

Primeira edição
22.08.2008

Válida a partir de
22.08.2008

**Televisão digital terrestre — Guia de operação
Parte 1: Sistema de transmissão – Guia para
implementação da ABNT NBR 15601:2007**

*Digital terrestrial television – Operational guideline
Part 1: Transmission system – Guideline for ABNT NBR 15601:2007
implementation*

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

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

ICS 33.160.01

ISBN 978-85-07-00924-5



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 15608-1:2008
64 páginas

© ABNT 2008

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

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	2
4 Abreviaturas	3
5 Organização do espectro de transmissão	3
5.1 Número da portadora OFDM correspondente à freqüência central do SBTVD	3
5.2 Atribuição de freqüências	4
6 Guia operacional para transmissão hierárquica	7
6.1 Visão geral.....	7
6.2 Sinais multiplexados para transmissão hierárquica	7
6.2.1 Multiplexação das tabelas PAT, NIT e CAT para transmissão hierárquica	7
6.2.2 Recomendações gerais sobre a multiplexação	8
6.2.3 Multiplexação da PMT	8
6.2.4 Multiplexação do pacote PCR na camada hierárquica para recepção parcial.....	10
6.3 Esquema de codificação de canal para transmissão hierárquica.....	12
6.4 Esquema de codificação de vídeo	16
7 Guia para sincronização para SFN	16
7.1 Freqüência de transmissão	16
7.2 Freqüência de amostragem IFFT	16
7.3 Sinais OFDM.....	17
8 Esquema do sinal de transmissão para STL/TTL	17
8.1 Tipos de interface	17
8.2 Tipos de esquemas de sincronização	17
8.2.1 Sincronização nos pontos de interface.....	17
8.2.2 Sincronização completa.....	18
8.2.3 Sincronização escrava	18
8.2.4 Sincronização de referência	18
8.2.5 Conversão de sincronização (quase sincronização).....	18
8.3 Tipos de rede de radiodifusão	19
8.3.1 Condições da operação em SFN e MFN.....	19
8.3.2 Construção de redes sem considerar a condição de SFN.....	20
8.3.3 Operação de rede considerando a condição da rede SFN.....	20
8.4 Exemplos do uso de método de sincronização considerando SFN	21
8.4.1 Pontos de interface e métodos de sincronização quando se considera a rede SFN.....	21
8.4.2 Método de sincronização correspondente à rede de radiodifusão.....	22
8.5 Informações adicionais necessárias para remultiplexação do TS de transmissão	24
8.5.1 Informação de controle	24
8.5.2 Tipos de informações adicionais.....	24
8.5.3 Multiplex para <i>dummy byte</i>	25
8.5.4 Mutiplex para hierarquia inválida IIP (<i>ISDB_information_packet</i>).....	27
9 Guia operacional para transmissão de dados AC	34
9.1 Posição para os dados AC	34
9.2 Determinação da posição do multiplex do <i>broadcasting TS</i>	34
9.3 Multiplexação sobre <i>dummy byte part</i>	34
9.3.1 Posição do multiplex	34
9.3.2 Sintaxe para multiplexação dos dados AC sobre <i>dummy byte part</i>.....	34
9.3.3 Mapeamento dos dados AC sobre as portadoras OFDM	35
9.4 Multiplexação de hierarquia inválida.....	36

9.4.1	Posição multiplex	36
9.4.2	Sintaxe para multiplexação dos dados AC na hierarquia inválida.....	36
9.4.3	Organização de dados no quadro multiplex e pacotes TS	37
9.4.4	Mapeamento das portadoras OFDM	40
9.5	Considerações para a multiplexação dos dados AC para <i>broadcasting TS</i>	40
9.5.1	Consideração da ordem das portadoras de AC <i>data</i>	40
9.5.2	Consideração no ajuste de multiplexação em <i>dummy byte part</i>	41
10	Atraso de transmissão causado por codificação de canal.....	41
11	Considerações sobre <i>link budget</i>	43
11.1	<i>Link budget</i> para SBTVD.....	43
11.2	Fatores técnicos no planejamento de canais de televisão digital	43
11.2.1	Análise de viabilidade	43
11.2.2	Intensidade de campo mínima para recepção com antena externa.....	43
11.2.3	Intensidade de campo mínima para recepção com antena interna	45
11.2.4	Relações de proteção.....	46
11.2.5	Caracterização de co-localização	46
11.2.6	Padrão de antena externa de recepção.....	47
11.2.7	Planejamento de canais	47
11.2.8	Modelos de propagação adotados para estimar as áreas de serviço	47
11.3	Procedimento de revisão	48
11.4	Disponibilidade de enlace	48
11.4.1	Modelo de rede	48
11.4.2	Arquitetura de rede.....	49
11.4.3	Modelo de recepção dentro da área de serviço	52
11.4.4	Valor estimado adotado para modelo de <i>link budget</i>	55
11.5	Exemplo de disponibilidade de enlace.....	56
11.6	Cenário-padrão para equipamento de transmissão em rede.....	58
11.6.1	Análise de desvanecimento	58
11.6.2	Estudo do impacto da mudança dos valores temporários na disponibilidade de enlace em geral	60
11.7	Ação corretiva caso o requerimento do modelo não seja alcançado.....	61
11.7.1	Parâmetros do modelo de cálculo de enlace	61
11.7.2	Ação corretiva se a distância estágio a estágio for maior que no caso modelo	61
11.7.3	Ação corretiva se distúrbio de multipercorso, SFN e nível de interferência de co-canais forem maiores que o do caso modelo	62
11.7.4	Ação corretiva quando existem muitos estágios	62
11.7.5	Ação corretiva quando condições de multipercorso e radiointerferência dentro da área de serviço são mais severos que o caso modelo	62
11.8	Efeito da mudança de parâmetros de transmissão e problemas	62
	Bibliografia	64

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 (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidade, laboratório e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras das 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 15608-1 foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Televisão Digital (ABNT/CEE-00:001.85). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 07, de 10.07.2008 a 08.08.2008, com o número de Projeto 00:001.85-008/1.

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.

A ABNT NBR 15608, sob o título geral “Televisão digital terrestre – Guia de operação”, tem previsão de conter as seguintes partes:

- Parte 1: Sistema de transmissão – Guia para implementação da ABNT NBR 15601:2007;
- Parte 2: Codificação de vídeo, áudio e multiplexação – Guia para implementação da ABNT NBR 15602:2007;
- Parte 3: Multiplexação e serviço de informação (SI) – Guia para implementação da ABNT NBR 15603:2007;
- Parte 4: Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital – Guia para implementação da ABNT NBR 15606:2007.

Televisão digital terrestre — Guia de operação

Parte 1: Sistema de transmissão – Guia para implementação da ABNT NBR 15601:2007

1 Escopo

Esta parte da ABNT NBR 15608 consiste em um guia para a implementação da ABNT NBR 15601 e contém informações adicionais do sistema de codificação de canal e modulação e da sincronização das redes de radiodifusão que empregam o sistema brasileiro de televisão digital terrestre (SBTVD).

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).

Resolução 359 de 01.04.2004 da ANATEL, *Norma para certificação e homologação de transmissores e transceptores digitais para o serviço fixo em aplicações ponto-multiponto nas faixas de freqüências abaixo de 1 GHz*

Resolução 398 de 07.04.2005 da ANATEL, *Regulamento técnico para emissoras de radiodifusão sonora em FM para prestação de sons e imagens*

ABNT NBR 15601:2007, *Televisão digital terrestre – Sistema de transmissão*

ABNT NBR 15602-1, *Televisão digital terrestre – Codificação de vídeo, áudio e multiplexação – Parte 1: Codificação de vídeo*

ISO/IEC 13818-1, *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems*

ITU Recommendation BT.500, *Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures*

ITU Recommendation H.264, *Advanced video coding for generic audiovisual services*

ITU Recommendation P.370-7, *VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1 000 MHz. Broadcasting services*

ITU Recommendation P.526, *Propagation by diffraction*

ITU Recommendation P.1546, *Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz*

3 Termos e definições

Para os efeitos desta parte da ABNT NBR 15608, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

antena Yagi

antena genérica de recepção do sinal de radiodifusão terrestre digital, que tem a diretividade obtida pelo arranjo de múltiplos elementos de comprimento de onda e elementos de reflexão em paralelo

NOTA Esse tipo de antena é também chamado de antena Yagi-uda.

3.2

desvanecimento

variação da intensidade das ondas de rádio causada em geral por uma mudança física na condição meteorológica ou na condição de recepção

3.3

intervalo de guarda

dados de uma duração específica adicionados antes de cada período efetivo de símbolo e utilizados para resolver problemas associados ao fenômeno de multipercorso similares aos problemas de fantasmas encontrados nas transmissões analógicas

3.4

receptor full-seg

dispositivo capaz de decodificar informações de áudio, vídeo, dados etc., contidas na camada do fluxo de transporte 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*.

3.5

receptor one-seg

dispositivo que decodifica exclusivamente informações de áudio, vídeo, dados etc., contidas na camada “A” localizada no segmento central dos 13 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 transportado na camada “A” do fluxo de transporte e, consequentemente, apenas sinais de perfil básico, destinado aos dispositivos portáteis de recepção.

3.6

relação C/N

relação portadora-ruído que representa a razão de potência entre a portadora em alta freqüência e a do ruído na largura de banda do canal

4 Abreviaturas

Para os efeitos desta parte da ABNT NBR 15608, aplicam-se as seguintes abreviaturas.

AC	Canal auxiliar (<i>auxiliary channel</i>)
ES	Fluxo elementar (<i>elementary stream</i>)
FI	Freqüência intermediária
I/F	Interface
IFFT	Transformada inversa rápida de Fourier (<i>inverse fast Fourier transform</i>)
IIP	Pacotes de informação ISDB (ISDB <i>information packet</i>)
IM	Intermodulação
MFN	Redes de múltiplas freqüências (<i>multiple frequency network</i>)
ODFM	Multiplexação de portadoras ortogonais por divisão de freqüências (<i>orthogonal frequency division multiplex</i>)
PCR	Referência de relógio de programa (<i>program clock reference</i>)
PID	Identificador de pacote (<i>packet identifier</i>)
PMT	Tabela para o mapeamento dos programas (<i>program map table</i>)
SFN	Redes de freqüência única (<i>single frequency network</i>)
STL	Enlace estúdio transmissor (<i>studio-transmitter link</i>)
TS	Fluxo de transporte (<i>transport stream</i>)
TSP	Pacotes do fluxo de transporte (<i>transport stream packet</i>)
TTL	Enlace de ligação estúdio-transmissor (<i>transmitter-transmitter link</i>)

5 Organização do espectro de transmissão

5.1 Número da portadora OFDM correspondente à freqüência central do SBTVD

Conforme a ABNT NBR 15601, a freqüência da portadora é a freqüência central da largura de banda. O sinal do programa SBTVD consiste em número ímpar de portadoras OFDM, independentemente do modo. Assim, convém que os números especificados na Tabela 1, que correspondem às freqüências de onda da portadora central, sejam atribuídos à portadora OFDM.

Tabela 1 — Número de portadoras OFDM correspondendo à freqüência de ondas portadoras

Modo de transmissão	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Número das portadoras correspondentes às freqüências centrais	702	1404	2808

5.2 Atribuição de freqüências

Convém que a freqüência do canal SBTVD seja deslocada positivamente de 1/7 MHz (142,857 kHz) em relação à freqüência central usada no atual plano de canalização (ver Tabelas 2 e 3 e Figura 1).

Convém que o sinal de ondas portadoras no plano de canalização do SBTVD esteja de acordo com as Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 2 — Canais VHF alto e freqüências do sinal SBTVD

Número dos canais VHF alto	Freqüência da portadora central do canal
Canal 7	$177 + 1/7 \text{ MHz} = 177,142857 \text{ MHz}$
Canal 8	$183 + 1/7 \text{ MHz} = 183,142857 \text{ MHz}$
...	...
Canal 13	$213 + 1/7 \text{ MHz} = 213,142857 \text{ MHz}$

Tabela 3 — Canais UHF e freqüências do sinal SBTVD

Número dos canais UHF	Freqüência da portadora central
Canal 14	$473 + 1/7 \text{ MHz} = 473,142857 \text{ MHz}$
Canal 15	$479 + 1/7 \text{ MHz} = 479,142857 \text{ MHz}$
...	...
Canal 69	$803 + 1/7 \text{ MHz} = 803,142857 \text{ MHz}$

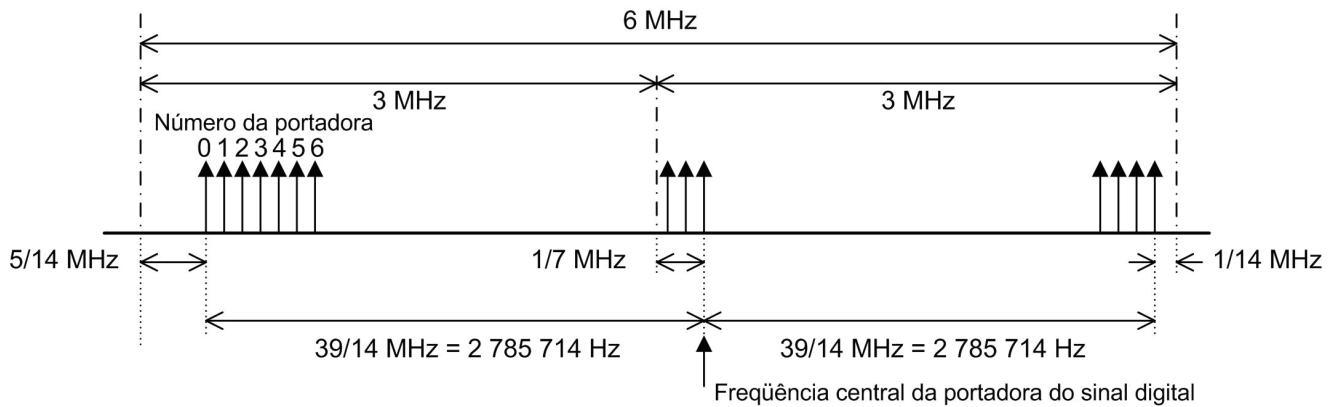


Figura 1 — Exemplo do arranjo de portadoras do sinal OFDM para o sinal SBTVD

Tabela 4 — Canais de VHF alto

Canal	Freqüência inicial MHz	Freqüência final MHz	Freqüência central 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 5 — Freqüências dos canais da faixa de UHF

Número do canal	Freqüência da portadora central MHz	Número do canal	Freqüência da portadora central MHz
14	473 + 1/7	42	641 + 1/7
15	479 + 1/7	43	647 + 1/7
16	485 + 1/7	44	653 + 1/7
17	491 + 1/7	45	659 + 1/7
18	497 + 1/7	46	665 + 1/7
19	503 + 1/7	47	671 + 1/7
20	509 + 1/7	48	677 + 1/7
21	515 + 1/7	49	683 + 1/7
22	521 + 1/7	50	689 + 1/7
23	527 + 1/7	51	695 + 1/7
24	533 + 1/7	52	701 + 1/7
25	539 + 1/7	53	707 + 1/7
26	545 + 1/7	54	713 + 1/7
27	551 + 1/7	55	719 + 1/7
28	557 + 1/7	56	725 + 1/7
29	563 + 1/7	57	731 + 1/7
30	569 + 1/7	58	737 + 1/7
31	575 + 1/7	59	743 + 1/7
32	581 + 1/7	60	749 + 1/7
33	587 + 1/7	61	755 + 1/7
34	593 + 1/7	62	761 + 1/7
35	599 + 1/7	63	767 + 1/7
36	605 + 1/7	64	773 + 1/7
37	Não aplicável	65	779 + 1/7
38	617 + 1/7	66	785 + 1/7
39	623 + 1/7	67	791 + 1/7
40	629 + 1/7	68	797 + 1/7
41	635 + 1/7	69	803 + 1/7

Tabela 6 — Freqüências dos canais identificados por letras e televisão a cabo

Número do canal	Freqüência da portadora central MHz
2	57 + 1/7
3	63 + 1/7
4	69 + 1/7
5A	75 + 1/7
5	79 + 1/7
6	85 + 1/7
A-5	93 + 1/7
A-4	99 + 1/7
A-3	105 + 1/7
A-2	111 + 1/7
A-1	117 + 1/7
A	123 + 1/7
B	129 + 1/7
C	135 + 1/7
D	141 + 1/7
E	147 + 1/7
F	153 + 1/7
G	159 + 1/7
H	165 + 1/7
I	171 + 1/7
7	177 + 1/7
8	183 + 1/7
9	189 + 1/7
10	195 + 1/7
11	201 + 1/7
12	207 + 1/7
13	213 + 1/7
J	219 + 1/7
K	225 + 1/7
L	231 + 1/7
M	237 + 1/7
N	243 + 1/7
O	249 + 1/7

Número do canal	Freqüência da portadora central MHz
P	255 + 1/7
Q	261 + 1/7
R	267 + 1/7
S	273 + 1/7
T	279 + 1/7
U	285 + 1/7
V	291 + 1/7
W	297 + 1/7
AA	303 + 1/7
BB	309 + 1/7
CC	315 + 1/7
DD	321 + 1/7
EE	327 + 1/7
FF	333 + 1/7
GG	339 + 1/7
HH	345 + 1/7
II	351 + 1/7
JJ	357 + 1/7
KK	363 + 1/7
LL	369 + 1/7
MM	375 + 1/7
NN	381 + 1/7
OO	387 + 1/7
PP	393 + 1/7
QQ	399 + 1/7
RR	405 + 1/7
SS	411 + 1/7
TT	417 + 1/7
UU	423 + 1/7
VV	429 + 1/7
WW	435 + 1/7
AAA	441 + 1/7
BBB	447 + 1/7

