencial, sendo que a modulação síncrona não tem nenhuma portadora AC2.

As portadoras TMCC e AC (AC1) devem obrigatoriamente ser arranjadas aleatoriamente, relativas à direção da frequência, a fim de reduzir o impacto de atenuações de canal causadas por multipercurso. As portadoras AC1 para o segmento da modulação diferencial devem obrigatoriamente ser arranjadas na mesma posição dos segmentos da modulação síncrona.



NOTA S_{ij} representa o símbolo da portadora dentro do segmento de dados, seguindo o entrelaçamento (*interleaving*).

Figura 33 — Configuração do segmento OFDM para modulação síncrona (QPSK, 16QAM, 64QAM) no modo 1

Tabela 20 — Arranjo das portadoras AC e TMCC no modo 1 e modulação síncrona

Número do segmento	11	9	7	5	3	1	0	2	4	6	8	10	12
AC1_1	10	53	61	11	20	74	35	76	4	40	8	7	98
AC1_2	28	83	100	101	40	100	79	97	89	89	64	89	101
TMCC 1	70	25	17	86	44	47	49	31	83	61	85	101	23

Tabela 21 — Arranjo das portadoras AC e TMCC no modo 2 e modulação síncrona

Número do segmento	11	9	7	5	3	1	0	2	4	6	8	10	12
AC_1	10	61	20	35	4	8	98	53	11	74	76	40	7
AC_2	28	100	40	79	89	64	101	83	101	100	97	89	89
AC_3	161	119	182	184	148	115	118	169	128	143	112	116	206
AC_4	191	209	208	205	197	197	136	208	148	187	197	172	209
TMCC 1	70	17	44	49	83	85	23	25	86	47	31	61	101
TMCC 2	133	194	155	139	169	209	178	125	152	157	191	193	131

Tabela 22 — Arranjo das portadoras AC e TMCC no modo 3

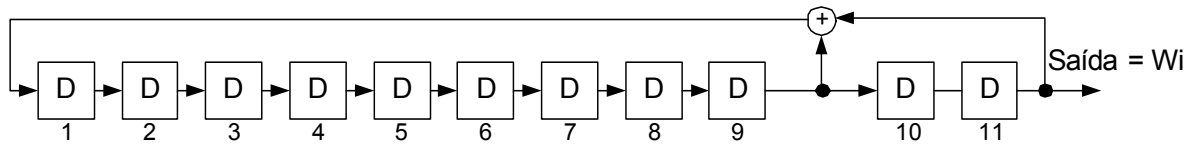
Número do segmento	11	9	7	5	3	1	0	2	4	6	8	10	12
AC1_1	10	20	4	98	11	76	7	61	35	8	53	74	40
AC1_2	28	40	89	101	101	97	89	100	79	64	83	100	89
AC1_3	161	182	148	118	128	112	206	119	184	115	169	143	116
AC1_4	191	208	197	136	148	197	209	209	205	197	208	187	172
AC1_5	277	251	224	269	290	256	226	236	220	314	227	292	223
AC1_6	316	2295	280	299	316	305	244	256	305	317	317	313	305
AC1_7	335	400	331	385	359	332	377	398	364	334	344	328	422
AC1_8	425	421	413	424	403	388	407	424	413	352	364	413	425
TMCC 1	70	44	83	23	86	31	101	17	49	85	25	47	61
TMCC 2	133	155	169	178	152	191	131	194	139	209	125	157	193
TMCC 3	233	265	301	241	263	277	286	260	299	239	302	247	317
TMCC 4	410	355	425	341	373	409	349	371	385	394	368	407	347

6.14 Sinal-piloto

6.14.1 Piloto espalhado (SP - *scattered pilot*)

O sinal-piloto espalhado deve obrigatoriamente ser um sinal BPSK que se correlaciona à seqüência do bit de saída W_i do circuito de geração de PRBS (ver Figura 34). A seguinte equação mostra o polinômio gerador do PRBS:

$$G(x) = X^{11} + X^9 + 1$$



NOTA A letra i de W_i corresponde ao número i da portadora do segmento OFDM.

Figura 34 — Circuito de geração de PRBS

O valor inicial do circuito de geração do PRBS deve obrigatoriamente ser definido para cada segmento.

Os valores iniciais devem obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 23, enquanto a correspondência entre W_i e o sinal de modulação deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 24.

Tabela 23 — Valor inicial do circuito de geração de PRBS

Número do segmento	Valor inicial no modo 1	Valor inicial no modo 2	Valor inicial no modo 3
11	11111111111	11111111111	11111111111
9	11011001111	01101011110	11011100101
7	01101011110	11011100101	10010100000
5	01000101110	11001000010	01110001001
3	11011100101	10010100000	00100011001
1	00101111010	00001011000	11100110110
0	11001000010	01110001001	00100001011
2	00010000100	00000100100	11100111101
4	10010100000	00100011001	01101010011
6	11110110000	01100111001	10111010010
8	00001011000	11100110110	01100010010
10	10100100111	00101010001	11110100101
12	01110001001	00100001011	00010011100

NOTA Os valores estão organizados em ordem ascendente de bits da esquerda para a direita. Cada valor inicial coincide com o valor obtido, fixando todos os bits para um valor inicial de 1 s, continuamente gerando todas as portadoras em toda a banda, começando com a portadora mais à esquerda (portadora 0 do segmento 11) e terminando com a portadora mais à direita.