Número do canal	Freqüência da portadora central MHz
CCC	453 + 1/7
DDD	459 + 1/7
EEE	465 + 1/7
	471 + 1/7
	477 + 1/7
	483 + 1/7
	489 + 1/7
	495 + 1/7
	501 + 1/7
	507 + 1/7
	513 + 1/7
	519 + 1/7
	525 + 1/7
	531 + 1/7
	537 + 1/7
	543 + 1/7
	549 + 1/7
	555 + 1/7
	561 + 1/7
	567 + 1/7
	573 + 1/7
	579 + 1/7
	585 + 1/7
	591 + 1/7
	597 + 1/7
	603 + 1/7
	609 + 1/7
	615 + 1/7
	621 + 1/7
	627 + 1/7
	633 + 1/7
	639 + 1/7
	645 + 1/7

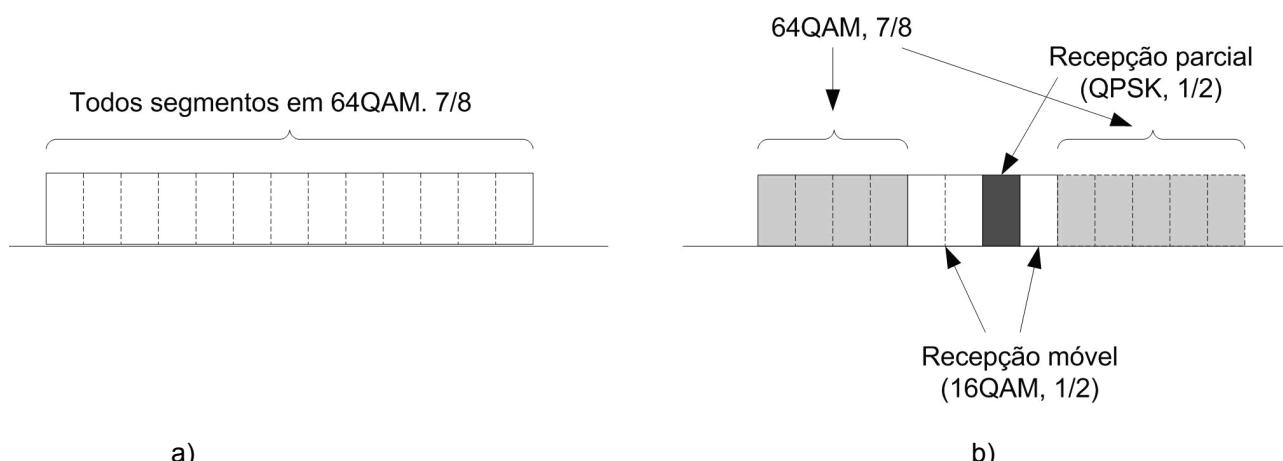
6 Guia operacional para transmissão hierárquica

6.1 Visão geral

O SBTVD permite comutar entre sistemas de transmissão e usar múltiplos desses sistemas. Isso permite uma transmissão estável de sinais de programas para receptores móveis, receptores portáteis e receptores fixos no envio de grande volume de dados de transmissão.

Quando o modo 64QAM e 7/8 são selecionados, respectivamente como esquema de modulação e correção de erro, é possível atingir uma capacidade de transmissão de 20 Mbps ou mais para 6 MHz de banda.

Entretanto, para prover serviço para receptores móveis e receptores portáteis, na transmissão hierárquica, pode ser mais vantajoso empregar o esquema de modulação QPSK ou 16QAM de modulação usando uma parte da largura de banda.



NOTA a) representa um caso em que a transmissão hierárquica não é utilizada e b) ilustra o uso de três níveis hierárquicos com robustez diferentes para o oferecimento de serviços fixos, portátil e *one-seg*. O esquema apresentado não considera o embaralhamento em freqüência.

Figura 2 — Exemplo de sistema de transmissão hierárquica

6.2 Sinais multiplexados para transmissão hierárquica

6.2.1 Multiplexação das tabelas PAT, NIT e CAT para transmissão hierárquica

Convém que as tabelas PAT (*Program Association Table*), NIT (*Network Information Table*) e CAT (*Conditional Access Table*), entre os sinais de controle de transmissão, sejam usadas para a transmissão com a camada hierárquica, como mostrado na Tabela 7.

A Tabela 8 fornece uma indicação de robustez para cada camada hierárquica.

A modulação QPSK é preferida em relação à modulação DQPSK em termos de C/N requerido, embora DQPSK ofereça melhor desempenho em eventos com variação de tempo nas condições de recepção móvel. Portanto, DQPSK é mais robusto que QPSK.

Tabela 7 — Camadas hierárquicas para transmissão PAT, NIT e CAT

Condição		Camadas hierárquicas para transmissão das tabelas PAT, NIT e CAT ^a
1	Radiodifusão sem recepção parcial	Multiplexada na camada mais robusta ^b
2	Radiodifusão com recepção parcial	(1) Multiplexada em uma camada para serviço <i>one-seg</i> ^b
		(2) Multiplexada não somente para camada de recepção parcial, mas também para outra camada, se esta camada for mais robusta que a camada de recepção parcial ^b

^a CAT não é obrigatória.

^b Se a transmissão na camada hierárquica mostrada na Figura 2 for difícil, operações excepcionais são também admitidas. Neste caso, entretanto, convém que provisão operacional detalhada seja feita separadamente, para assegurar que os serviços de cada camada sejam recebidos com sucesso.

Tabela 8 — Robustez da camada hierárquica

Classificação das camadas hierárquicas	Forte																				Fraco																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																				
Esquema de modulação	DQ	Q	DQ	Q	DQ	Q	DQ	Q	DQ	Q	16QAM												64QAM																	
Taxa do código interno	1/2	1/2	2/3	2/3	3/4	3/4	5/6	5/6	7/8	7/8	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8																				

NOTA DQ representa a modulação DQPSK e Q representa a modulação QPSK.

6.2.2 Recomendações gerais sobre a multiplexação

Quando os sinais de controle de transmissão são enviados com múltiplas camadas hierárquicas, inclusive aquelas para recepção parcial, ou seja, destinadas ao serviço *one-seg*, convém que o contador indicador de continuidade dos pacotes de TS que carregam o sinal de controle de transmissão, sejam considerados.

Por essa contagem ser contínua, convém que pacotes duplicados sejam usados, mesmo para receptores de banda estreita, que reproduzam somente a camada hierárquica do serviço *one-seg*.

Por essa razão, quando o sinal de controle de transmissão é multiplexado em múltiplas camadas hierárquicas, como na condição 2 da Tabela 7, convém empregar transmissão de pacotes duplicados. Entretanto, se diferentes comprimentos de entrelaçamento temporal (*time interleaving*) forem especificados para camada hierárquica de recepção parcial e para a camada hierárquica robusta, é necessário exercer uma cautela quando é usado o pacote duplicado de transmissão.

Um pacote duplicado, como definido na ISO/IEC 13818-1, designado para o envio de dois TSP sucessivamente dentro do mesmo PID. O conteúdo destes TSP, à exceção do PCR, é o mesmo dentro do feixe de TS. O conteúdo do contador de continuidade é o mesmo para ambos os TSP.

6.2.3 Multiplexação da PMT

Convém que a tabela PMT seja transmitida com as camadas hierárquicas conforme mostrado na Tabela 9.

Tabela 9 — Camada hierárquica para transmissão da PMT

Condição		Camada hierárquica para transmissão da tabela PMT
1	Serviço <i>one-seg</i>	Transmissão com a camada hierárquica para recepção parcial
2	Quando o descritor de transmissão hierárquica é usado na PMT ^a	Convém transmitir a PMT na camada mais robusta, entre aqueles fluxos elementares transmitidos (nesta Norma, referido como ES). Entretanto a PMT pode ser transmitida com a outra camada hierárquica se tiver melhor categoria de robustez do que a camada do serviço <i>one-seg</i>
3	Outros serviços	Convém transmitir a PMT em uma das camadas hierárquicas que transmitem os ES. A PMT pode também ser transmitida com outra camada hierárquica, se esta tiver melhor categoria de robustez de camada

^a Serviços tais que o vídeo e outras qualidades de serviço são alterados por etapas, de acordo com a condição de recepção.

Na condição (1) na Tabela 9, convém que a PMT para o serviço de recepção *one-seg* seja sempre transmitida com a camada hierárquica para recepção parcial.

Com aqueles serviços apresentados na condição (2) da Tabela 9, na qual a qualidade de serviços pode ser mudada em etapas de acordo com a condição de recepção, através do uso ao descritor de transmissão hierárquica presente na PMT, convém assegurar que a tabela PMT possa ser recebida mesmo sob condição de recepção adversa na qual a qualidade de serviço pode ser degradada.

Por essa razão conclui-se que convém transmitir a PMT em uma camada mais robusta que a camada de transmissão ES ou uma outra camada que tenha maior robustez. Por exemplo, se existir serviço ES em uma camada hierárquica mais fraca e a camada hierárquica média, como com a combinação A da Tabela 10, convém que a tabela PMT seja transmitida com qualquer uma das duas camadas: média ou a camada mais robusta.

Na condição 3 da Tabela 9, um serviço somente pode ser provido, quando todos os serviços multiplexados de ES são recebidos. Nesse caso, convém que a PMT não seja enviada com a camada hierárquica mais fraca que a camada hierárquica de transmissão de ES. Como na combinação J da Tabela 10, por exemplo, quando os serviços ES são incluídos na camada média e na camada mais robusta, com a transmissão da PMT usando a camada hierárquica mais fraca pode se tornar impossível receber este serviço, dependendo da condição de recepção, mesmo se todos os ES sejam sucessivamente recebidos.

Em uma distribuição de televisão digital terrestre, até três camadas hierárquicas podem ser transmitidas. Essas camadas são classificadas em três grupos, “mais fraca”, “média” e “mais forte” conforme Tabela 10. O descritor de uma transmissão hierárquica pode ser usado em até duas camadas hierárquicas.

Tabela 10 — Camada de transmissão hierárquica ES e PMT

Condição	Combinação	Camada hierárquica de transmissão ES			Camada hierárquica de transmissão PMT		
		Mais fraca	Média	Mais forte	Mais fraca	Média	Mais forte
2	A	•	•			•	•
	B	•		•			•
	C		•	•			•
3	D	•			•	•	•
	E		•			•	•
	F	•	•		•	•	•
	G			•			•
	H	•		•	•	•	•
	I		•	•		•	•
	J	•	•	•	•	•	•

6.2.4 Multiplexação do pacote PCR na camada hierárquica para recepção parcial

Quando um serviço é fornecido usando a camada hierárquica para recepção parcial, convém que os pacotes PCR sejam transmitidos, para esse serviço, de acordo com a Tabela 11.

Tabela 11 — Regras para os pacotes de transmissão PCR para camada hierárquica para recepção one-seg

Modo	Regras de transmissão de pacotes PCR
1	Para a duração de um simples quadro multiplex, somente um pacote PCR tem que ser multiplexado por serviço, e a posição de multiplexação tem que se manter constante para todos os quadro multiplex (ver Figura 4)
2	Para a duração de um simples quadro de multiplex, dois pacotes PCR têm que ser multiplexados por serviço para os mesmos intervalos (ver Figura 5)
3	Para a duração de um simples quadro de multiplex, quatro pacotes PCR tem que ser multiplexados por serviço para os mesmos intervalos (ver Figura 6)

Para reduzir o consumo de energia, a taxa na qual um receptor one-seg reproduz o TS é comumente mais baixa que para um receptor de 13 segmentos. Portanto, os intervalos nos quais os pacotes TS são reproduzidos pelo receptor one-seg, nem sempre coincidem com os intervalos nos quais os pacotes de TS da camada de recepção parcial são reproduzidas pelo receptor de 13 segmentos, resultando em *jitter* PCR (ver Figura 3).

Para evitar esse problema, limitações são impostas na transmissão do PCR, como mostradas na Tabela 11. Essas limitações asseguram que os pacotes PCR serão reproduzidos pelos receptores *one-seg* e *full-seg*, em intervalos iguais, eliminando a necessidade do estágio de correção de *jitter*, embora algumas diferenças em *offset* sejam produzidas.

A indicação de mesma configuração nas Figuras 4, 5 e 6 mostra que os pacotes estão organizados na mesma posição relativa dentro do fluxo.

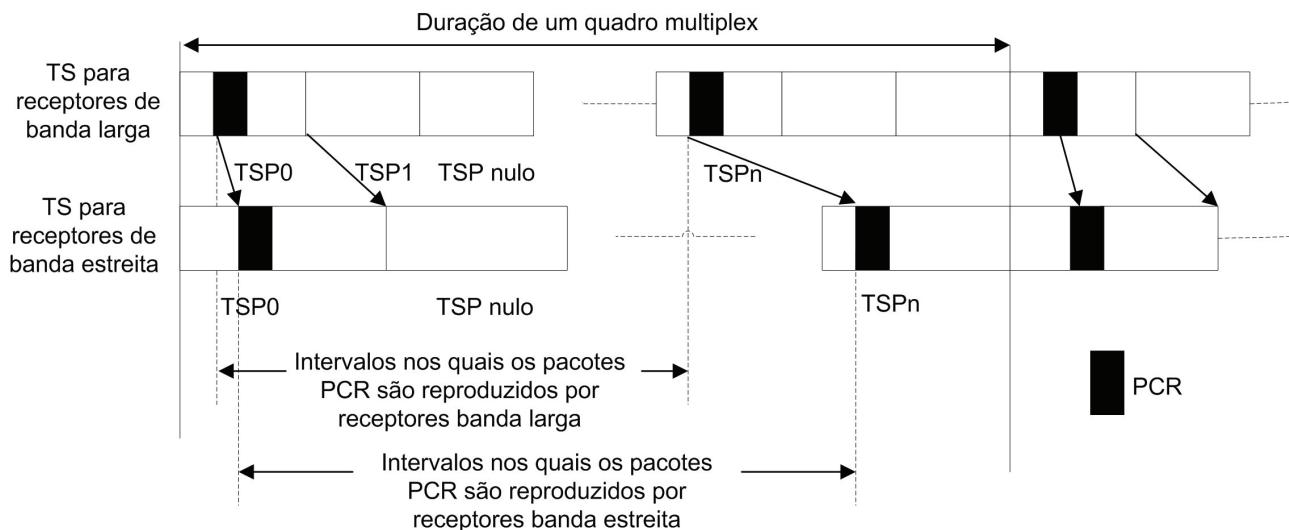


Figura 3 — TS reproduzidos por receptores *full-seg* e *one-seg* (sem limitação na transmissão do PCR)

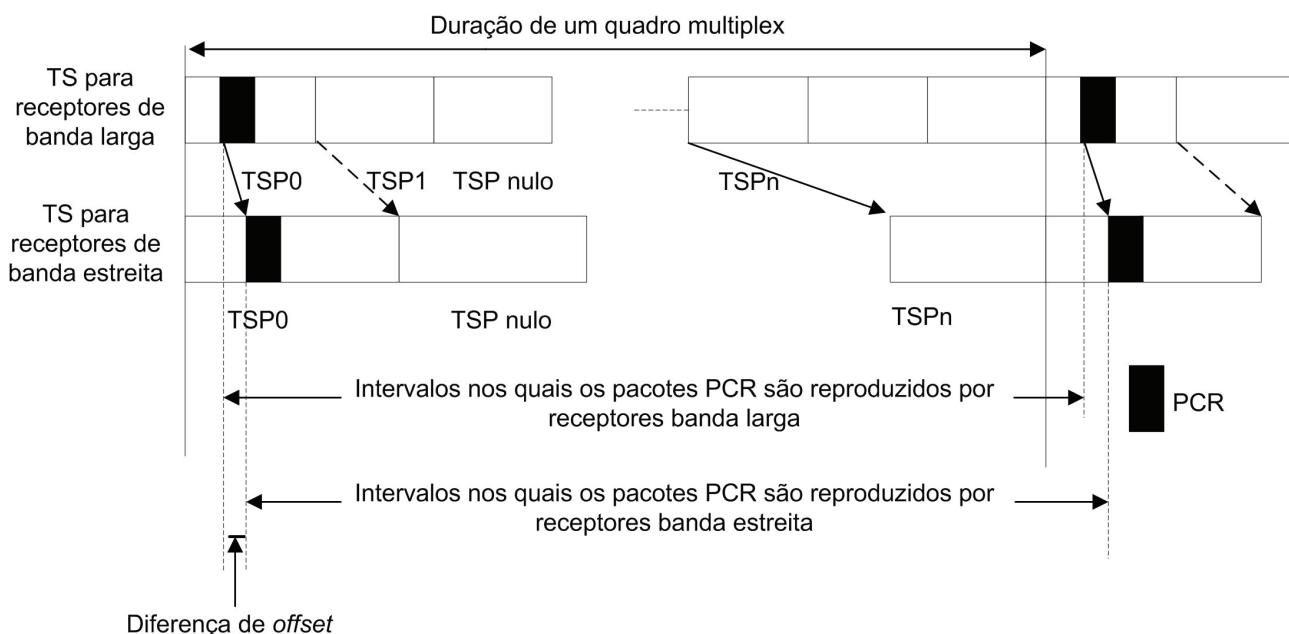


Figura 4 — Pacote de transmissão PCR no modo 1

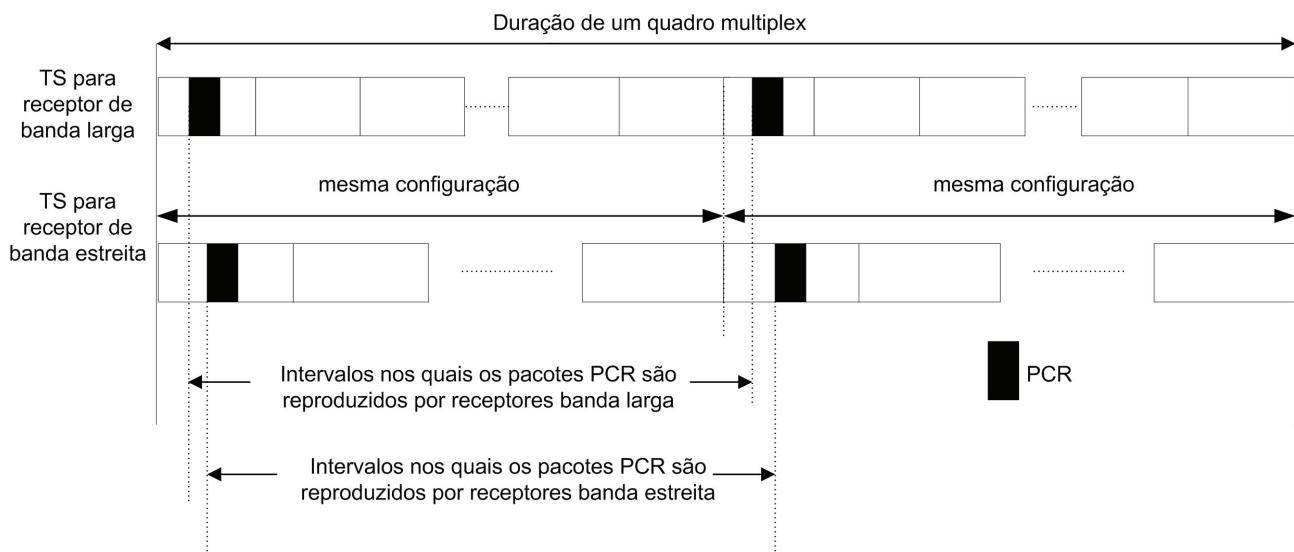


Figura 5 — Pacote de transmissão PCR no modo 2

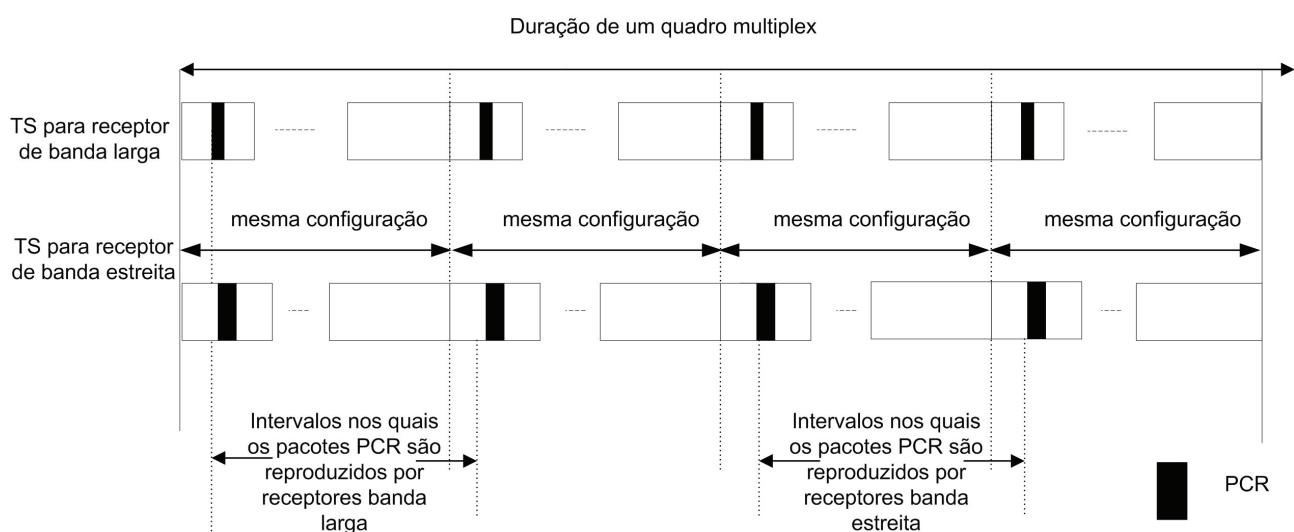


Figura 6 — Pacote de transmissão PCR para modo 3

6.3 Esquema de codificação de canal para transmissão hierárquica

O TS é dividido em TSP, e para cada TSP é atribuída uma camada. O chaveamento entre as camadas hierárquicas é executado a cada 204 bytes, começando com o byte subsequente ao byte de sincronização do TS (47H).

As Figuras 7 e 8 mostram exemplos do período de *clock* requerido pela codificação de canal, em que duas camadas hierárquicas estão disponíveis (uma camada modulada em DQPSK 1/2 com 5 segmentos e outra modulada em 64QAM 7/8 com 8 segmentos) e um intervalo de guarda selecionado de 1/8. “ F_s ” nas Figuras 7 e 8 representam *clock* de amostragem da FFT.

As Figuras 9 e 10 mostram exemplos do processamento do sinal para o *time interleaving* e ajuste de atraso.

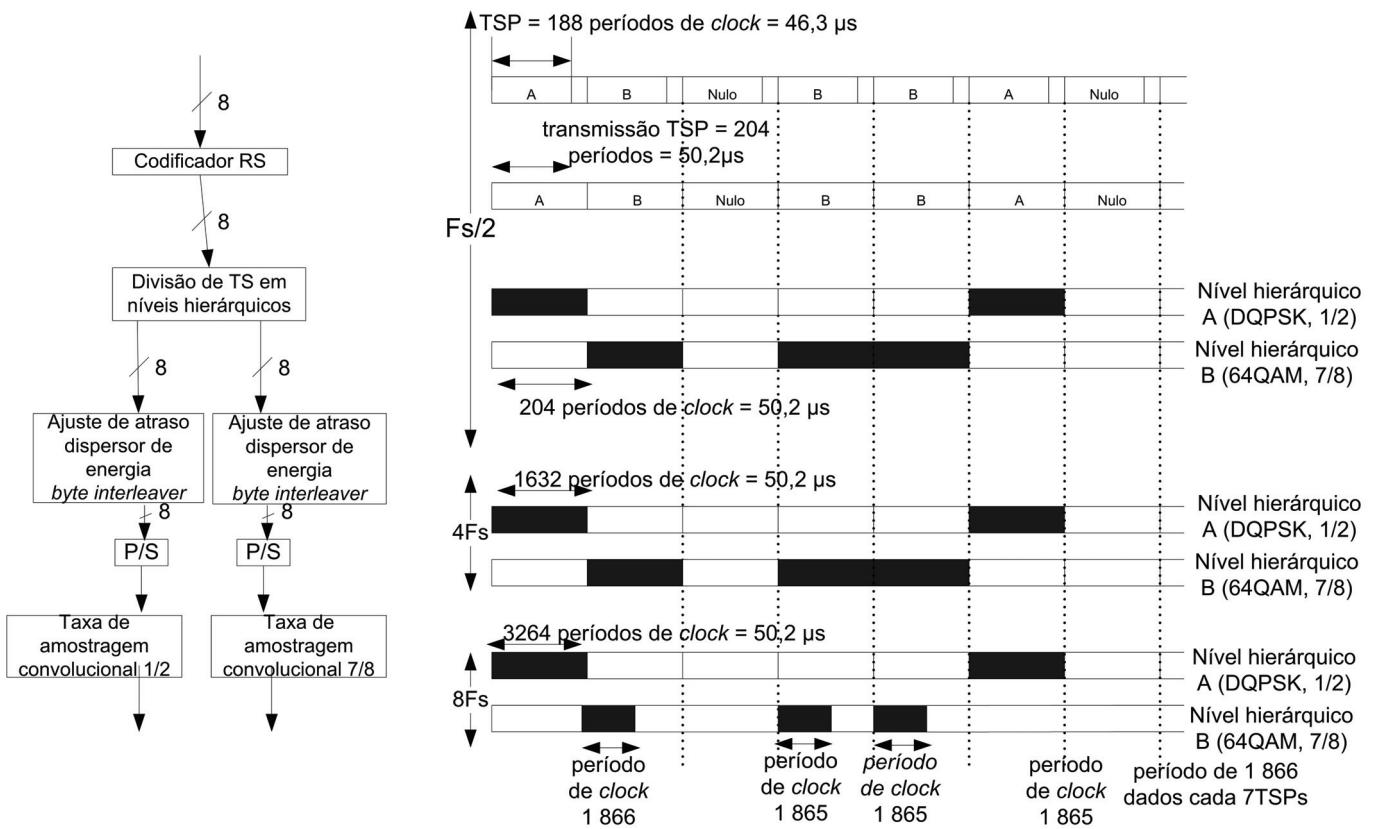


Figura 7 — Exemplo de sistema de transmissão do sinal – Primeira parte do processamento do sinal

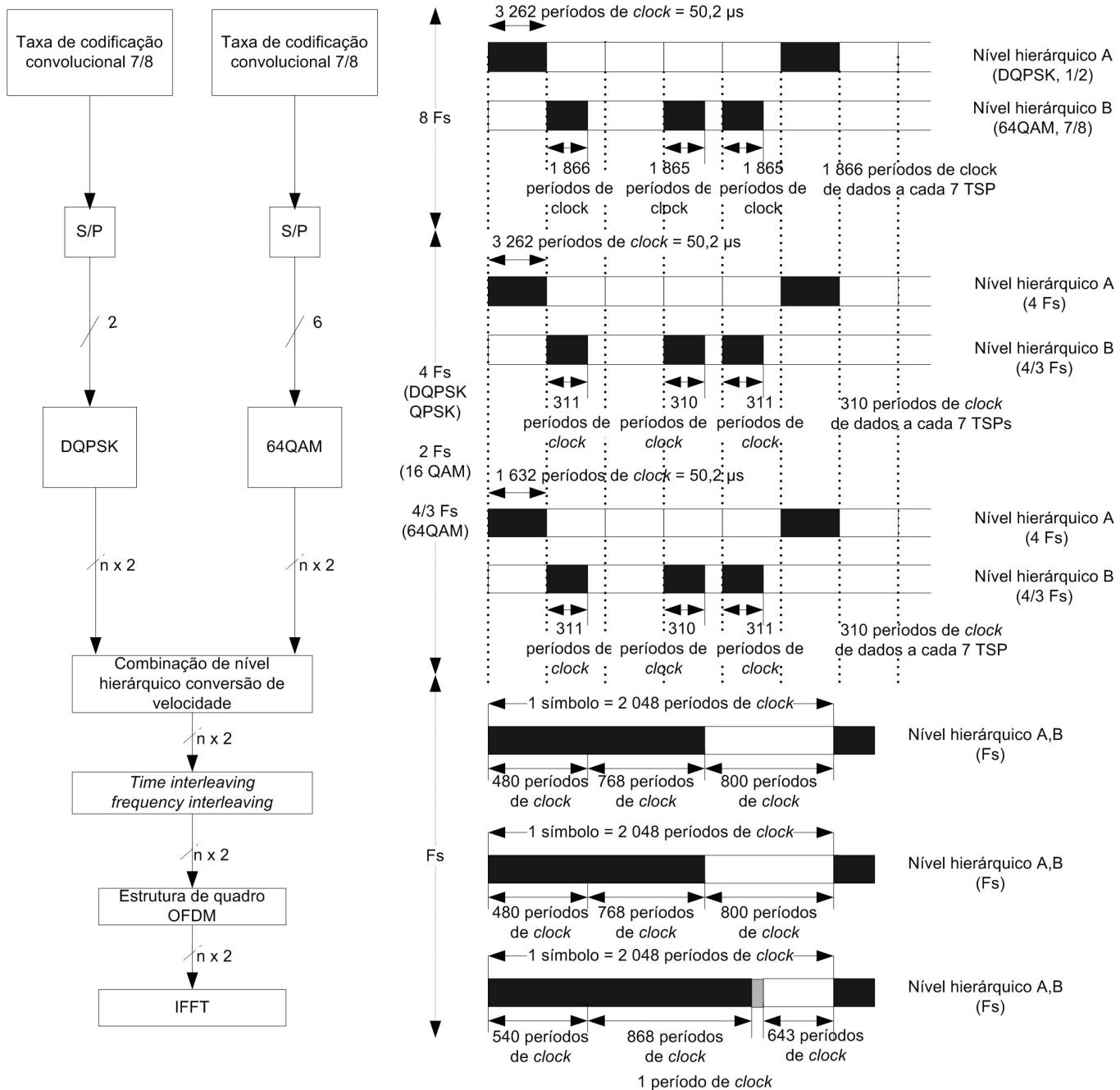
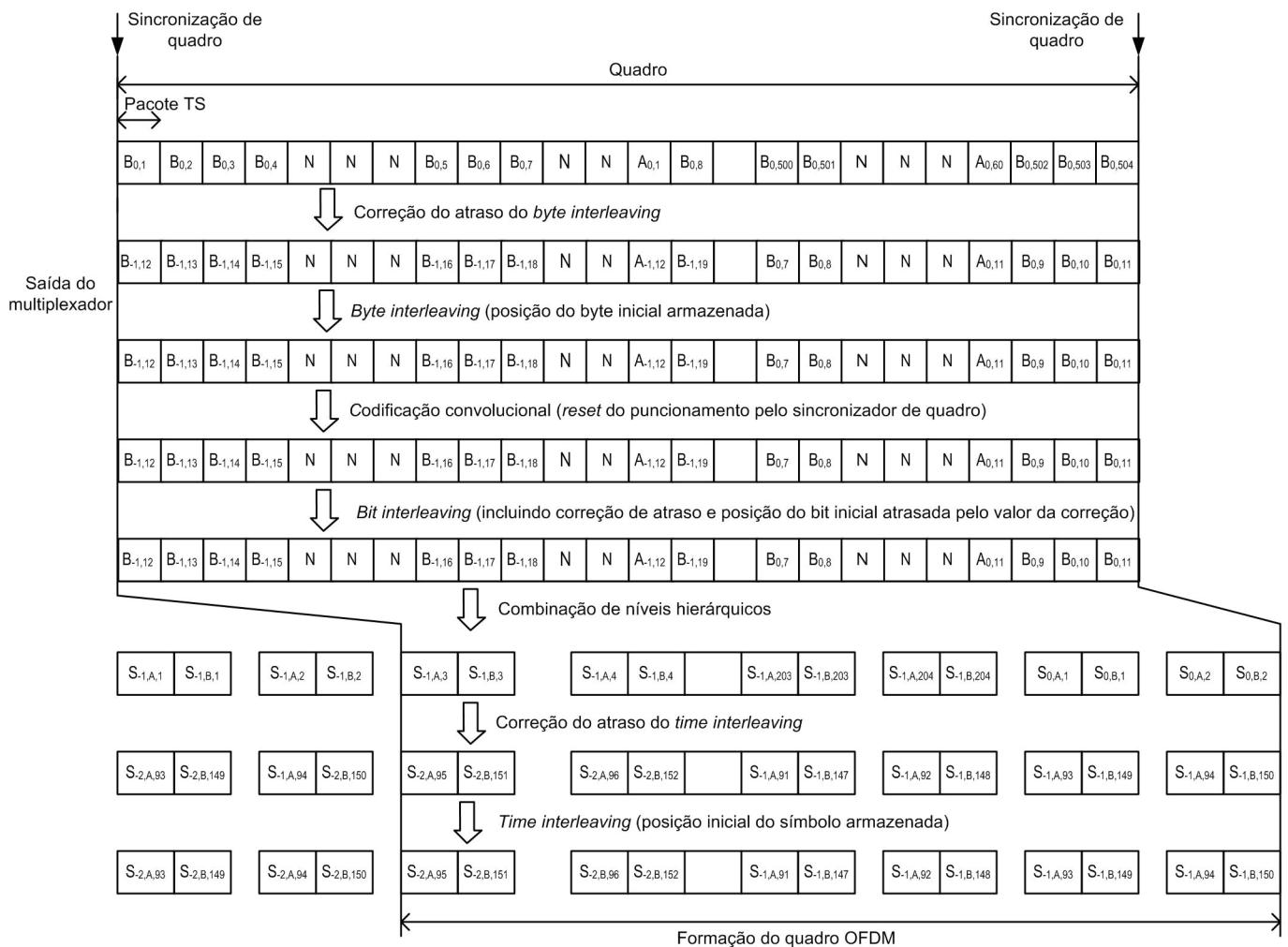


Figura 8 — Exemplo de sistema de transmissão de sinal - Segunda parte do processamento do sinal



$A_{n,m}$: m-ésimo TSP do n-ésimo quadro da camada hierárquica A N: TSP nulo $S_{n,B,m}$: m-ésimo símbolo OFDM do n-ésimo quadro da camada hierárquica B

Camada hierárquica A: DQPSK, taxa de código convolucional 1/2, 5 segmentos, I = 16

Camada hierárquica B: 64QAM, taxa de código convolucional 7/8, 8 segmentos, I = 8

Figura 9 — Exemplo de processamento de *time interleaving* e ajuste de atraso no lado da transmissão