Tabela 24 — W_i e sinal de modulação

Valor W_i	Amplitude do sinal modulado (I, Q)
1	(- 4/3, 0)
0	(+ 4/3, 0)

6.14.2 Piloto contínuo (CP)

O piloto contínuo (CP) deve obrigatoriamente ser um sinal BPSK modulado de acordo com a posição da portadora (número da portadora dentro do segmento), dentro do qual ele é inserido, e também de acordo com o valor de W_i . A correspondência entre W_i e o sinal modulante deve obrigatoriamente ser a mesma mostrada na Tabela 24. O ângulo de fase do CP com relação à posição da portadora deve obrigatoriamente ser constante, em todo símbolo.

6.14.3 TMCC

O sinal de controle TMCC deve obrigatoriamente ser transmitido por meio do sinal DBPSK modulado de acordo com 6.15. A referência para a modulação diferencial B_0 deve obrigatoriamente ser estipulada pelo W_i mostrado em 6.14.1. Após a codificação diferencial, o sinal TMCC modulado deve obrigatoriamente assumir o ponto do sinal (+ 4/3, 0) e (- 4/3, 0) para a informação 0 e 1, respectivamente.

A informação B'_0 para B'_{203} disponível seguindo a codificação diferencial deve obrigatoriamente ser estipulada em relação à informação B_0 para B_{203} antes da codificação diferencial, como segue:

$B'_0 = W_i$ (referencial para modulação diferencial);

$B'_k = B'_{k-1} \oplus B_k$; $k = 1, 203$, \oplus representa EXCLUSIVE OR

6.14.4 AC

O AC deve obrigatoriamente ser um canal designado para transportar informação adicional para controle do sinal de transmissão. A informação adicional AC deve obrigatoriamente ser transmitida pela modulação da portadora-piloto em DBPSK (do tipo similar a CP). A referência para modulação diferencial deve obrigatoriamente ser provida pelo primeiro símbolo do quadro e assume o sinal que corresponde ao valor de W_i estipulado em 6.14.1.

O sinal de modulação AC deve obrigatoriamente assumir o sinal (+ 4/3, 0) e (- 4/3, 0) respectivamente para a informação 0 e 1, disponível na codificação diferencial. Se não existir informação adicional, a informação 1 deve obrigatoriamente ser inserida como bit de enchimento.

Dois canais devem obrigatoriamente estar disponíveis como canais AC: AC1 deve obrigatoriamente ser o canal no qual a mesma posição da portadora é empregada para todos os segmentos, indiferentemente de qual esquema de modulação é usado, e o canal AC2 deve obrigatoriamente ser empregado apenas no segmento com modulação diferencial.

Para assegurar a diversidade de aplicações para transmissão AC, deve obrigatoriamente ser incluso somente um esquema de modulação que é o DBPSK.

A capacidade de transmissão para todos os canais de televisão varia dependendo da configuração dos segmentos (ver Tabela 25).

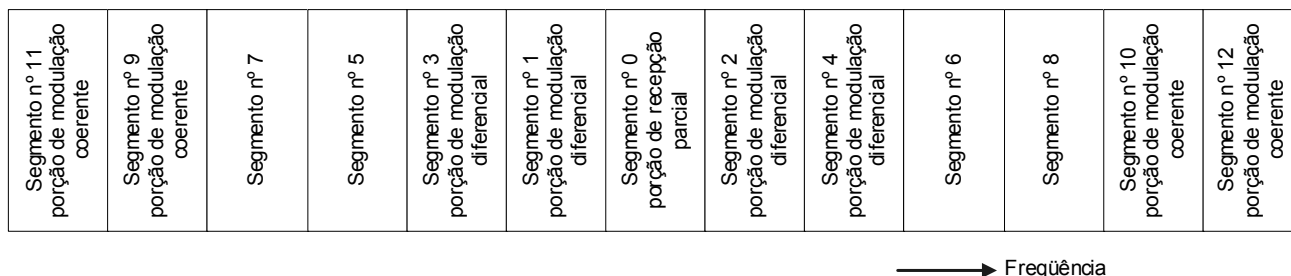
Tabela 25 — Exemplos de capacidade de transmissão para portadora AC (modo 1, intervalo de guarda 1/8)

	Segmento de modulação síncrono		Segmento de modulação diferencial	
	1	13	1	13
AC1	7,0 kbps	91,5 kbps	7,0 kbps	91,3 kbps
AC2	-	-	14,0 kbps	182,5 kbps

6.15 Configuração do espectro de transmissão

6.15.1 Localização dos segmentos dentro do espectro de 6 MHz

O arranjo do segmento OFDM deve obrigatoriamente ser de acordo com a Figura 35. O segmento número 0 deve obrigatoriamente ser posicionado no centro da banda e os segmentos sucessivos colocados alternativamente acima e abaixo deste segmento.



NOTA “Porção de recepção parcial”, “Porção de modulação diferencial” e “Porção de modulação síncrona” são exemplos de uso dos segmentos.

Figura 35 — Numeração dos segmentos OFDM no espectro de transmissão e exemplo de uso

Para transmissão hierárquica, o segmento de modulação diferencial deve obrigatoriamente ser atribuído alternativamente acima e abaixo do segmento nº 0, na ordem ascendente do número de segmento, com segmento de modulação síncrona atribuído alternadamente acima e abaixo do segmento de modulação diferencial. Para a transmissão hierárquica, a posição do segmento atribuído para recepção parcial deve obrigatoriamente ser sempre nº 0.

Para fazer a transmissão do espectro total, um piloto contínuo, com sua fase estipulada pelo Wi deve obrigatoriamente ser provido no lado direito no fim da banda. O sinal de modulação usado para a portadora da extrema direita deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 26.