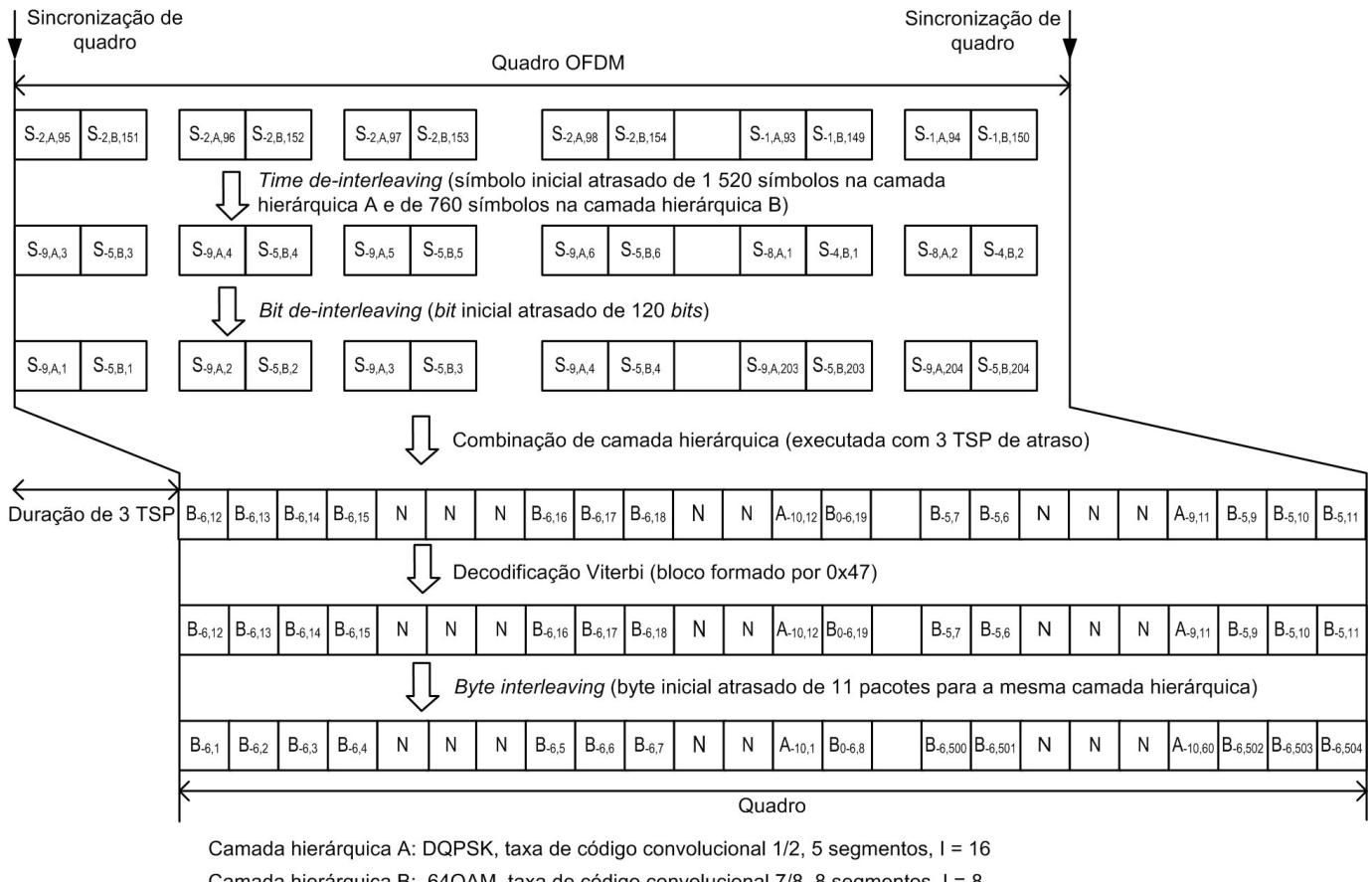


Figura 10 — Exemplo de ajuste de *time interleaving* e ajuste de atraso na recepção

6.4 Esquema de codificação de vídeo

No caso da transmissão hierárquica com múltiplas camadas, convém transmitir serviços cujo esquema de codificação de vídeo esteja de acordo com o H.264 vídeo (ver ITU Recommendation H.264) em adição aos serviços de televisão especificados na ABNT NBR 15602-1. A adoção de cada parâmetro de codificação pode ser feita por cada radiodifusor, considerando a qualidade de vídeo, taxa de bits requerida e a qualidade da recepção.

A compressão H.264 emprega ferramentas HP@L4 e BP@L1.3, respectivamente, para os serviços *full-seg* e serviços *one-seg*.

7 Guia para sincronização para SFN

7.1 Freqüência de transmissão

Para prevenir as interferências entre portadoras dentro da área de serviço SFN, convém que as variações na freqüência de transmissão de cada onda de radiodifusão sejam menores do que 1 Hz.

7.2 Freqüência de amostragem IFFT

Para implementar uma rede SFN por meio de sinais OFDM gerados por diferentes *clocks* de amostragem IFFT, como quando múltiplos moduladores OFDM são usados, convém que todos os *clocks* de freqüência de amostragem IFFT sejam idênticos. Se uma das freqüências diferir da outra, a diferença afeta o período do símbolo OFDM, que é a velocidade do símbolo. Conseqüentemente, um símbolo se desloca além do comprimento do intervalo de guarda, produzido entre sinais OFDM, causando interferência entre símbolos.

Convém que a freqüência de cada portadora mais superior e portadora mais inferior da banda de freqüência não varie mais que 1 Hz, com resultado de variações na amostragem de freqüência.

7.3 Sinais OFDM

Quando múltiplos moduladores OFDM são usados, convém que a saída da forma de onda do sinal OFDM seja a mesma em todas as estações SFN. É recomendado adotar um tempo de transmissão tal que a diferença do tempo de atraso dentro da área de serviço seja menor que o intervalo de guarda.

8 Esquema do sinal de transmissão para STL/TTL

8.1 Tipos de interface

Os pontos de interface são indicados na Figura 11.

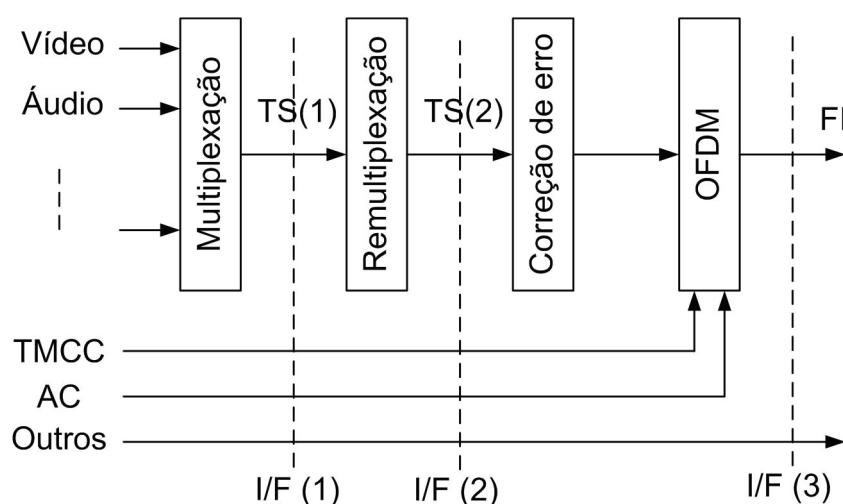


Figura 11 — Tipos de pontos de interface

TS(1) representa o sinal de *transport stream* (TS), de acordo com o sistema MPEG2, que não possui a construção do quadro multiplex para o sinal de radiodifusão terrestre de televisão digital e referido simplesmente como TS.

TS(2) representa o sinal de TS, de acordo com o sistema MPEG2, que possui a construção do quadro multiplex para o sinal de radiodifusão terrestre de televisão digital e referido como TS de radiodifusão ou B-TS.

O sinal de TS, após a remultiplexação, é especificado na ABNT NBR 15601:2007, subseção 6.2, a qual especifica a construção do quadro multiplex.

8.2 Tipos de esquemas de sincronização

8.2.1 Sincronização nos pontos de interface

Para as opções para os pontos de interface I/F (1) e I/F (2), definidos em 8.1 convém que a freqüência de amostragem IFFT seja sincronizada entre o estúdio e a estação de radiodifusão ou entre as estações de radiodifusão (ver Tabela 12).

Tabela 12 — Pontos de interface e esquema de sincronização

Método de transmissão	Ponto de interface	Sinal de interface	Descrição	Observação
Transmissão por microondas	RF	Sinal OFDM	Desnecessário	
	I/F(3)		Apenas sincronização de RF	
	I/F(2)	Broadcasting TS (B-TS)	Sincronização escrava	
			Conversão de sincronização	Necessidade de equipamento para quase-sincronização
			Sincronização completa	Retornar clock
			Sincronização de referência	Uso de GPS
			Sincronização escrava	
	I/F(1)	TS usual	Conversão de sincronização	Conversão de sincronização através equipamento remultiplexador
			Sincronização de referência	Uso de GPS

8.2.2 Sincronização completa

Qualquer um dos *clocks* do modulador de quaisquer das estações de radiodifusão pode ser usado como *clock* de referência de rede e os *clocks* de outras estações de radiodifusão ou *clock* do estúdio podem ser sincronizados pelo *clock* de referência. Entretanto, convém que um enlace específico para transmitir o *clock* seja estabelecido em adição ao enlace de transmissão do TS, para transmitir o sinal de radiodifusão de televisão digital terrestre.

8.2.3 Sincronização escrava

O *clock* do modulador, em cada estação transmissora é sincronizado com o *clock* do multiplexador ou remultiplexador no estúdio da emissora. Como método de transmissão do *clock* de estúdio, existe um método para sincronizar com o bit do *clock* do STL/TTL etc.

8.2.4 Sincronização de referência

Este método sincroniza o estúdio e todas as estações radiodifusoras através de um sinal de sincronização que não o da rede de radiodifusão terrestre de televisão digital. Para o sinal de sincronização digital existe o GPS.

8.2.5 Conversão de sincronização (quase sincronização)

Esse método de conversão de sincronização é gravar na entrada do *buffer* temporário o sinal de TS recebido, que foi transmitido pela estação anterior ou do estúdio, e esse sinal TS é lido pela estação seguinte, que é assíncrona em relação à estação anterior ou ao estúdio. O sinal de TS da estação anterior é transmitido inserindo mais que um TSP nulo específico, e esse sinal TSP pode ser inserido e apagado na estação seguinte para obter a conversão de sincronização.

Entretanto, como no sistema de televisão digital terrestre podem ser transmitidas até três camadas hierárquicas, como uma única camada de radiodifusão, no caso de transmissão de camadas, é necessário um dispositivo de conversão de sincronização em cada camada. Mas, o remultiplexador descrito na Figura 11 tem uma função equivalente à conversão de sincronização; consequentemente, no caso de interface I/F (1), o remultiplexador pode ser substituído pela função de conversão de sincronização.

No caso de operação SFN, o sinal OFDM tem que ser o mesmo em todas as estações SFN, mas, nesse método a transmissão pode ser mudada através da adição ou eliminação de pacotes nulos. Sendo assim, este método não é apropriado para ser usado como um método de sincronização entre as estações de radiodifusão para operação SFN.

8.3 Tipos de rede de radiodifusão

8.3.1 Condições da operação em SFN e MFN

Convém que as seguintes condições sejam satisfeitas para operação SFN:

- a precisão da freqüência de RF esteja na faixa de 1 Hz;
- o *clock* de amostragem IFFT coincida, na média, e com a diferença de freqüência entre cada limite da banda de transmissão da portadora, devido à deriva de amostra de *clock*. Convém que a deriva do *clock* esteja dentro de $\pm 0,3$ ppm;
- os quadros multiplex sejam os mesmos, ou seja, o TS(2) na Figura 11 coincide;
- a diferença do tempo de atraso da fase do sinal de sincronização de quadro OFDM, incluindo número par (W_0), número ímpar (W_1) da fase do sinal de sincronização, seja posicionada dentro do período de intervalo de guarda, na área de interferência SFN.

De outra forma, quando a freqüência difere de outras estações de radiodifusão, ou quando a freqüência for a mesma, mas a área de cobertura não se sobreponha geograficamente, MFN, convém que:

- a precisão da freqüência de RF esteja dentro da faixa de 500 Hz;
- a diferença entre o limite da banda de transmissão da portadora devido à variação da amostra do *clock* IFFT esteja dentro de $\pm 0,3$ ppm;
- não seja necessário que os quadros multiplex sejam idênticos. Isso significa que TS(2) não tem que ser necessariamente idêntico, contanto que a unidade receptora possa decodificar os sinais sem contradição;
- o tempo de envio do quadro OFDM de sincronização de fase, incluindo a fase de sincronização do quadro TMCC, não precise ser especificado.

Como as especificações para a condição de envio da interface e os diferentes métodos de sincronização SFN são assumidos ou não na rede de radiodifusão, o modelamento depende se a rede é SFN ou MFN.

A construção de uma rede de radiodifusão contendo SFN é mostrada na Figura 12.

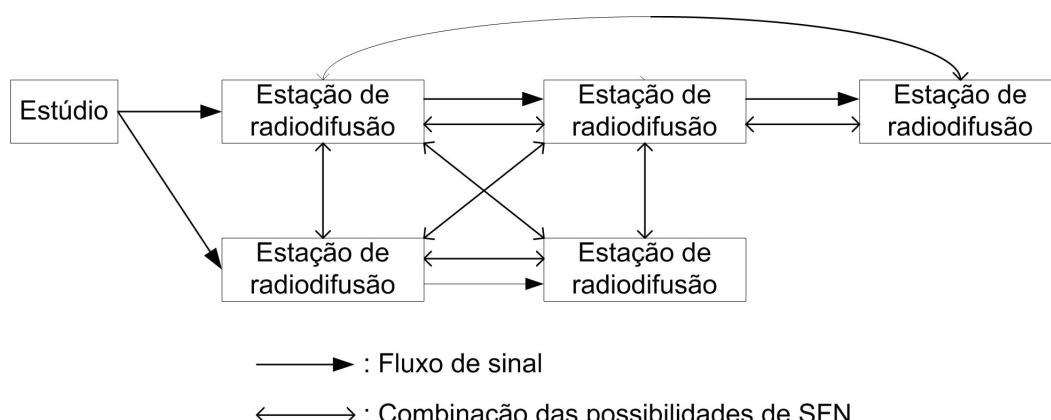


Figura 12 — Construção de uma rede de radiodifusão e combinação com rede SFN

8.3.2 Construção de redes sem considerar a condição de SFN

As redes para os casos em que o sinal é transmitido de um estúdio para uma estação de radiodifusão são esquematicamente mostradas nas Figuras 13 e 14.

As redes para os casos em que a estação seguinte ao estúdio e a estação subsequente estão em operação MFN e toda rota está em operação MFN são esquematicamente mostradas na Figura 15.

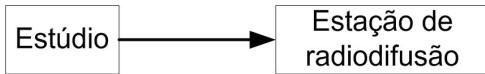


Figura 13 — Sinal transmitido de um estúdio para uma estação transmissora



Figura 14 — Sinal transmitido de um estúdio para várias estações de operação MFN

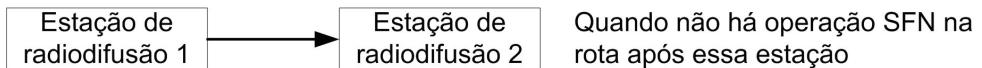


Figura 15 — Rota na topologia MFN

8.3.3 Operação de rede considerando a condição da rede SFN

O sinal transmitido de um estúdio, para múltiplas estações de radiodifusão em topologia SFN, está esquematicamente representado na Figura 16.

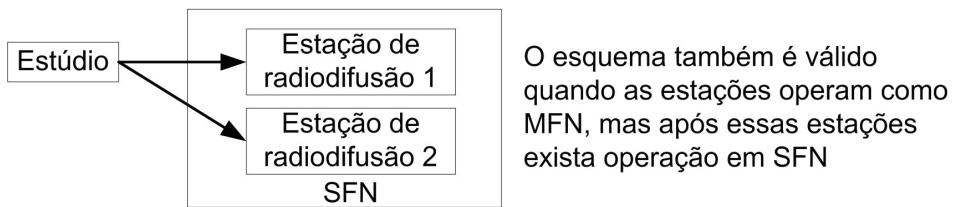


Figura 16 — Sinal transmitido de um estúdio para múltiplas estações de radiodifusão em operação SFN

As redes nas quais é formada a topologia SFN entre a estação anterior e a estação seguinte está esquematicamente representada na Figura 17.

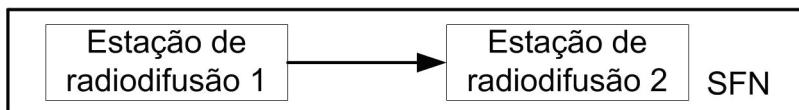


Figura 17 — Topologia SFN formada entre a estação anterior e a estação seguinte

As redes em que a topologia MFN é empregada entre as estações anterior e seguinte, mas a construção SFN é empregada na rota após a estação seguinte está esquematicamente representada na Figura 18.

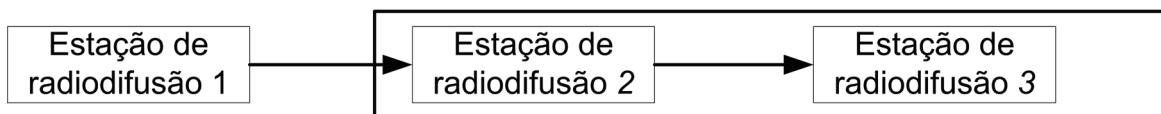


Figura 18 — Topologia SFN empregada entre a estação anterior e incluídas estações de radiodifusão em outra rota

Os casos nos quais a topologia MFN é empregada entre a estação precedente e a estação seguinte, mas a construção SFN é empregada após as estações precedente e a seguinte estão esquematicamente representados na Figura 19.

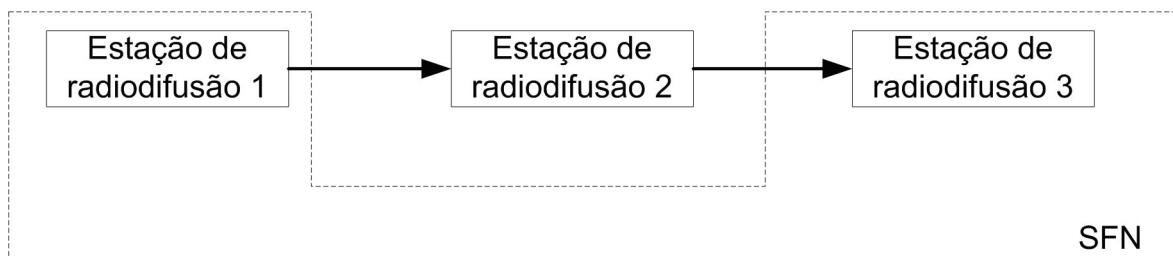


Figura 19 — Topologia SFN empregada entre a estação, precedente e a seguinte

As Figuras 16 a 19 mostram o método de sincronização necessário quando da construção de rede SFN.

8.4 Exemplos do uso de método de sincronização considerando SFN

8.4.1 Pontos de interface e métodos de sincronização quando se considera a rede SFN

Problemas e condições quando se considera a rede SFN nos pontos de interface e métodos de sincronização apresentados em 8.2 são mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 — Pontos de interface e métodos de sincronização quando se considera a rede SFN

Nº	Interface	Método de sincronização	Problemas e condições relativos a SFN
1	RF	Desnecessário	Tempo de atraso na área de rede SFN não pode ser controlado
2	I/F (3)	Sincronização somente de RF	Para permitir o controle de atraso na área de SFN, o tempo de atraso da estação de transmissão anterior é controlado pela adição de um atraso fixo para compensar as diferenças de tempo de atraso entre a estação anterior e a seguinte, causado pelo enlace TTL para a estação seguinte
3	I/F (2)	Sincronização escrava	A sincronização escrava no sinal enviado pela estação anterior
4		Conversão de sincronização	O processo de conversão de sincronização pode mudar o processo de construção do quadro multiplex
5		Sincronização completa	O método de envio de sinal de sincronização não é detalhado nesta parte da ABNT NBR 15608
6		Sincronização por referência	Toda a rede é sincronizada por GPS
7	I/F (1)	Sincronização escrava	Convém que o remultiplexador seja equipado na estação transmissora, portanto, a construção do quadro multiplex pode ser mudada. Adicionalmente, um método para a verificação da saída final TS é requerido separadamente
8		Conversão de sincronização	
9		Sincronização por referência	

Como apresentado na Tabela 13, I/F (1) pode ser aplicado para o método de entrega de sinal STL para uma estação de transmissão principal (mostrado na Figura 16) no qual o enlace de retorno é comparativamente fácil de proteger. Entretanto, isto é mais difícil de aplicar para a rede SFN.

A conversão de sincronização de I/F (2) para STL pode ser realizada de forma similar a I/F (1), embora, exista um problema na coincidência de quadro multiplex, quando se considera a aplicação para SFN. Para completa sincronização, quando é necessário o método de distribuição de sinal sincronizado, a aplicação em rede contendo SFN não é prática.

8.4.2 Método de sincronização correspondente à rede de radiodifusão

Para a rede contendo SFN como o apresentado em 8.4.1, convém utilizar I/F (3) e o método de radiodifusão de RF por microondas, em adição à sincronização escrava de I/F (2) e sincronização de referência.

Exemplos de uso de cada método de sincronização e informações importantes para quando se aplica os casos da construção de rede de radiodifusão mostrada em 8.3.3 são apresentados nas Tabelas 14 e 15.

A construção de redes pode ser feita combinando múltiplos métodos de sincronização entre os quatro tipos de métodos mostrados nas Tabelas 14 e 15. Portanto, convém selecionar um método apropriado de sincronização de acordo com as condições de cada rede.

Tabela 14 — Exemplo de interface utilizando FI (2)

Sistema de sincronização	Sincronização escrava	Sincronização de referência
Formato do sinal	Formato de broadcast TS de 204 bytes	Formato de broadcast TS de 204 bytes
Exemplo de construção de rede	<p>Diagrama de exemplo de construção de rede FI (2). Mostra um estúdio conectado a três moduladores (estação principal, SFN e MFN) via re-multiplexação. Cada modulador recebe um sinal de clock mestre (M) e um sinal de clock escravo (S).</p>	<p>Diagrama de sincronização de referência FI (2). Mostra GPS, JJY fornecendo sinal de clock mestre para três moduladores (estação principal, SFN e MFN). Cada modulador também recebe um sinal de clock escravo (S).</p>
Aplicação para a condição de SFN	Freqüência RF	Convém que a diferença de tempo entre cada estação esteja na casa de 1 Hz
	Clock de amostragem da IFFT	<p>Reprodução da sincronização do sinal STL/TTL do estúdio ou de estação próxima</p> <p>Convém tomar cuidado quando usar link TM em lugar do rádio STL ou TTL. No caso de se cascadear links, convém tomar cuidado com o jitter gerado no sinal de sincronismo</p>
	Quadro multiplex	A descrição do sinal do cabeçalho do quadro OFDM é adicionada (ver 8.5)
	Tempo de transmissão	Atraso relativo do segundo pulso fornecido pelo GPS é usado para ajuste de tempo de transmissão (ver 8.5)

Tabela 15 — Exemplo de interface utilizando FI (3) e método de repetição de sinal de transmissão na cadeia de radiodifusão

Sistema de sincronização	Interface OFDM-FI	Método de transmissão em cadeia de sinais de radio difusão
Formato do sinal	Sinal OFDM	Sinal OFDM
Exemplo de construção de rede	<p>Diagrama de exemplo de construção de rede FI (3). Mostra um estúdio conectado a três conversores de freqüência (estação principal, SFN e MFN) via re-multiplexação. Cada conversor recebe um sinal de clock mestre (M).</p>	<p>Diagrama de método de transmissão em cadeia de sinais de radio difusão. Mostra uma cadeia de estação principal, retransmissora SFN e retransmissora MFN. O sinal de RF é dividido entre as estações subsequentes.</p>
Aplicação para a condição de SFN	Freqüência RF	Convém que a diferença de tempo entre cada estação esteja na casa de 1 Hz
	Clock de amostragem da IFFT	Não aplicado em transmissões OFDM
	Quadro multiplex	Não aplicado em transmissões OFDM
	Tempo de transmissão	Ajuste de atraso é impossível quando se recebe uma onda de sinal. Em locais com interferência, considerar a relação entre a distância da estação e o intervalo de guarda

8.5 Informações adicionais necessárias para remultiplexação do TS de transmissão

8.5.1 Informação de controle

Convém que a informação de controle de transmissão seja fornecida quando se faz a transmissão de remultiplexação de TS usando I/F(2), no qual a interface é um quadro TS multiplexado entre os pontos de interface mostrados na Figura 11.

8.5.2 Tipos de informações adicionais

Existem dois tipos de posições múltiplas quando se multiplexa a informação de controle de transmissão para o *broadcasting* TS (B-TS).

- multiplexado para *dummy byte part* de cada TSP;
- multiplexado como TSP hierárquica inválido (como IIP, pacote de informação ISDB).

A transmissão é feita como mostrado na Tabela 16, de acordo com o item da informação do controles de transmissão.

Entretanto, convém que os itens que se sobrepõem ao *dummy byte* e a hierarquia inválida sejam multiplexados de modo a não se contradizerem entre si.

Informações detalhadas dos dados AC são descritas na Seção 9.

Tabela 16 — Itens transmitidos da informação de controle de transmissão e posição de multiplex

Nº	Item de transmissão	Descrição	Posição do multiplex	
			Dummy byte	Hierarquia inválida
1	TMCC ID	00: Satélite 10: Televisão digital terrestre 11: Áudio digital terrestre	X	
2	Flag de reset de buffer	Controle de <i>reset</i> do <i>buffer</i> de sincronização	X	
3	Disparo de controle do alarme de emergência da radiodifusão	Designando a duração da execução alarme de emergência de radiodifusão	X	X
4	Flag de mudança do pacote top do TMCC	Designação da mudança do pacote de topo	X	
5	Flag do pacote top de quadro	Designação do quadro multiplexado do pacote de topo	X	
6	Designação da sincronização de quadro (w0, w1)	Designação da duração do quadro de número par ou quadro de número ímpar	X	X
7	Informação de hierarquia de cada TSP	Discriminação de hierarquia de nulo de A, B, C Designação de TSP que transporta IIP ou que carrega AC data	X	
8	Índice de chaveamento do parâmetro de comutação		X	X
9	Contador TSP	Pacote de quadro multiplexado de topo é “0”. Incrementada na ordem do pacote	X	
10	TMCC (incluindo modo e GI)	Dispositivo de controle de informação de TMCC e modulação		X
11	Informação de controle de rede de radiodifusão	Controle de informação, tais como o do atraso no SFN		Opcional
12	Dados AC	Informação transmitida por AC	Opcional	Opcional

8.5.3 Multiplex para *dummy byte*

Convém que o formato do sinal de interface seja remultiplexado para o formato TS, ficando na construção do quadro multiplexado com 204 bytes, sendo acrescentados 8 bytes à informação de 188 bytes. A informação multiplexada é apresentada na Tabela 16 e está esquematicamente representada na Figura 20.

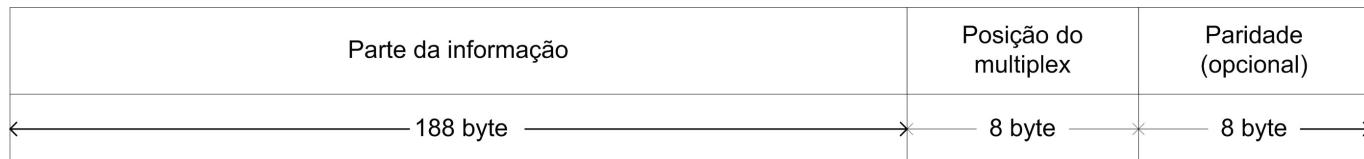


Figura 20 — Posição do multiplex no byte nulo

As informações adicionais, multiplexadas no *dummy byte*, são relativas ao TSP. As informações adicionais multiplexadas são informações específicas do ISDB chamadas *ISDB_information*.

Convém que a paridade seja aplicada no código *Reed Solomon* encurtado (204,196), gerado pela adição de 51 bytes 00HEX na frente da entrada de dados, no caso de código *Reed Solomon* (255, 247) e apagando 51 bytes do topo.

O código original *Reed Solomon* (255, 247), original GF(28) e o polinômio primitivo definindo GF(28) são os seguintes:

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

Para o gerador polinomial:

$$G(x) = (x - \lambda^0)(x - \lambda^1)(x - \lambda^2)(x - \lambda^3)(x - \lambda^4)(x - \lambda^5)(x - \lambda^6)(x - \lambda^7), \text{ onde}$$

$$\lambda = 02_{\text{HEX}}$$

A sintaxe da informação ISDB e sua descrição estão respectivamente nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 17 — Sintaxe da informação ISDB

Estrutura de dados	Número de bits	Notação bit string
<i>ISDB_information</i> () {		
<i>TMCC_identifier</i>	2	*bslbf
<i>reserved</i>	1	bslbf
<i>buffer_reset_control_flag</i>	1	bslbf
<i>switch-on_control_flag_for_emergency_broadcasting</i>	1	bslbf
<i>initialization_timing_head_packet_flag</i>	1	bslbf
<i>frame_head_packet_flag</i>	1	bslbf
<i>frame_indicator</i>	1	bslbf
<i>layer_indicator</i>	4	bslbf
<i>count_down_index</i>	4	bslbf
<i>AC_data_invalid_flag</i>	1	bslbf
<i>AC_data_effective_bytes</i>	2	bslbf
<i>TSP_counter</i>	13	bslbf
<i>if</i> (<i>AC_data_invalid_flag</i> == 1)		
<i>stuffing_bit</i>	32	bslbf
<i>else</i> {		
<i>AC_data</i> }	32	bslbf
}		

Tabela 18 — Descrição da sintaxe da informação ISDB

Byte	Bit	Sintaxe	Descrição
0	7	Identificador TMCC	= 1
	6		= 0
	5	Reservado	Sempre 1
	4	<i>buffer_reset_control_flag</i> (Flag do reset de buffer)	Sinal de controle de <i>reset</i> do dispositivo <i>buffer</i> sincronizado. No caso de <i>reset</i> do <i>buffer</i> , “1”; normalmente, “0”
	3	<i>switch-on_control_flag_for_emergency_broadcasting</i> (começa o controle para alarme de emergência de radiodifusão)	Sinal de controle na unidade receptora no caso de emergência de radiodifusão. Durante a emergência de radiodifusão, “1”; normalmente, “0”
	2	<i>initialization_timing_head_packet_flag</i> (mudando a designação)	Mudando o cabeçalho do pacote “1”. Normalmente, é “0”. O índice da comutação de parâmetros do transmissor é contagem regressiva e quando ele retorna “1 1 1”, o cabeçalho do pacote do quadro é “1”
	1	<i>frame_head_packet_flag</i> (cabeçalho do pacote do quadro)	Desrimina o cabeçalho de quadros múltiplos. O cabeçalho do pacote de quadros múltiplos é “1” apesar do número par ou número ímpar de quadros; os outros são “0”
	0	<i>frame_indicator</i> (descrição da sincronização de quadro)	Durante o quadro par (W0) do quadro OFDM , é ‘0’ Durante o quadro ímpar (W1) do quadro OFDM, é ‘1’
1	7-4	<i>layer_indicator</i> (indicador de camada)	Indica a hierarquia pelo qual o TSP é transmitido “0000” um TSP nulo que não é transmitido por nenhuma das hierarquias A, B ou C ‘0001’: TSP transmitida pela hierarquia A ‘0010’: TSP transmitida pela hierarquia B ‘0011’: TSP transmitida pela hierarquia C 0100: TSP que transmite dados AC, mas não transmitido por nenhuma hierarquia A, B ou C ‘0101’ - ‘0111’: TSP que provê serviços de multiplexação dos dados originais ‘1000’: TSP que transmite IIP, mas não transmite quaisquer das hierarquias A, B ou C ‘1001’ - 1111’: TSP que prove serviço de multiplexação dos dados originais
	3-0	<i>count_down_index</i> (indicador de contagem regressiva)	Índice de comutação de parâmetros de transmissão descrito na informação TMCC
2	7	<i>AC_data_invalid_flag</i> (flag de dados AC multiplexada em <i>dummy byte</i>)	Quando AC <i>data</i> não é adicionado ao byte fantasma: ‘1’ Quando dados AC são adicionados ao <i>dummy byte</i> : ‘0’
	6-5	<i>AC_data_effective_bytes</i> (o número atual dos dados AC a serem transmitidos pelo sinal de radiodifusão)	‘00’: 1-byte ‘01’: 2-byte ‘10’: 3-byte ‘11’: 4-byte (incluindo caso em que os dados AC não são adicionados no <i>dummy byte</i>) Entre os bytes 4 a 7, a posição do byte a ser usado será especificada por cada provedor de serviço
	4-0	<i>TSP_counter</i>	Um contador no qual o cabeçalho do quadro multiplex é 0 e incrementado de um em um na ordem dos pacotes. O incremento inclui NULL-TSP, TSP que transmite IIP ou dados AC etc.
3	7-0		Área para os dados AC. Não é transmitida nos casos em que <i>AC_data_invalid_flag</i> = ‘1’
4	7-0	AC <i>data</i> (dados AC)	
5	7-0	AC <i>data</i> (dados AC)	
6	7-0	AC <i>data</i> (dados AC)	
7	7-0	AC <i>data</i> (dados AC)	

8.5.4 Multiplex para hierarquia inválida IIP (*ISDB_information_packet*)

8.5.4.1 Posição do multiplex

O IIP é inserido no 188º byte de um pacote de informação na qual o “*layer_indicator*” da Tabela 17 torna-se ‘1000’ e somente um pacote é multiplexado no quadro multiplex.

As informações dos pacotes IIP indicam a informação do próximo quadro multiplex.

8.5.4.2 Informação IIP

A estrutura sintática de IIP está na Tabela 19 e a descrição de sintaxe na Tabela 20.