Tabela 26 — Sinal de modulação para portadora contínua

Modo	Amplitude do sinal de modulação (I, Q)
Modo 1	(- 4/3, 0)
Modo 2	(+ 4/3, 0)
Modo 3	(+ 4/3, 0)

A portadora contínua no lado da frequência superior da banda de televisão é uma portadora-piloto requerida para demodulação quando o segmento adjacente deve obrigatoriamente ser de modulação síncrona. Essa portadora deve obrigatoriamente estar sempre presente no sistema brasileiro.

O segmento de recepção parcial deve obrigatoriamente ser sempre atribuído ao segmento de nº 0, a fim de assegurar fácil sintonia pelo receptor.

6.15.2 Formato do sinal de RF

O formato de sinal na banda de RF deve obrigatoriamente ser estipulado pelas seguintes equações:

$$s(t) = \text{Re} \left\{ e^{j2\pi f_c t} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{K-1} c(n, k) \psi(n, k, t) \right\}$$

$$\psi(n, k, t) = \begin{cases} e^{j2\pi \frac{k-K_c}{T_u} (t-T_g - nT_s)} & nT_s \leq t < (n+1)T_s \\ 0 & t < nT_s, \quad (n+1)T_s \leq t \end{cases}$$

onde

k é o número da portadora que é sucessivo para toda a banda, com o número 0 atribuído à portadora 0 do segmento 11;

n é o número do símbolo;

K representa as portadoras totais (modo 1: 1 405, modo 2: 2 809, modo 3: 5 617);

T_s é o tempo de duração do símbolo OFDM;

T_g é o tempo de duração do intervalo de guarda;

T_u é o tempo de duração da parte útil do símbolo;

f_c é o centro da frequência do sinal de RF;

K_c é o número da portadora correspondendo ao centro da frequência de RF (modo 1: 702, modo 2: 1 404, modo 3: 2 808);

$c(n, k)$ é o vetor complexo do sinal ponto correspondente ao símbolo número n e portadora número k ;

$s(t)$ é o sinal de RF.

A frequência central para radiodifusão terrestre digital deve obrigatoriamente ser estipulada pela frequência de RF correspondente a K_c .

6.15.3 Inserção de intervalo de guarda

Na parte final da saída de dados do IFFT, para uma duração específica, deve obrigatoriamente ser adicionado um intervalo de guarda, sem nenhuma modificação, no começo do símbolo efetivo (ver Figura 36).

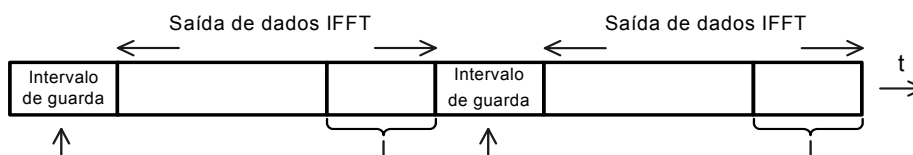


Figura 36 — Inserção de intervalo de guarda

6.16 Sinal TMCC – Esquema de codificação e sistema de transmissão

6.16.1 Visão geral

O sinal TMCC deve obrigatoriamente ser usado para transportar a informação de como o receptor deve obrigatoriamente configurar a demodulação, bem como a informação sobre a configuração hierárquica e parâmetros de transmissão do segmento OFDM. O sinal TMCC deve obrigatoriamente ser transmitido por meio da portadora TMCC (ver 6.14).

6.16.2 Atribuição dos bits da portadora TMCC

A atribuição de bits da portadora 204 TMCC para B_0 a B_{203} deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 27.

Tabela 27 — Atribuição de bits

B_0	Referência para demodulação diferencial
$B_1 - B_{16}$	Sinal de sincronização ($W_0 = 0011010111101110$, $W_1 = 1100101000010001$)
$B_{17} - B_{19}$	Identificação do tipo de segmento (diferencial: 111; síncrono: 000)
$B_{20} - B_{121}$	Informação da TMCC (102 bits)
$B_{122} - B_{203}$	Bit de paridade

6.16.3 Referências para demodulação diferencial

As referências de amplitude e fase para demodulação diferencial devem obrigatoriamente ser dadas por W_i (ver Tabela 23).

6.16.4 Sinal de sincronização

O sinal de sincronização deve obrigatoriamente consistir em palavras de 16 bits e assumir uma entre duas formas:

- com $W_0 = 0011010111101110$;
- com $W_1 = 1100101000010001$, obtido invertendo cada bit do W_0 .

Uma das W_0 e W_1 deve obrigatoriamente ser transmitida alternadamente a cada quadro (ver Tabela 28).

Tabela 28 — Exemplo de transmissão de sinal de sincronização

Número dos quadros ^a	Sinal de sincronização
1	0011010111101110
2	1100101000010001
3	0011010111101110
4	1100101000010001
.	.
.	.

^a Os números dos quadros são atribuídos por conveniência de descrição.

O sinal de sincronização deve obrigatoriamente ser designado para estabelecer a sincronização entre a transmissão e recepção de um sinal de TMCC e o quadro OFDM. Para evitar o falso bloqueio de sincronização, causado pelo perfil de casamento de bit de informação TMCC do sinal de sincronização, a polaridade do sinal de sincronização deve obrigatoriamente ser invertida a cada quadro.

NOTA É possível prever o falso bloqueio de sincronização por meio da inversão de polaridade do sinal de sincronização, pois a informação TMCC por si não é invertida a cada quadro.