Tabela 19 — Sintaxe do IIP (*ISDB_information_packet*)

Estrutura de dados	Número de bits	Notação bit string
<pre>ISDB-T information_packet(){ TSP_header{ sync_byte transport_error_indicator payload_unit_start_indicator transport_priority PID transport_scrambling_control adaptation_field_control continuity_counter } payload{ IIP_packet_pointer modulation_control_configuration_information() IIP_branch_number last_IIP_branch_number network_synchronization_information_length network_synchronization_information() for(i=0;i<(159- network_synchronization_information_length);i++) { stuffing_byte(0xFF) } } }</pre>		

Tabela 20 — Descrição da sintaxe IIP

Sintaxe	Descrição
<i>sync_byte</i>	Byte de sincronização TSP: 0x47 (01000111)
<i>transport_error_indicator</i>	Não usado. Convém que seja sempre '0'
<i>payload_unit_start_indicator</i>	Convém que seja sempre '1'
<i>transport-priority</i>	Não usado. Convém que seja sempre '0'
PID	Convém que seja definido pelo provedor de serviço. Contudo, o mesmo PID é usado para o serviço radiodifusão de televisão digital terrestre
<i>transport_scrambling_control</i>	Não usado. Convém que seja sempre '0'
<i>adaptation_field-control</i>	Convém que seja sempre '01' (somente <i>payload</i>)
<i>continuity_counter</i>	Será usado de acordo com a ISO/IEC13818-1
<i>IIP_packet-pointer</i>	Indica o número de pacotes na posição de multiplex para o cabeçalho do quadro do próximo quadro multiplex do quadro multiplex “ISDB_information_packet” O valor do último TSP do quadro multiplex será 0 é contado a partir da posição do multiplex do “ISDB_information_packet” para o cabeçalho do próximo quadro multiplex na unidade TSP
<i>IIP_branch_number</i>	Indica o número de ramais do IIP. Quando o “network_synchronization_information” não está dentro dos 159 bytes, o mesmo pode ser sobreposto em múltiplos pacotes (subpacote IIP). Este número de ramais (subpacote IIP) volta para cada pacote IIP. O <i>IIP_branch_number</i> do primeiro pacote no subpacote IIP é 0x00
<i>last_IIP_branch_number</i>	Indica o último “IIP_branch_number” do subpacote IIP. Quando o subpacote IIP é construído somente por um pacote é indicado 0x00 (quando o “network_synchronization_information” está dentro dos 159 bytes). Quando o subpacote IIP é formado por dois pacotes, é indicado 0x01
<i>network-synchronization_information_length</i>	É designado o comprimento do próximo “network_synchronization_information”. Convém que o valor desse comprimento seja 159 bytes ou menos

Como o pacote IIP é um TSP por quadro multiplex, o *payload* é de 184 bytes. Convém que a informação de transmissão que exceda 184 bytes seja transmitida sobrepondo os múltiplos quadros multiplex.

Quando o IIP é construído para múltiplos TSP, o TSP inserido no quadro multiplex é chamado de pacote sub IIP. A relação entre “*IIP_branch_number*” e o “*last_IIP_branch_number*”, quando o sub IIP é construído por dois pacotes é mostrada na Figura 21.

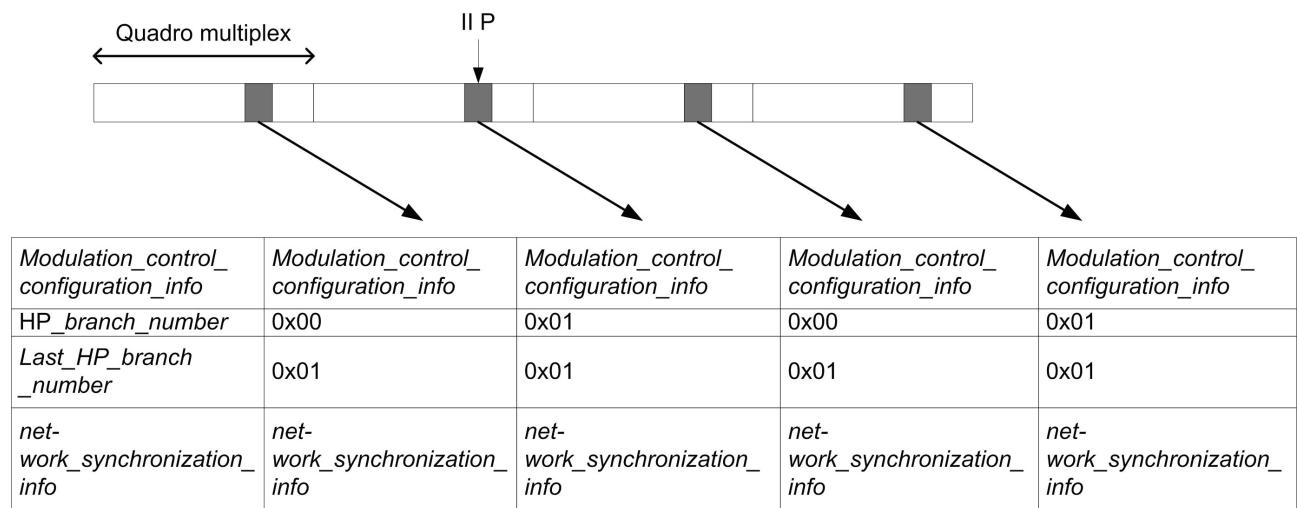


Figura 21 — Exemplo de configuração de sub IIP

A menos que o conteúdo da “*modulation_control_configuration_information*” seja mudado, o mesmo conteúdo é mantido, não em desacordo com o “*IIP_branch_number*”

Para “*net_sync_info_A/B*”, diferentes conteúdos de equipamento de *loop* são distribuídos.

8.5.4.3 Configuração da *modulation_control_configuration_information*

A estrutura sintática do *modulation_control_configuration_information* é mostrada na Tabela 21 e sua descrição na Tabela 22.

Tabela 21 — Sintaxe da *modulation_control_configuration_information*

Configuração de dados	Número de bits	Notação da fileira de bits
<i>modulation_Control_configuration_information()</i> {		
<i>TMCC_synchronization_word</i>	1	bslbf
<i>AC_data_effective_position</i>	1	bslbf
<i>reserved</i>	2	bslbf
<i>mode_GI_information</i> {		
<i>initialization_timing_indicator</i>	4	bslbf
<i>current_mode</i>	2	bslbf
<i>current_guard_interval</i>	2	bslbf
<i>next_mode</i>	2	bslbf
<i>next_guard_interval</i>	2	bslbf
}		
<i>TMCC_information</i> {		
<i>system_identifier</i>	2	bslbf
<i>count_down_index</i>	4	bslbf
<i>switch-on_control_flag_used_for_alert_broadcasting</i>	1	bslbf
<i>current_configuration_information</i> {		
<i>transmission_parameters_for_layer_A</i> {		
<i>modulation_scheme</i>	1	bslbf
<i>coding_rate_of_inner_code</i>	3	bslbf
<i>length_of_time_interleaving</i>	3	bslbf
<i>number_of_segments</i>	3	bslbf
}	4	bslbf
<i>transmission_parameters_for_layer_B</i> {		
<i>modulation_scheme</i>	3	bslbf
<i>coding_rate_of_inner_code</i>	3	bslbf
<i>length_of_time_interleaving</i>	3	bslbf
<i>number_of_segments</i>	4	bslbf
}		
<i>transmission_parameters_for_layer_C</i> {		
<i>modulation_scheme</i>	3	bslbf
<i>coding_rate_of_inner_code</i>	3	bslbf
<i>length_of_time_interleaving</i>	3	bslbf
<i>number_of_segments</i>	4	bslbf
}		
}		
<i>next_configuration_information</i> {		
<i>partial_reception_flag</i>	1	bslbf
<i>transmission_parameters_for_layer_A</i> {		
<i>modulation_scheme</i>	3	bslbf
<i>coding_rate_or_inner_code</i>	3	bslbf
<i>length_of_time_interleaving</i>	3	bslbf
<i>number_of_segments</i>	4	bslbf
}		
<i>transmission_parameters_for_layer_B</i> {		
<i>modulation_scheme</i>	3	bslbf
<i>coding_rate_of_inner_code</i>	3	bslbf
<i>length_of_time_interleaving</i>	3	bslbf
<i>number_of_segments</i>	4	bslbf
}		
<i>transmission_parameters_for_layer_C</i> {		
<i>modulation_scheme</i>	3	bslbf
<i>coding_rate_of_inner_code</i>	3	bslbf
<i>length_of_time_interleaving</i>	3	bslbf
<i>number_of_segments</i>	4	bslbf
}		
}		
<i>phase_correction_of_CP_in_connected_transmission</i>	3	bslbf
<i>TMCC_reserved_future_use</i>	12	bslbf
<i>reserved_future_use</i>	10	bslbf
}		
<i>CRC_32</i>	32	rpchof

Tabela 22 — Descrição da sintaxe da *modulation_control_configuration_information*

Sintaxe	Descrição
TMCC_synchronization_word	Sincroniza o sinal de sincronização do quadro OFDM, alocando em B1 a B16 da portadora TMCC e transfere como segue: w0 (0011010111101110) = "0" w1 (1100101000010001) = "1"
AC_data_effective_position	Indica se os dados da hierarquia inválida ou "dummy byte data" são usados como atual "AC data" para serem transmitidos como sinais de radiodifusão '0': usado o dado da hierarquia inválida '1': usado o "dummy byte data" (incluindo o caso em que "AC data" não é multiplexado)
mode_GI_information	Informação de modo de transmissão e taxa de intervalo de guarda
initialization_timing_indicator	Indica que o <i>timing</i> de comutação do modo e intervalo de guarda. <ul style="list-style-type: none"> • Valor normal é 15 ('1111'). O valor é decrementado pela unidade de quadro OFDM a partir de 15 quadros antes da comutação • Convém que a comutação de timing seja o instante de partida do primeiro quadro, quando o valor do ponto de marcação inicial retornar de 0 para 15. Durante a contagem regressiva (quando o valor é diferente de 15), uma revisão do <i>next-mode</i> e <i>next-guard-interval</i> não poder ser feita
current_mode	Indica que o modo (1, 2 e 3) agora está sendo usado '00': reservado '01': modo 1 '10': modo 2 '11': modo 3
current_guard_interval	Indica a taxa do intervalo de guarda que está sendo usada agora "00": 1/32 "01": 1/16 "10": 1/8 "11": 1/4
next_mode	Indica o próximo modo
next_guard_interval	Indica o próximo intervalo de guarda
TMCC_information	Igual à informação TMCC no sistema brasileiro de televisão digital
system_identifier	Igual à discriminação de sistema na informação TMCC
count_down_index	Igual ao índice de comutação de parâmetro de transmissão descrito na informação TMCC
switch-on_control_flag_used_for_alert_broadcasting	Igual ao <i>flag</i> de partida para alarme de emergência de radiodifusão descrito na TMCC
current_configuration_information	Igual à informação atual da TMCC.
partial_reception_flag	Igual ao <i>flag</i> de acesso condicional descrito na informação TMCC.
transmission_parameters_for_layer_A	Igual à informação de parâmetro de transmissão para camada hierárquica A da TMCC
modulation_scheme	Igual à modulação de portadora, descrito na TMCC
coding_rate_of_inner_code	Igual à taxa de codificação convolucional descrito na informação TMCC
length_of_time_interleaving	Igual ao comprimento do <i>time-interleaving</i> descrito na informação TMCC
number_of_segments	Igual ao número de segmentos descritos na informação TMCC
transmission_parameters_for_layer_B	Igual à informação de parâmetro de transmissão para camada hierárquica B da TMCC
transmission_parameters_for_layer_C	Igual à informação de parâmetro de transmissão para camada hierárquica C da TMCC
next_configuration_information	Igual à próxima informação da TMCC
phase_correction_of_CP_in_connected_transmission	Igual à <i>phase_shift_correction_value</i> para segmento de transmissão conectada descrito na TMCC
TMCC_reserved_future_use	Igual à <i>bit</i> reservado (B110 a B121) descrito na TMCC
reserved_future_use	Reservado para futuras extensões. Convém que todos eles sejam "1"
CRC_32	Valor CRC calculado pelo polinômio usado na ISO/IEC 13818-1. As extensões são para: <i>modulation_control_configuration_information</i> do TMCC_synchronization_word to future_use_bit. Polinômio= $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

8.5.4.4 Estrutura da *network_synchronization_information*

A sintaxe do *network_synchronization_information* é apresentada na Tabela 23 e sua descrição na Tabela 24.

Tabela 23 — Sintaxe do *network_synchronization_information*

Estrutura de dados	Número de bits	Notação da fileira de bits
<pre> network_synchronization_information(){ synchronization_id if (synchronization_id==0x00){ SFN_synchronization_information{ SFN_synchronization_time_stamp synchronization_time_stamp maximum_delay } equipment_loop_length for (i=0; i<equipment_loop_length/5; i++){ equipment_control_information{ equipment_id renewal_flag static_delay_flag reserved_future_use time_offset_polarity time_offset } } } CRC_32 } else if (synchronization_id==0xFF){ for (j=0; j<N; j++){ stuffing_byte(0xFF) } } </pre>		

Tabela 24 — Descrição da *network_synchronization_information*

Sintaxe	Descrição
<i>synchronization_id</i>	0x00: SFN_synchronization_information é adicionado 0x01 ~0xFE: para futura extensão 0xFF: SFN_synchronization_information não é adicionado
SFN_synchronization_information	Informação de controle de sincronização, incluindo controle de atraso de tempo na rede SFN
<i>synchronization_time_stamp</i>	Diferença de tempo a partir do tempo de referência Indicado na unidade periódica de 10 MHz (na escala de tempo de 100 ns). Indica tempo de atraso do cabeçalho do quadro multiplex (tempo de partida), no qual o próximo TMCC_synchronization_word é "0" contra o último sinal 1 pps ganho de referência de tempo, como GPS, na liberação de saída (por exemplo, saída de STL) da linha da estação de radiodifusão
<i>maximum_delay</i>	Atraso de tempo máximo. O intervalo de tempo entre a saída liberada (por exemplo, saída do STL) da linha da estação radiodifusão no estúdio e a emissão das ondas radiodifusão da antena transmissora em cada estação de radiodifusão na rede SFN. Indicado na unidade periódica de 10 MHz (na escala de tempo de 100 ns). Convém que esse valor seja colocado para menos de 1 s [dentro da faixa entre 0 (0x000000) e 9999999 (0x98967F)])
<i>equipment_loop_length</i>	Indica o comprimento total do <i>equipment_loop</i> Indica na unidade de bytes
<i>equipment_control_information</i>	Informação para controlar o ajuste de atraso ou atraso de tempo fixo individualmente para cada estação de radiodifusão
<i>equipment_id</i>	Designar cada estação de radiodifusão para controlar por <i>equipment_control_information</i>
<i>renewal_flag</i>	Renovar <i>flag</i> Quando renova o valor do static_delay_flag, time_offset_polarity, e time_offset, esses campos no equipment_control_information do objetivado equipment_id serão renovados Quando se renova o valor do maximum_delay, esse campo em toda sintaxe do equipment_control_information (todos os equipamentos do enlace) serão renovados. Este campo comuta entre '1' e '0' para a renovação
<i>static_delay_flag</i>	<i>Flag</i> de atraso estático. Para o controle do atraso SFN, o tempo de atraso pode ser ajustado pelo tempo de referência, como um GPS, num caso típico, e pelo tempo de atraso estático pode ser alocado na estação radiodifusão, não usando o tempo de referência em outro caso. O <i>flag</i> para tempo estático pode ser '1' quando o último controle é empregado. Neste caso, somente o controle de informação time_offset é efetivo e somente este valor é usado pelo controle de atraso
<i>reserved_future_use</i>	Bit reservado para futura extensão
<i>time_offset_polarity</i>	Indica a polaridade do time_offset, onde '0' designa um valor positivo e '1', negativo. Quando static_delay_flag é '1', '0' é sempre informado
<i>time_offset</i>	Indicado em 10 MHz de unidade periódica (escala de tempo de 100 ns). O significado deste campo muda de acordo com o valor do static_delay_flag [Quando static_delay_flag = '0'] Indica que o ajuste do tempo de atraso em cada estação de radiodifusão para evitar o "maximum_delay". Este valor, juntamente com a polaridade dada pelo "time_offset_polarity", é especificado dentro da faixa de - 1 s < time_offset < 1 s (entre 0 (0x000000) e 9999999 (0x98967F)) como o valor de entrada para este campo. [Quando static_delay_flag = '1'] Indica o tempo de atraso, quando é ajustado um especificamente, fixo delay_time para uma estação de radiodifusão sem usar tempo padrão. Este valor, que é menor que 1 s, é especificado dentro da faixa entre 0 (0x000000) e 9999999 (0x98967F)
CRC_32	O valor do CRC é calculado através do polinômio usado na ISO/IEC 13818-1 Faixas para todo o "SFN_synchronization_information" oriundo do "Synchronization_time_stamp", que é o cabeçalho do "SFN_synchronization_information_header para time_offset" Polinômio = $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

Convém que os seguintes valores de tempo indicados nos campos correspondentes sejam inclusos no tempo de modulação OFDM, excluindo o tempo de atraso teórico, devido ao *time interleaving*:

- o intervalo de tempo entre a liberação de saída da linha, para a estação de radiodifusão, ao estúdio e a emissão da onda irradiada da antena transmissora de cada estação de radiodifusão na rede SFN (atraso máximo);
- o valor do atraso máximo com a compensação do tempo de atraso de cada estação de radiodifusão (*maximum-delay_± time_offset*) quando o *static_delay_flag* = 0; [“+” ou “-” quando o *time_offset_polarity* é “0” ou “1”, respectivamente].
- o tempo de atraso fixo de cada estação de radiodifusão (*time_offset*) quando o *static_delay_flag* = “1”.

Assim, o tempo de atraso requerido para sincronização SFN a cada estação de radiodifusão (o tempo entre a chegada à estação de radiodifusão de entrada no modulador) precisa ser calculado pela subtração do tempo requerido para modulação OFDM (excluindo o atraso de tempo teórico devido a *time interleaving*).

9 Guia operacional para transmissão de dados AC

9.1 Posição para os dados AC

Convém definir a multiplexação dos AC *datas* (canal auxiliar) sobre o *broadcasting TS*(B-TS), ajustamento de AC *datas* multiplexados de TS de radiodifusão em relação ao quadro OFDM e o seu mapeamento nas portadoras OFDM. Existem dois tipos de posição no TS de radiodifusão onde esses dados podem ser multiplexados:

- multiplexados sobre *dummy byte part* de cada TSP;
- multiplexados sobre hierarquia TSP inválida.

9.2 Determinação da posição do multiplex do *broadcasting TS*

Se o dado AC for multiplexado na parte de dados nulos ou hierarquia inválida, o TSP é determinado procurando *AC_data_effective_position* do IIP *modulation_control_configuration_information*. Para mais informações, ver as Tabelas 21 e 22.