6.16.5 Identificação do tipo de segmento

O sinal B_{17} , B_{18} , B_{19} deve obrigatoriamente ser usado para determinar se um segmento tem modulação diferencial ou síncrona. Devem obrigatoriamente ser atribuídos a esse sinal palavras de três bits “111” para modulação diferencial e “000” para modulação síncrona, respectivamente.

O número da portadora TMCC varia dependendo do formato do segmento. Deve obrigatoriamente existir somente uma portadora TMCC, se a recepção parcial pertencer a uma das modulações síncronas. Nesse caso, para assegurar uma decodificação confiável, três bits devem obrigatoriamente ser atribuídos para o sinal de identificação, de modo que a distância código a código se torne máxima quando esses bits são invertidos.

6.16.6 Informação do sinal TMCC

6.16.6.1 Função do TMCC

A informação TMCC deve auxiliar o receptor na demodulação e decodificação de várias informações, incluindo o sistema de identificação, o indicador de comutação dos parâmetros de transmissão, o *flag* iniciar o alarme de emergência de radiodifusão, a informação atual e a próxima informação.

A informação atual deve obrigatoriamente representar a configuração hierárquica atual e parâmetros de transmissão, enquanto que a próxima informação deve obrigatoriamente incluir os parâmetros de transmissão que se segue à comutação.

Antes da contagem regressiva para a comutação (ver 6.16.6.3), a próxima informação pode ser especificada ou mudada no tempo desejado. Entretanto, essa mudança não pode ser feita durante a contagem regressiva.

As informações de bits atribuídas e parâmetros de transmissão incluídas na próxima informação devem obrigatoriamente estar de acordo com as Tabelas 29 e 30.

NOTA Dos 102 bits da informação TMCC, 90 bits foram definidos até hoje. Os 12 bits remanescentes são reservados para futuras expansões. Para a operação, todos esses bits são preenchidos com 1 s.

Tabela 29 — Informação TMCC

Atribuição de bit	Descrição	Observações	
$B_{20} - B_{21}$	Identificação de sistema	Ver Tabela 31	
$B_{22} - B_{25}$	Indicador dos parâmetros de comutação de transmissão	Ver Tabela 32	
B_{26}	Partida do <i>flag</i> para alarme de emergência de radiodifusão	Ver Tabela 33	
B_{27}	<i>Flag</i> de recepção parcial	Ver Tabela 34	
$B_{28} - B_{40}$	Informação atual	Ver Tabela 30	
$B_{41} - B_{53}$			Informação dos parâmetros de transmissão para camada hierárquica A
$B_{54} - B_{66}$			Informação dos parâmetros de transmissão para camada hierárquica B
B_{67}	Próxima informação	Ver Tabela 30	
$B_{68} - B_{80}$			Informação dos parâmetros de transmissão para camada hierárquica C
$B_{81} - B_{93}$			Informação dos parâmetros de transmissão para camada hierárquica A
$B_{94} - B_{106}$	Informação dos parâmetros de transmissão para camada hierárquica B		
$B_{107} - B_{109}$	Correção do valor de desvio de fase para segmento de transmissão conectado	1 para todos os bits	
$B_{110} - B_{121}$	Reservado	1 para todos os bits	

Tabela 30 — Conteúdos de informação dos parâmetros de transmissão

Descrição	Número de bits	Observações
Esquema de modulação de portadora	3	Ver Tabela 35
Taxa do codificador convolucional	3	Ver Tabela 36
Comprimento do <i>interleaving</i>	3	Ver Tabela 37
Número de segmentos	4	Ver Tabela 38

6.16.6.2 Sistema de identificação

Dois bits devem obrigatoriamente ser atribuídos para prover o sinal com a finalidade de identificação. No caso do sistema brasileiro, os bits de identificação devem obrigatoriamente ser “00”; os demais valores são reservados (ver Tabela 31).

Tabela 31 — Sistema de identificação

B ₂₀ - B ₂₁	Propósito
00	Sistema de televisão digital terrestre baseado nesta especificação
01, 10, 11	Reservado

6.16.6.3 Indicador de comutação de parâmetros de transmissão

A comutação entre os conjuntos de parâmetros de transmissão, o conteúdo dos indicadores de comutação e parâmetros de transmissão deve obrigatoriamente ser contada regressivamente, a fim de informar ao receptor o indicador de comutação dos parâmetros de transmissão e permitir o ajuste adequado.

Esses bits indicadores são normalmente ajustados em “1111”. Entretanto, quando é necessário comutar parâmetros, a contagem regressiva deve obrigatoriamente começar em 15 quadros antes de comutar, assim decrementando o conteúdo desses bits em 1 a cada quadro. Quando o conteúdo chegar a “0000”, ele deve obrigatoriamente voltar para “1111”.

O chaveamento deve obrigatoriamente ser configurado através da sincronização com o próximo quadro, que dá a saída “0000”. Isto é, um novo conjunto de parâmetros de transmissão se aplica, começando com o quadro cujo conteúdo de bits deve obrigatoriamente ser ajustado de novo em “1111”. O significado de cada contagem do indicador de comutação dos parâmetros de transmissão é dado na Tabela 32.

Tabela 32 — Indicador de comutação dos parâmetros de transmissão

B ₂₂ - B ₂₅	Significado
1111	Valor normal
1110	15 quadros antes da comutação
1101	14 quadros antes da comutação
1100	13 quadros antes da comutação
...	...
0010	3 quadros antes da comutação
0001	2 quadros antes da comutação
0000	1 quadro antes da comutação

Quando se comuta qualquer dos parâmetros de transmissão, deve obrigatoriamente ser enviado o *flag* contido na atual informação e na próxima informação (ver Tabela 29) (*flag* de recepção parcial, esquema de modulação da portadora, taxa de codificação convolucional, comprimento do *interleaving* e o número de segmentos). O conteúdo do indicador de 4 bits de comutação dos parâmetros de transmissão (ver Tabela 32) começa a contagem regressiva.

NOTA Quando se comuta somente o *flag* de partida para alarme de emergência de radiodifusão, o conteúdo do indicador de comutação de parâmetros de transmissão não realiza a contagem regressiva.

6.16.6.4 *Flag* para alarme de emergência de radiodifusão

O conteúdo do *start flag* deve obrigatoriamente ser 1 quando o receptor está em *startup* e 0 quando o receptor não está controlado (ver Tabela 33).

Tabela 33 — *Start flag* para alarme de emergência da radiodifusão

B₂₆	Significado
0	<i>Startup</i> não controlada
1	Controle de <i>startup</i> disponível

6.16.6.5 *Flag* de recepção parcial

O conteúdo do *flag* de recepção parcial deve obrigatoriamente ser 1 quando o segmento no centro da banda de transmissão é usado para recepção parcial e 0 quando o segmento no centro da banda de transmissão não é usado para recepção parcial (ver Tabela 34).

Quando o segmento de número 0 é usado para recepção parcial, a camada hierárquica A (ver Tabela 29) deve obrigatoriamente ser atribuída para aquele segmento. O conteúdo desse *flag* deve obrigatoriamente ser 1, se não existir a próxima informação.

Tabela 34 — *Flag* de recepção parcial

B₂₇/B₆₇	Significado
0	Sem recepção parcial
1	Recepção parcial disponível

6.16.6.6 Esquema de modulação de portadora

O significado dos bits do esquema de modulação da portadora deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 35. O conteúdo desses bits deve obrigatoriamente ser 111 para uma camada hierárquica não usada ou quando não existe a próxima informação.

Tabela 35 — Esquema de modulação de portadora

B₂₈ – B₃₀/B₄₁ – B₄₃/B₅₄ – B₅₆ B₆₈ – B₇₀/B₈₁ – B₈₃/B₉₄ – B₉₆	Significado
000	DQPSK
001	QPSK
010	16QAM
011	64QAM
100 – 110	Reservado
111	Camada hierárquica não usada

Com um sinal TMCC, o significado de todos os conjuntos de conteúdo de bit deve obrigatoriamente ser o mesmo para todas as camadas hierárquicas. Quando os sinais de duas camadas hierárquicas, ou menos, são transmitidos, o conteúdo desses bits para camada hierárquica ausente deve obrigatoriamente ser 111. O conteúdo desses bits deve obrigatoriamente ser 111 se não existir próxima informação, assim como quando a transmissão termina.

6.16.6.7 Taxa de codificação convolucional

O significado do conteúdo de bits da taxa de codificação convolucional deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 36. O conteúdo desses bits deve obrigatoriamente ser 111 para uma camada hierárquica não usada, ou quando não existe próxima informação.

Tabela 36 — Taxa da codificação convolucional

B₃₁ – B₃₃/B₄₄ – B₄₆/B₅₇ – B₅₉ B₇₁ – B₇₃/B₈₄ – B₈₆/B₉₇ – B₉₉	Significado
000	1/2
001	2/3
010	3/4
011	5/6
100	7/8
101 – 110	Reservado
111	Camada hierárquica não usada

6.16.6.8 Comprimento de *time interleaving*

O significado dos bits que indicam o comprimento do entrelaçamento temporal deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 37. Essa informação representa o comprimento l do *time interleaving* da Tabela 13. O conteúdo desses bits deve obrigatoriamente ser 111 para uma camada não utilizada ou quando não existe próxima informação.

Tabela 37 — Comprimento do *interleaving*

$B_{34} - B_{36}/B_{47} - B_{49}/B_{60} - B_{62}$ $B_{74} - B_{76}/B_{87} - B_{89}/B_{100} - B_{102}$	Significado (valor 1)
000	0 (modo 1), 0 (modo 2), 0 (modo 3)
001	4 (modo 1), 2 (modo 2), 1 (modo 3)
010	8 (modo 1), 4 (modo 2), 2 (modo 3)
011	16 (modo 1), 8 (modo 2), 4 (modo 3)
100 – 110	Reservado
111	Camada hierárquica não usada

6.16.6.9 Número de segmentos

O significado do conteúdo dos bits do segmento deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 38. O conteúdo desses bits deve obrigatoriamente ser 1111 para camada hierárquica não usada, ou quando não existe a próxima informação.

Tabela 38 — Número de segmentos

$B_{37} - B_{40}/B_{50} - B_{53}/B_{63} - B_{66}$ $B_{77} - B_{80}/B_{90} - B_{93}/B_{103} - B_{106}$	Significado
0000	Reservado
0001	1 segmento
0010	2 segmentos
0011	3 segmentos
0100	4 segmentos
0101	5 segmentos
0110	6 segmentos
0111	7 segmentos
1000	8 segmentos
1001	9 segmentos
1010	10 segmentos
1011	11 segmentos
1100	12 segmentos
1101	13 segmentos
1110	Reservado
1111	Camada hierárquica não usada

6.16.6.10 Esquema de codificação de canal

Os códigos B_{20} até B_{121} da informação TMCC são códigos de correção de erros por meio de código encurtado (184, 102) do código diferença cíclica (273, 191). A seguinte equação mostra a geração do polinômio do código (273, 191):

$$g(x) = x^{82} + x^{77} + x^{76} + x^{71} + x^{67} + x^{66} + x^{56} + x^{52} + x^{48} + x^{40} + x^{36} + x^{34} + x^{24} + x^{22} + x^{18} + x^{10} + x^4 + 1$$