9.3 Multiplexação sobre *dummy byte part*

9.3.1 Posição do multiplex

Quando se multiplexam os dados AC sobre *dummy byte part*, convém que os dados sejam multiplexados em porção de 8 bytes, diferente da porção de informação de 188 bytes, referentes às informações do formato TS de radiodifusão de 204 bytes. Para outras informações, ver a Figura 20.

9.3.2 Sintaxe para multiplexação dos dados AC sobre *dummy byte part*

A multiplexação dos dados AC sobre *dummy byte part* do TSP é definida pela sintaxe ISDB_ *information_packet*. Para outras informações ver, as Tabelas 17 e 18.

9.3.3 Mapeamento dos dados AC sobre as portadoras OFDM

9.3.3.1 Tempo de multiplexação dos dados AC em relação aos quadros OFDM

A multiplexação dos dados AC sobre *dummy byte part* é transmitida em sincronismo com o pulso do quadro OFDM que o segue imediatamente. A Figura 22 mostra o tempo de transmissão do quadro do dado AC multiplexado sobre *dummy byte part*. O dado AC AC#N multiplexado no quadro multiplex #N é transmitido em sincronismo com o pulso do quadro OFDM que o segue imediatamente.

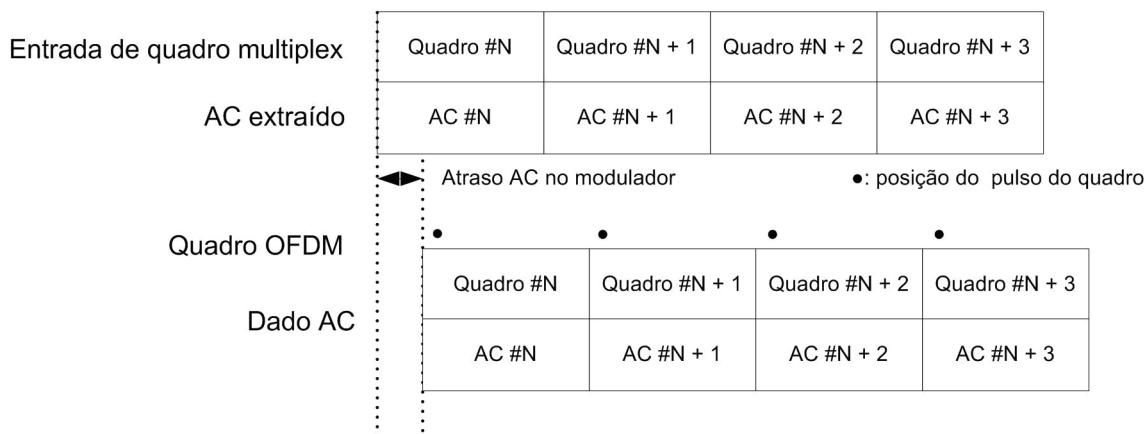


Figura 22 — Ilustrativo de tempo de mapeamento sobre *dummy byte part*

A Figura 22 indica o caso onde o atraso do processamento do sinal na linha principal do sistema dentro do modulador é um quadro mais uma fração

9.3.3.2 Ordem de mapeamento da portadora OFDM

Os dados AC multiplexados no *dummy byte part* do TSP, com *AC_data_invalid_flag = 0*, e o byte efetivo indicado por *AC_data_effective_bytes*, são considerados dados efetivos de dado AC. Convém que a posição dos bytes usados seja especificada por cada provedor de serviço.

O dado efetivo é mapeado seqüencialmente na freqüência baixa para a freqüência alta na posição da portadora AC do OFDM. O lado MBS do byte efetivo representa o cabeçalho do dado efetivo. Quando o mapeamento do dado para todas as portadoras AC de um símbolo termina, o mapeamento avança para o próximo símbolo. “Símbolo” nesta parte da ABNT NBR 15608 significa “Símbolo OFDM”. A Figura 23 mostra a ordem de mapeamento da posição da portadora AC do OFDM.

Quando existem segmentos diferenciais do OFDM, o AC *data* multiplexado é mapeado seqüencialmente, indiferente se AC1 ou AC2, para portadora AC, na ordem da freqüência mais baixa para a freqüência mais alta.

Como o primeiro símbolo do quadro OFDM (símbolo 0) é a referência para a modulação diferencial para a portadora AC, o AC *data* não é mapeado para esse símbolo. Portanto, dentro de um quadro multiplex, a quantidade de dados mapeados para a portadora AC (incluindo dados de enchimento, quando necessário) corresponde a 203 símbolos.

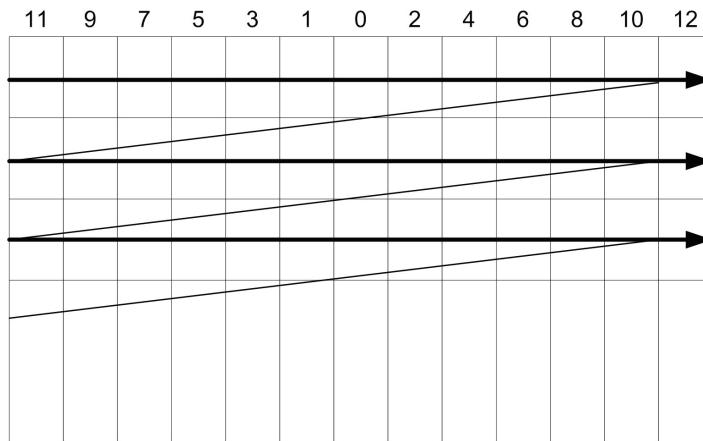


Figura 23 — Ordem de mapeamento para a posição da portadora AC do OFDM

9.4 Multiplexação de hierarquia inválida

9.4.1 Posição multiplex

Quando da multiplexação do dado AC sobre hierarquia inválida, o dado é colocado na parte da informação de 188 bytes do pacote, com a “*layer_indicator*” descrito como ‘0100’ citada na Tabela 18.

9.4.2 Sintaxe para multiplexação dos dados AC na hierarquia inválida

A sintaxe para multiplexação do dado AC na hierarquia inválida é listada nas Tabela 25 e 26, respectivamente.

Tabela 25 — Sintaxe para multiplexação do dado AC na hierarquia inválida

Estrutura de dados	Número de bits	Notação da fileira de bits
<pre>AC_data_packet(){ TSP_heaser{ sync_byte transport_error_indicator payload_error_indicator transport_priority PID transport_scrambling_control adaptation_flag_control continuity_counter } payload{ AC_select_id rsvred_future_use AC_packet_number data_length for (i=0; i<data_length-4; i++){ AC_data } CRC_32 for (j=0; j<180-data_length; j++){ stuffing_byte(0xFF) } } }</pre>		

Tabela 26 — Descrição da sintaxe para multiplexação dos dados AC na hierarquia inválida

Sintaxe	Descrição
<i>sync_byte</i>	Byte de sincronização (0x47)
<i>transport_error_indicator</i>	Não usado (sempre "0")
<i>payload_unit_star_indicator</i>	Convém que seja '1' quando existir um pacote dentro de um quadro multiplex onde AC data é multiplexado Quando existem múltiplos pacotes, para o primeiro pacote onde AC data é multiplexado é dado o valor '1' e para todos os pacotes subsequentes são atribuídos os valores '0'
<i>transport_priority</i>	Sempre '0'
PID	Depende da provisão operacional de cada provedor de serviço
<i>transport_scrambling_control</i>	Não usado (sempre '00')
<i>adaptation_flag_control</i>	Sempre '01' (somente <i>payload</i>)
<i>continuity_counter</i>	De acordo com a ISO/IEC 13818-1
<i>AC_select_id</i>	Quanto o AC data é multiplexado e transmitido separadamente para diferentes partes do equipamento de transmissão, essa informação permite a seleção do AC data que é relevante para cada parte do equipamento. Essa informação é especificada pelo provedor de serviço
<i>reserved_future_use</i>	Bits reservados para futura extensão. Sempre '1'
<i>AC_packet_number</i>	Número atribuído ao pacote onde o <i>AC_data</i> é multiplexado. Esses números são atribuídos seqüencialmente a partir do primeiro quadro multiplex. <i>AC_packet_number</i> = "0x0000" para o primeiro pacote onde o <i>AC_data</i> é multiplexado no quadro. Números seqüenciais são atribuídos independentemente para cada <i>AC_select_id</i>
<i>data_length</i>	O comprimento de dados entre o próximo byte dessa sintaxe e CRC_32, especificado em bytes
<i>AC_data</i>	Dados AC multiplexados. O <i>AC_data</i> é multiplexado com um ou mais bytes para cada pacote. Quando ocorre uma fração de byte no último pacote do quadro multiplex onde AC é multiplexado, os bits remanescentes do byte são preenchidos pela inserção de '1' (ver 9.4.3)
CRC_32	O valor CRC calculado pelo polinômio seguinte usado na ISO/IEC 13818-1: $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$. A faixa cobre inteiramente do começo até o fim do <i>AC_data</i>

9.4.3 Organização de dados no quadro multiplex e pacotes TS

Os dados nos quadros multiplex e pacotes TS são organizados como segue:

- em um quadro multiplex o dado AC é multiplexado sobre portadoras AC de um quadro OFDM;
- convém que o número de bits de dado AC de um quadro multiplex seja igual ao número de portadoras AC para os 203 símbolos, excluindo o símbolo 0, que é a referência para a modulação diferencial. Convém que um valor "1" (bit de enchimento) seja inserido na posição da portadora AC não usada para transmissão de dado AC;

- c) o dado AC é multiplexado seqüencialmente do dado correspondente à posição da portadora AC da freqüência com dado mais baixo para freqüência com dado mais alto e do lado MSB de cada pacote. "byte#" é um nome conveniente atribuído para indicar a ordem dos dados dentro do quadro multiplex. O mapeamento obedece à ordem da portadora AC das freqüências mais baixas para mais altas, assim a ordem é D0, D1, D2, D3 etc.;
- d) quando ocorre uma fração de byte num quadro multiplex dividindo o número de portadoras AC em base de byte base, o último byte do último pacote num quadro multiplex, onde o dado AC está multiplexado, é completado com "1". O dado de enchimento é descartado no modulador porque somente o dado correspondente à portadora AC do quadro OFDM é considerado;

EXEMPLO Modo 3, DQPSK, hierarquia A, 13 segmentos

Portadora AC1: $8 \times 13 \times 203 = 21\,112$ bits

Portadora AC2: $19 \times 13 \times 203 = 50\,141$ bits

Total de 71 253 bits (8 906,625 bytes)

A organização dos dados AC deste caso é mostrada na Figura 24, que apresenta somente os pacotes onde os dados AC são multiplexados e onde há somente dados AC em cada pacote.

- e) quando os dados AC, cujo número de bits excede o número máximo que pode ser mapeado num quadro OFDM, é multiplexado em um quadro multiplex e parte do excesso do dado AC além do número máximo, contado a partir do cabeçalho do quadro multiplex é descartada.

Quando o dado AC consistindo em 72 000 bits é multiplexado em um quadro multiplex, com número de bits acima do que pode ser mapeado, o dado AC de 71 254 bits e subseqüentes bits não serão mapeados no quadro OFDM, como mostrado na Figura 25. A ordem de multiplexação é definida na Tabela 27.

Tabela 27 — Ordem de multiplexação do dado AC

	Byte 0	Byte 1	Byte 2	...
7 (MSB)	D0	D8	D16	
6	D1	D9	D17	
5	D2	D10	D18	
4	D3	D11	D19	
3	D4	D12	D20	
2	D5	D13	D21	
1	D6	D14	D22	
0 (LSB)	D7	D15	D23	

NOTA MSB = Most Significant Bit, LSB = Least Significant Bit.

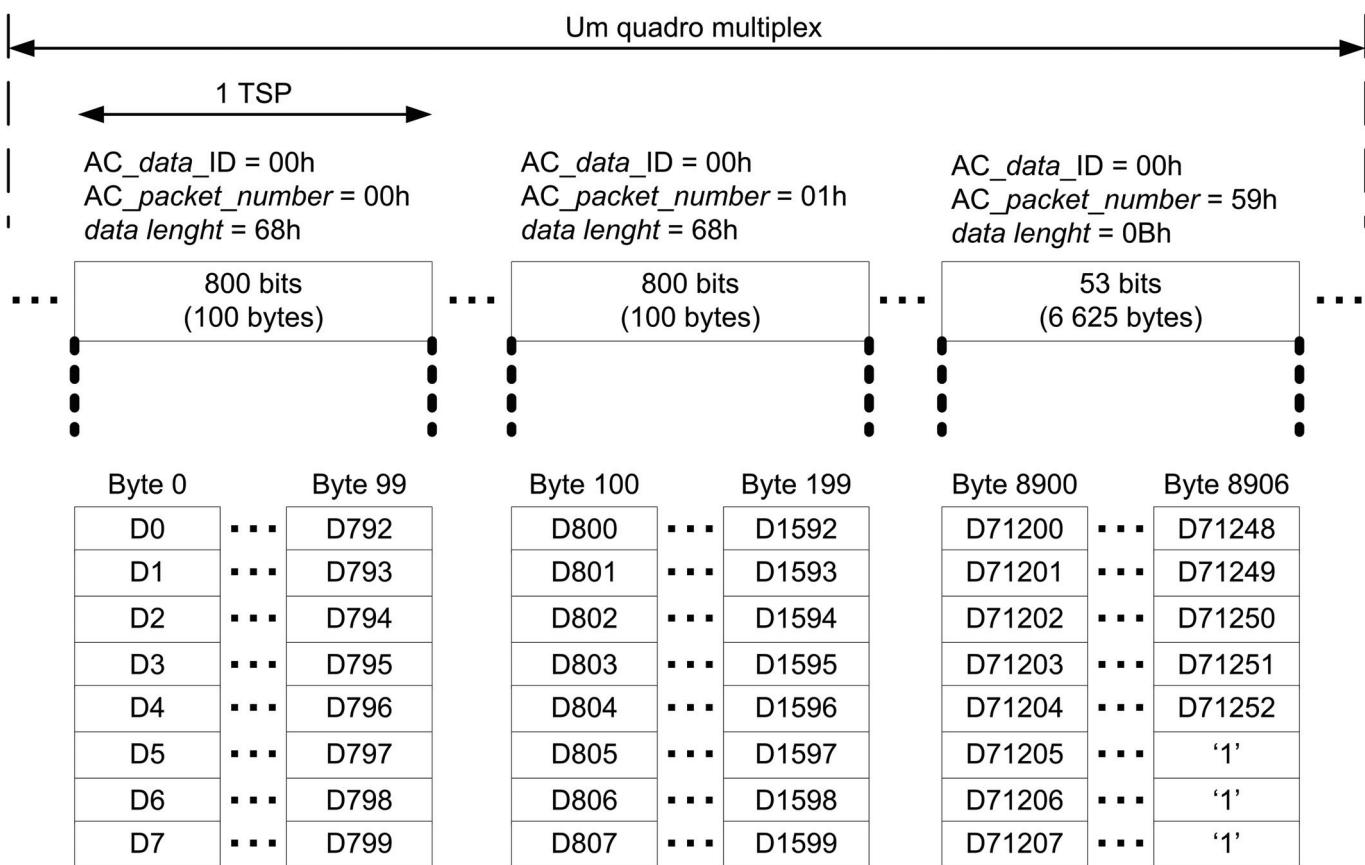


Figura 24 — Exemplo de multiplexação num quadro multiplex (enchimento)

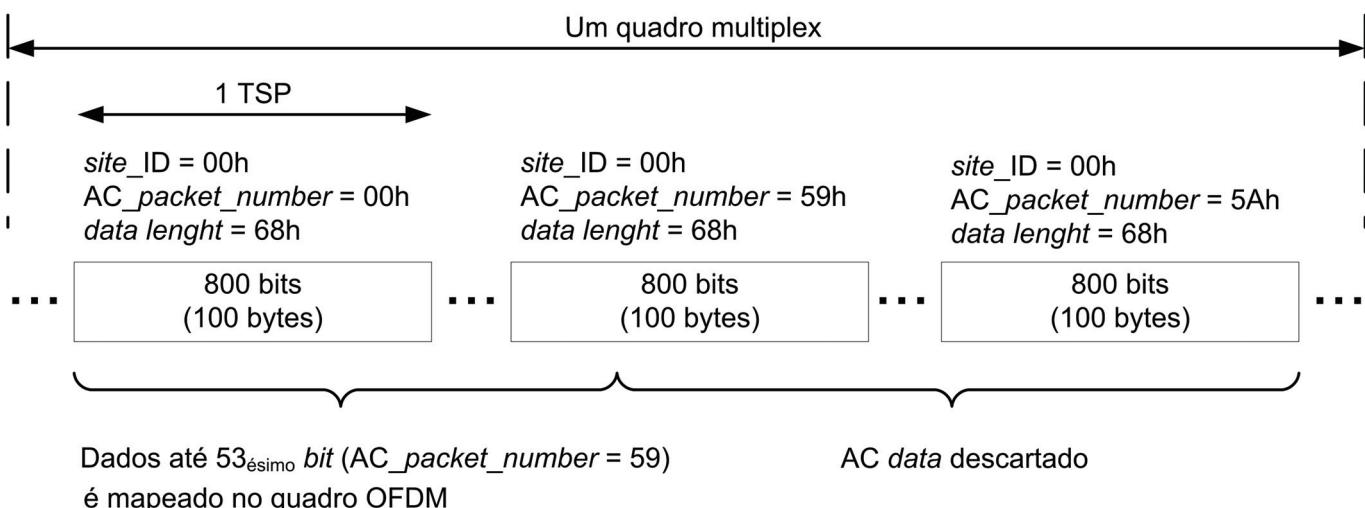


Figura 25 — Exemplo de multiplexação de dados que excede o número de bits que pode ser mapeado

9.4.4 Mapeamento das portadoras OFDM

9.4.4.1 Ajuste de multiplexação do dado AC em relação ao quadro OFDM

O dado AC multiplexado na camada hierárquica inválida será transmitido em sincronismo com os dados enviados pelo quadro multiplex ao qual o AC *data* pertence. A Figura 26 mostra o quadro de transmissão ajustado ao AC *data* multiplexado, na hierarquia inválida, e ilustra o caso onde o atraso do processamento do sinal no sistema da linha principal dentro do modulador que é um quadro mais uma fração α .