Uma vez que a informação TMCC é usada para especificar os parâmetros de transmissão e controle da operação do receptor, ela deve obrigatoriamente ser transmitida com a confiabilidade mais alta que o sinal de programa. Adicionalmente existem dificuldades envolvidas em ter no receptor o mesmo circuito decodificador de código concatenado para a informação TMCC e para o sinal de programa. Porém, levando-se em consideração o fato de que o uso do código de bloco é vantajoso, devido ao tempo de processamento mais curto, o código encurtado (188, 102) do código diferencial cíclico (273, 191) deve obrigatoriamente ser usado como código corretor de erro da informação TMCC.

Os mesmos sinais TMCC devem obrigatoriamente ser transmitidos por meio de múltiplas portadoras. Portanto, é possível que C/N seja requerido pela simples adição desses sinais, assegurando assim uma melhora no desempenho de recepção. Essas técnicas de corretores de erro e o processo de adição tornam possível receber sinais TMCC com um valor de C/N mais baixo que o sinal de programa.

Excluindo o sinal de sincronização e a identificação do tipo de segmento do grupo de bits checado para erros, todos os conteúdos de bits da portadora TMCC devem obrigatoriamente ser os mesmos, o que torna possível determinar o conteúdo de cada bit, incluindo o bit de paridade, determinando o conteúdo da maioria das portadoras.

6.16.6.11 Esquema de modulação

A portadora TMCC deve obrigatoriamente ser modulada em DBPSK (ver 6.14.3).

7 Requisitos de utilização de frequência

7.1 Largura de banda de frequência

Para a radiodifusão de televisão digital terrestre, deve obrigatoriamente ser usada a largura de banda de frequência de 5,7 MHz. A frequência nominal da portadora deve obrigatoriamente ser a frequência central da largura de banda.

A largura de banda de frequência deve obrigatoriamente ser de 5,7 MHz quando a largura de banda da portadora OFDM é 5,572 MHz, com 4 kHz de espaçamento entre as frequências portadoras no modo 1. Essa largura de banda deve obrigatoriamente ser aplicada independentemente de qual modo é escolhido, e é adotada para assegurar que a largura de banda de 5,610 MHz tenha alguma margem para determinar que cada portadora do limite inferior e limite superior da banda de 5,572 MHz inclua 99 % de energia.

A frequência central deve obrigatoriamente ser a frequência da portadora localizada no centro da banda do sinal OFDM, considerando um número ímpar de portadoras OFDM.

7.2 Estabilidade de frequência e desvio de frequência de transmissão permissível

A estabilidade de frequência das portadoras, quando a temperatura variar entre + 10 °C e + 50 °C e a tensão de alimentação variar entre ± 15 % da tensão nominal, deve obrigatoriamente ser melhor que ± 1 Hz.

O desvio de frequência das portadoras deve obrigatoriamente ser menor que ± 1 Hz.

7.3 Off-set de frequência das portadoras OFDM

A frequência do sinal de transmissão terrestre deve obrigatoriamente ser deslocada positivamente de 1/7 MHz (142,857 kHz) em relação à frequência central do canal usada no atual plano de canalização (ver Figura 37).

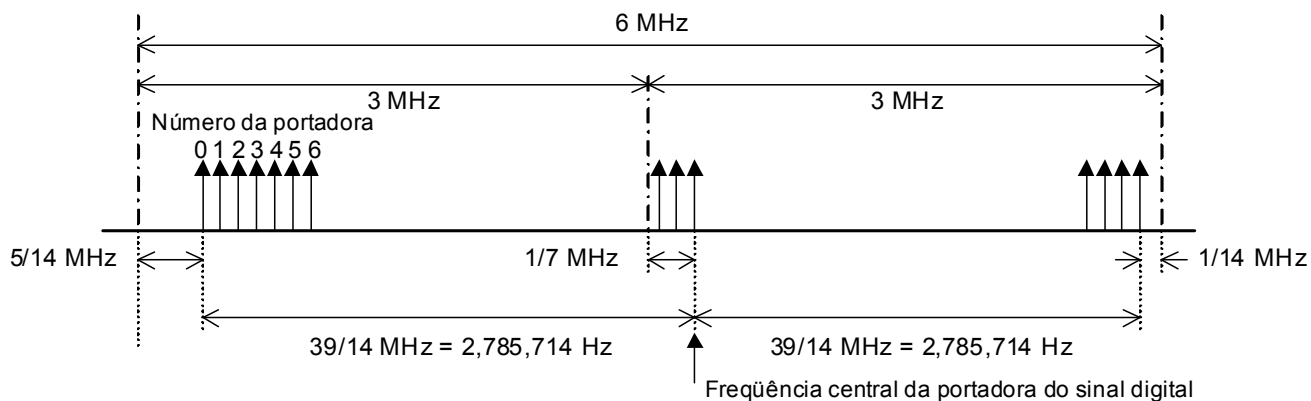


Figura 37 — Exemplo do arranjo de portadoras do sinal OFDM para o sinal de televisão digital terrestre

As emissões terrestres devem obrigatoriamente obedecer às Tabelas 39 e 40 de alocação de frequências terrestres.

Tabela 39 — Canais de VHF alto

Canal	Frequência inicial do canal MHz	Frequência final do canal MHz	Frequência da portadora central do sinal MHz
07	174	180	177 + 1/7
08	180	186	183 + 1/7
09	186	192	189 + 1/7
10	192	198	195 + 1/7
11	198	204	201 + 1/7
12	204	210	207 + 1/7
13	210	216	213 + 1/7

Tabela 40 — Canais de UHF

Canal	Frequência inicial MHz	Frequência final MHz	Frequência central da portadora central do sinal MHz
14	470	476	473 + 1/7
15	476	482	479 + 1/7
16	482	488	485 + 1/7
17	488	494	491 + 1/7
18	494	500	497 + 1/7
19	500	506	503 + 1/7
20	506	512	509 + 1/7
21	512	518	515 + 1/7
22	518	524	521 + 1/7
23	524	530	527 + 1/7
24	530	536	533 + 1/7
25	536	542	539 + 1/7
26	542	548	545 + 1/7
27	548	554	551 + 1/7
28	554	560	557 + 1/7
29	560	566	563 + 1/7
30	566	572	569 + 1/7
31	572	578	575 + 1/7
32	578	584	581 + 1/7
33	584	590	587 + 1/7
34	590	596	593 + 1/7
35	596	602	599 + 1/7
36	602	608	605 + 1/7
37	Não usado para televisão	Não usado para televisão	Não usado para televisão
38	614	620	617 + 1/7
39	620	626	623 + 1/7
40	626	632	629 + 1/7
41	632	638	635 + 1/7
42	638	644	641 + 1/7
43	644	650	647 + 1/7
44	650	656	653 + 1/7
45	656	662	659 + 1/7
46	662	668	665 + 1/7
47	668	674	671 + 1/7
48	674	680	677 + 1/7
49	680	686	683 + 1/7
50	686	692	689 + 1/7
51	692	698	695 + 1/7
52	698	704	701 + 1/7
53	704	710	707 + 1/7
54	710	716	713 + 1/7
55	716	722	719 + 1/7
56	722	728	725 + 1/7
57	728	734	731 + 1/7
58	734	740	737 + 1/7
59	740	746	743 + 1/7
60	746	752	749 + 1/7
61	752	758	755 + 1/7
62	758	764	761 + 1/7
63	764	770	767 + 1/7
64	770	776	773 + 1/7
65	776	782	779 + 1/7
66	782	788	785 + 1/7
67	788	794	791 + 1/7
68	794	800	797 + 1/7
69	800	806	803 + 1/7

7.4 Frequência de amostragem de IFFT e desvio permissível

A frequência de amostragem da IFFT para uso na modulação OFDM para radiodifusão deve obrigatoriamente ser de:

$$F_s = 512/63 \text{ MHz} = 8\,126\,984 \text{ Hz}$$

O desvio permissível é $\pm 0,3 \text{ Hz/MHz}$. O desvio de frequência da portadora (causado pelo erro de frequência de amostragem da IFFT), a cada fim da largura de banda, deve ser 1 Hz ou menos.

Uma frequência de amostragem de IFFT de 512/63 MHz, uma de frequência nominal teórica, pode ser usada se for respeitado o desvio de frequência permissível.

7.5 Máscara do espectro de transmissão

7.5.1 Característica da máscara do espectro de transmissão

O nível do espectro, fora da banda, alocado para a transmissão do sinal de televisão, deve obrigatoriamente ser reduzido, aplicando-se uma filtragem adequada. A Figura 38 e a Tabela 41 indicam as atenuações mínimas das emissões fora da faixa em relação à potência média do transmissor, especificadas em função do afastamento em relação à portadora central do sinal digital, para as máscaras não crítica, subcrítica e crítica.

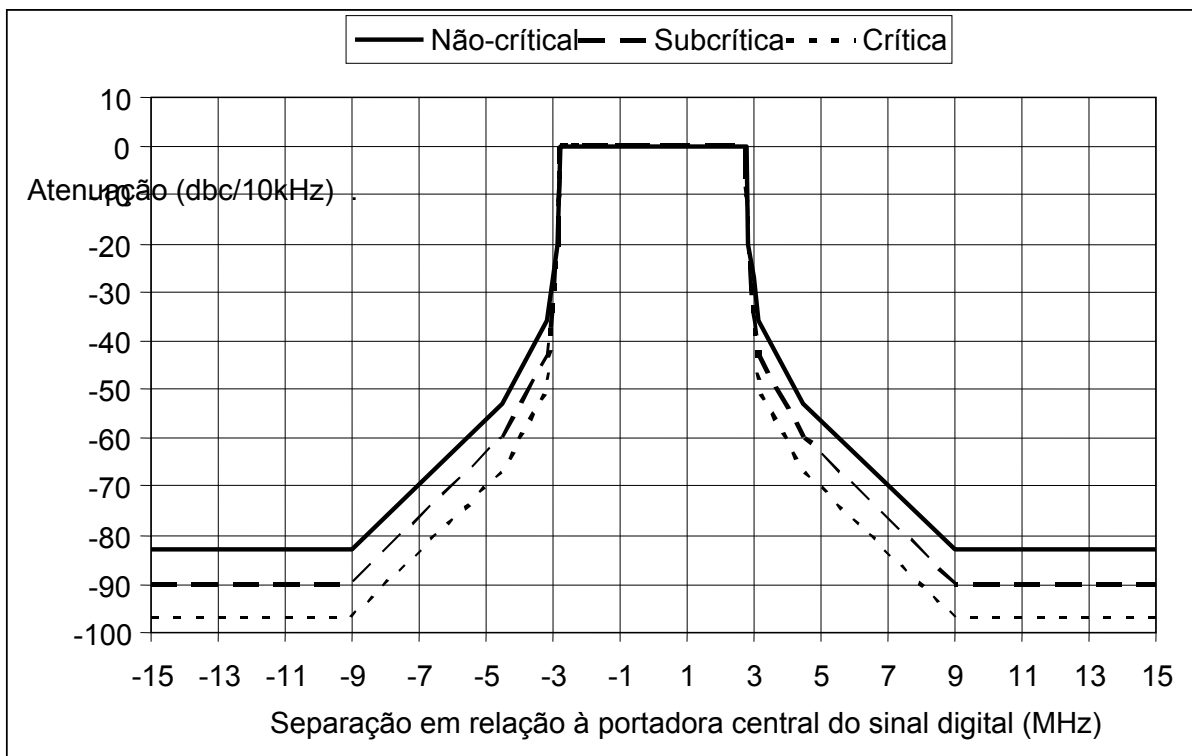


Figura 38 — Máscara do espectro de transmissão para radiodifusão de televisão digital terrestre

Tabela 41 — Especificação das Máscaras do Espectro de Transmissão

Separação ou afastamento em relação à portadora central do sinal digital MHz	Atenuação mínima em relação à potência média, medida na frequência da portadora central		
	Máscara não-crítica dB	Máscara subcrítica dB	Máscara crítica dB
- 15	83,0	90,0	97,0
- 9	83,0	90,0	97,0
- 4,5	53,0	60,0	67,0
- 3,15	36,0	43,0	50,0
- 3,00	27,0	34,0	34,0
- 2,86	20,0	20,0	20,0
- 2,79	0,0	0,0	0,0
2,79	0,0	0,0	0,0
2,86	20,0	20,0	20,0
3,00	27,0	34,0	34,0
3,15	36,0	43,0	50,0
4,5	53,0	60,0	67,0
9	83,0	90,0	97,0
15	83,0	90,0	97,0

Os valores da Tabela 41 devem obrigatoriamente ser medidos com a configuração no analisador de espectro indicada na Tabela 42.

Tabela 42 — Configurações do espectro para medida da máscara

Frequência central	SPAN	RBW	VBW	Modo de detecção
Frequência central da portadora modulada	20 MHz	10 kHz	300 Hz ou menos	Detecção de pico positivo

O ponto de corte deve obrigatoriamente ser medido usando um analisador de espectro ajustado para frequência de *span* de 20 MHz ou menos e uma resolução de largura de banda (RBW) de 10 kHz. Deve obrigatoriamente ser usada uma largura de banda de vídeo (VBW) de 300 Hz ou menos.

7.5.2 Critérios para aplicação das máscaras

A aplicação das máscaras deve obrigatoriamente levar em consideração as classes e subclasses das estações.

As estações digitais são classificadas em classe especial, classe A, classe B e classe C. A Tabela 43 indica os valores máximos de potência ERP para cada classe de estação, tomando-se como altura de referência 150 m acima do nível médio do terreno.

Tabela 43 — Potência máxima de cada classe

	Máxima potência ERP (Hsnmt = 150) kW	
	VHF alto	UHF
Especial	16	80
A	1,6	8
B	0,16	0,8
C	0,016	0,08

Cada classe está dividida em subclasses e a diferença de potência entre as diversas subclasses é de 1 dB.

Dois canais devem obrigatoriamente ser considerados adjacentes se, e somente se, a diferença entre as freqüências centrais dos canais envolvidos for de 6 MHz.

Os critérios para emprego das máscaras não crítica, subcrítica e crítica estão especificados na Tabela 44.

Tabela 44 — Critérios para aplicação das máscaras crítica, subcrítica e não-crítica

Classe da estação digital	A, B e C				Especial	
	< 400 m		> 400 m		Ausência de canal adjacente previsto ou instalado na mesma localidade	Existência de canal adjacente previsto ou instalado na mesma localidade
Distância em relação à estação de canal adjacente instalado na mesma localidade	Análogica	Digital	Análogica	Digital		
Tipo de modulação do canal adjacente previsto ou instalado na mesma localidade						
$P_{\text{digital}} < P_{\text{adjacente}} + 3 \text{ dB}$	Crítica	Subcrítica	Crítica		Não-Crítica	Crítica
$P_{\text{digital}} > P_{\text{adjacente}} + 3 \text{ dB}$		Crítica				

P_{digital} = Potência ERP da estação digital
 $P_{\text{adjacente}}$ = Potência ERP da estação em canal adjacente

7.6 Intensidade da emissão espúria permissível

A potência espúria permissível deve obrigatoriamente estar de acordo com a Tabela 45.

Tabela 45 — Potência de emissão espúria permissível

Separação em relação à portadora central do sinal digital	Atenuação mínima em relação à potência média medida na freqüência da portadora central
> 15 MHz	60 dB para $P > 25 \text{ W}$, limitada a 1 mW em VHF e 20 mW em UHF
< -15 MHz	Para $P \leq 25 \text{ W}$, limitada a 25 μW em VHF e UHF

Bibliografia

- [1] Resolução 407, de 10 de junho de 2005, da Agência Nacional de Telecomunicações, Plano Básico de Distribuição de Canais Digitais
- [2] ABNT NBR 15602:2007, *Televisão digital terrestre - Codificação de vídeo, áudio e multiplexação*
- [3] ISO/IEC 13818-1:2007, *Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems*
- [4] ARIB STD-B10:2003, *Service information for digital broadcasting system*
- [5] JEITA Handbook, 2005, *Methods of Measurement for Digital Terrestrial Broadcasting Transmission Networks*