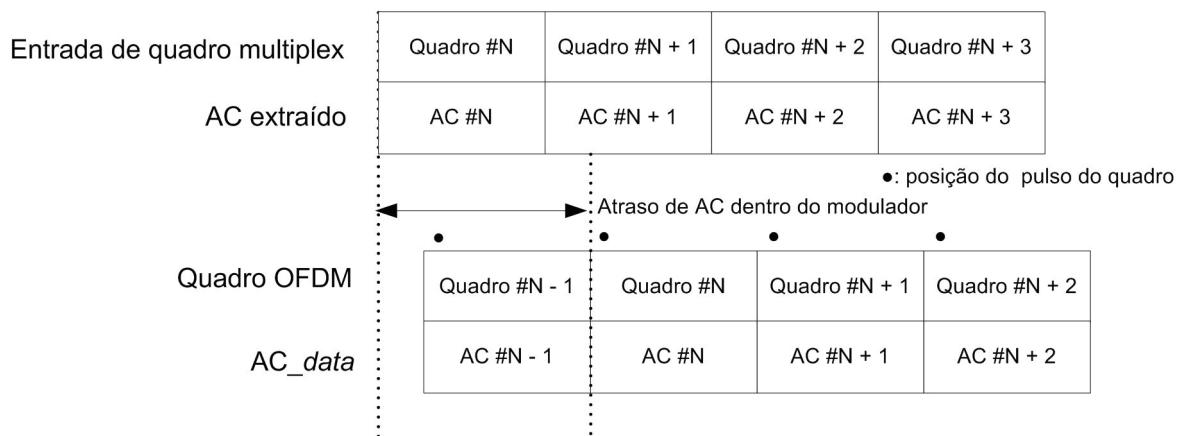


Figura 26 — Ilustração do mapeamento em que o dado é multiplexado na hierarquia inválida

9.4.4.2 Procedimento para mapeamento das portadoras OFDM

O dado AC multiplexado é mapeado seqüencialmente, indiferentemente de AC1 ou AC2, para portadora AC na ordem das freqüências mais baixas para mais alta. Quando é terminado o mapeamento de todas as portadoras AC, esse avança para o símbolo seguinte, conforme Figura 23.

Desde que o primeiro símbolo do quadro OFDM (símbolo 0) seja uma referência para a modulação diferencial da portadora AC, o dado AC não é mapeado para este símbolo. Dentro de um quadro multiplex, portanto, a quantidade do dado AC mapeada para a portadora AC (incluindo dados de enchimento, se requerido) corresponde a 203 símbolos.

9.5 Considerações para a multiplexação dos dados AC para *broadcasting TS*

9.5.1 Consideração da ordem das portadoras de AC *data*

Na multiplexação dos dados AC no *broadcasting TS* (B-TS), as portadoras AC são usadas para transmitir dados AC, na medida do possível, usando linhas múltiplas e uso parcial da portadora AC.

EXEMPLO Quando o sistema de som 3 (ADPCM, 64 kbps) é multiplexado como AC *data* na configuração do segmento de sincronização, somente AC1 pode ser usado. Quando a transmissão da onda OFDM utiliza o modo 3, existem 104 portadoras AC1 (8 portadoras x 13 segmentos). O dado AC multiplexado corresponde a 92 portadoras e as 12 portadoras remanescentes são preenchidas com dados nulos.

A posição do multiplex correspondendo à portadora preenchida com dados nulos é descartada na base de bits durante a multiplexação em TS de radiodifusão com *AC_data_invalid_flag* = 0 e *AC_data* = 1.

Como o dado AC é mapeado seqüencialmente, indistintamente se AC1 ou AC2, nas portadoras AC no modulador, o dado AC adotado e preenchido com dados nulos antecipadamente será multiplexado se for requerida à distinção alocação do segmento ou distinção entre AC1 e AC2. Como o tempo de atraso da transmissão de dados AC depende do processamento do dado AC durante a multiplexação, convém levar em conta o tempo de atraso durante a multiplexação do *broadcasting TS*, se o AC *data* necessitar ser transmitido com atraso pequeno.

9.5.2 Consideração no ajuste de multiplexação em *dummy byte part*

O dado AC é modulado com DBPSK na portadora AC de cada símbolo e então é transmitido como onda de radiodifusão. Entretanto, o dado AC não é transmitido no primeiro símbolo (símbolo 0), que é referenciado para a modulação diferencial. O dado AC é transmitido pelos símbolos 1 a 203, excluindo o símbolo 0, número total de 204 símbolos em um quadro OFDM.

De outro modo, os sinais são processados (IFFT) na base de símbolos no bloco de codificação de canal IFFT do modulador OFDM. No modulador OFDM, portanto, o dado AC a ser transmitido necessita ser inserido antes ou durante o processamento do sinal de um símbolo precedente.

O quadro OFDM coincide com o quadro multiplex. Isso significa que o cabeçalho do quadro multiplex indicado pelo *frame_head_packet_flag* da Tabela 18 corresponde ao cabeçalho do quadro OFDM. O número de bytes na transmissão TSP corresponde à duração de um símbolo mostrado na Tabela 28 para diferentes situações.

Tabela 28 — Número de bytes correspondente à duração de um símbolo

Modo	Número de bytes de transmissão TSP para duração de um símbolo			
	Taxa de intervalo de guarda 1/4	Taxa de intervalo de guarda 1/8	Taxa de intervalo de guarda 1/16	Taxa de intervalo de guarda 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

Convém notar que o dado AC a ser transmitido pelo próximo símbolo necessita ser inserido no modulador OFDM durante ou antes do período requerido para a transmitir o número de bytes da transmissão TSP mostrada na Tabela 28 para o modo aplicável e taxa de intervalo de guarda.

No caso de subcarga no dado AC, a quantidade de *AC_data* transmitida durante o período de um símbolo necessita ser inserida no modulador OFDM para cada símbolo de 0 a 202.

No caso de sobrecarga do dado AC, considerando que o dado AC é transmitido em conexão com o TSP transmitido pelo mesmo quadro multiplex, o modulador OFDM tem um *buffer* correspondente à quantidade de dados AC de um quadro OFDM. O *buffer* é renovado na base de quadro multiplex definido na Tabela 18. Assim, o excesso de *AC data*, além do limite de transmissão para um quadro OFDM, é descartado, no modulador OFDM. A entrada do dado AC durante o período do símbolo 203 é também descartada no modulador OFDM.

10 Atraso de transmissão causado por codificação de canal

Atrasos de transmissão causados por codificação de canal, mostrados nas Tabelas 29 e 30, ocorrem como resultado dos estágios de *interleaving*, realizados na codificação de canal do SBTVD. O tempo de atraso foi calculado assumindo que o número total de atrasos resulta do processamento de três quadros OFDM, incluindo o *time interleaving*, *byte interleaving*, *bit interleaving*, e a combinação das camadas hierárquicas.

Tabela 29 — Atraso de transmissão e recepção (número de quadro atrasados), causados pela codificação de canal

Modo de transmissão	Modo 1	Modo 2	Modo 3
<i>Byte interleaving</i>	1 quadro		
<i>Bit interleaving</i>	2 símbolos OFDM		
<i>Time interleaving</i>	0 quadros /I = 0	0 quadros /I = 0	0 quadros /I = 0
	2 quadros /I = 4	1 quadros /I = 2	1 quadros /I = 1
	4 quadros /I = 8	2 quadros /I = 4	1 quadros /I = 2
	8 quadros /I = 16	4 quadros /I = 8	2 quadros /I = 4
Combinação das camadas hierárquicas (transmissor)	1 quadro		
Combinação das camadas hierárquicas (receptor)	3 pacotes TS		

Tabela 30 — Atraso de transmissão e recepção causado pela codificação de canal

Modo	<i>Time interleaving</i>	Número de quadros atrasados	Tempo de atraso			
			Relação de intervalo de guarda: 1/4 ms	Relação de intervalo de guarda: 1/8 ms	Relação de intervalo de guarda: 1/16 ms	Relação de intervalo de guarda: 1/32 ms
Modo 1	I = 0	3	192,8	173,5	163,9	159,0
	I = 4	5	321,3	289,2	273,1	265,1
	I = 8	7	449,8	404,8	382,3	371,1
	I = 16	11	706,9	636,2	600,8	583,2
Modo 2	I = 0	3	385,6	347,0	327,7	318,1
	I = 2	4	514,1	462,7	437,0	424,1
	I = 4	5	642,6	578,3	546,2	530,1
	I = 8	7	899,6	809,7	764,7	742,2
Modo 3	I = 0	3	771,1	694,0	655,5	636,2
	I = 1	4	1028,2	925,3	873,9	848,2
	I = 2	4	1028,2	925,3	873,9	848,2
	I = 4	5	1285,2	1156,7	1092,4	1060,3

11 Considerações sobre *link budget*

11.1 *Link budget* para SBTVD

Para se criar uma rede de radiodifusão para SBTVD, é necessário definir um *link budget* (disponibilidade de enlace) entre a saída do estúdio e o receptor de acordo com o nível de ruído (degradação permitível) alocado no lado da transmissão.

No *link budget*, convém que o desempenho de cada elemento do equipamento de radiodifusão seja determinado.

Ao mesmo tempo, convém que a qualidade de recepção no estágio prévio seja especificada e também através da área de serviço, quando é completada na cadeia de repetição da onda de radiodifusão.

Numa rede de radiodifusão em particular, é pressuposto que a onda irradiada será recebida por múltiplos recipientes (receptores). Portanto, é necessário criar uma rede capaz de sobrepujar as mais severas condições dentro de uma área de serviço.

As condições associadas com a propagação de sinal, como o multipercurso e a perturbação de radiointerferência, variam dependendo não somente das estações repetidoras de rádio, mas também da sua localização, na qual as antenas de recepção são instaladas, dentro da área de serviço.

NOTA O descrito em 11.3 a 11.5 é baseado nos estudos realizados para a implantação do ISDB-T, no Japão, e é válido para a implementação do SBTVD. O descrito em 11.2 trata de um estudo de *link budget* para viabilização técnica dos canais de televisão digital no Brasil.

11.2 Fatores técnicos no planejamento de canais de televisão digital

11.2.1 Análise de viabilidade

A viabilidade técnica de canais de televisão digital baseia-se nos seguintes aspectos:

- intensidades de campo a serem utilizadas para a definição de contornos ou áreas de serviço;
- relações de proteção a serem adotadas para os cálculos de intensidade de campo e contornos interferentes;
- relações entre as potências das estações, para o caso de estações co-localizadas;
- percentual de locais atendidos e percentual de tempo com sinal de cobertura apropriado, a serem garantidos.

11.2.2 Intensidade de campo mínima para recepção com antena externa

O modelo da infra-estrutura de recepção com antena externa adotado para fins de planejamento de canais é o de uma instalação típica em um ponto localizado na borda da área de serviço, consistindo em antena externa a 10 m do solo, cabo e receptor de televisão digital. A intensidade de campo mínima para recepção com antena externa é indicada na Tabela 31, onde são apontados vários fatores, tais como margem frente a ruído produzido pelo homem (ruído impulsivo) e ganho da antena de recepção.

Tabela 31 — Intensidade de campo mínima para recepção com antena externa

Fator	Símbolo	VHF baixo	VHF alto	UHF	Informações adicionais
Largura de faixa (MHz)	B		6		
Constante de Boltzmann (Ws/K)	k		$1,38 \times 10^{-23}$		
Temperatura absoluta (K)	T		290		
Ruído térmico (dBm)	N _t		- 106,20		$N_t = kTB$
Figura de ruído do receptor (dB)	N _r		10		Baseada nos resultados dos testes de laboratório realizados no Brasil
Limiar de C/N (dB) do sistema digital	C/N		19		
Mínima potência do sinal (dBm)	P _s		- 77,2		$P_s(\text{dBm}) = N_t(\text{dBm}) + N_r(\text{dB}) + C/N(\text{dB})$
Freqüência central (MHz)	f _b	69	194	592	Média geométrica entre as freqüências extremas da faixa
Comprimento de onda (m)	λ	4,35	1,55	0,51	$\lambda = 300 / f_b$
Área efetiva da antena isotrópica (dBm ²)	A _i	1,77	- 7,21	- 16,90	$A_i = \lambda^2 / (4\pi)$
Ganho do dipólo de meia-onda em relação à antena isotrópica (dBi)	G _i		2,15		
Ganho da antena em relação ao dipólo de meia-onda (dBd)	G	4,5	6,5	10	Antena comercial típica
Impedância intrínseca (Ω)	η		120π		
Fator de dipólo (dBm - dB μ V/m)	K _d	- 111,84	- 120,82	- 130,51	$K_d = (A_i G_i) / \eta$
Perda em cabos (dB)	L _f	1	2	4	
Margem frente a ruído produzido pelo homem (dB)	M _m	6	1	0	
Intensidade de campo mínima (dB μ V/m)	E _{min}	37,14	40,12	47,31	$E_{\text{min}}(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) = P_s(\text{dBm}) + L_f(\text{dB}) + M_m(\text{dB}) - G(\text{dBd}) - K_d(\text{dBm} - \text{dB}\mu\text{V}/\text{m})$

11.2.3 Intensidade de campo mínima para recepção com antena interna

Para recepção com antena interna, assume-se uma condição de instalação típica, com a antena posicionada 1,5 m acima do segundo piso de um prédio. Trata-se do pior caso, em se tratando da altura da antena de recepção em relação ao solo. A definição da intensidade de campo mínima para recepção com antena interna, apresentada na Tabela 32, considera vários fatores, tais como margem devido a ruído produzido pelo homem, margem por perda de penetração em edificações e margem por redução da altura da antena de recepção.

Tabela 32 — Intensidade de campo mínima para recepção com antena interna

Fator	Símbolo	VHF baixo	VHF alto	UHF	Informações adicionais
Largura de faixa (MHz)	B		6		
Constante de Boltzmann (Ws/K)	k		$1,38 \times 10^{-23}$		
Temperatura absoluta (K)	T		290		
Ruído térmico (dBm)	N _t		- 106,20		$N_t = kTB$
Figura de ruído do receptor (dB)	N _r		10		Baseada nos resultados dos testes de laboratório realizados no Brasil
Limiar de C/N (dB) do sistema digital	C/N		19		
Mínima potência do sinal (dBm)	P _s		- 77,2		$P_s(\text{dBm}) = N_t(\text{dBm}) + N_r(\text{dB}) + C/N(\text{dB})$
Freqüência central (MHz)	f _b	69	194	592	Média geométrica entre as freqüências extremas da faixa
Comprimento de onda (m)	λ	4,35	1,55	0,51	$\lambda = 300 / f_b$
Área efetiva da antena isotrópica (dBm ²)	A _i	1,77	- 7,21	- 16,90	$A_i = \lambda^2 / (4\pi)$
Ganho do dipolo de meia-onda em relação à antena isotrópica (dBi)	G _i		2,15		
Ganho da antena em relação ao dipolo de meia-onda (dBd)	G	-2,2	-2,2	0	Antena comercial típica
Impedância intrínseca (Ω)	η		120π		
Fator de dipolo (dBm-dBμV/m)	K _d	- 111,84	- 120,82	- 130,51	$K_d = (A_i G_i) / \eta$
Perda em cabos (dB)	L _f	0	0	0	
Altura da antena em relação ao piso (m)	H _a á		1,5		
Margem por redução da altura da antena de recepção (dB) (segundo piso)	M _h	5	5	6	
Margem por perda de penetração (dB)	M _p	8	8	7	
Margem frente a ruído produzido pelo homem (dB)	M _m	6	1	0	
Intensidade de campo mínima (dBμV/m)	E _{min}	55,84	59,82	66,31	$E_{\text{min}}(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) = P_s(\text{dBm}) + L_f(\text{dB}) + M_m(\text{dB}) - G(\text{dBd}) - K_d(\text{dBm-dB}\mu\text{V}/\text{m}) + \Delta L(\text{dB})$

11.2.4 Relações de proteção

O conjunto de relações de proteção adotado, compreendendo interferências entre canais de televisão digital e canais de TV PAL-M, baseou-se nos resultados dos testes de laboratório de televisão digital. As relações de proteção, dadas na Tabela 33, representam condições de pior caso envolvendo a configuração OFDM 64-QAM FEC 3/4. No caso de interferência de um canal de televisão digital sobre um canal de televisão analógico PAL-M, o critério de grau 3 de qualidade foi utilizado, conforme ITU-R Recommendation BT.500.

Tabela 33 — Relações de proteção

Canal interferente	Relação D/U (dB) (Canal desejado = N)			
	Analógico sobre analógico	Digital sobre analógico	Analógico sobre digital	Digital sobre digital
N-1 (adjacente inferior)	- 6	- 11	- 26	- 24
N (co-canal)	+ 28 (com decalagem) + 45 (sem decalagem)	+ 34	+ 7	+ 19
N+1 (adjacente superior)	- 12	- 11	- 26	- 24
N-8 e N+8 (FI)	- 12	- 25	-	-
N-7 e N+7 (oscilador local)	- 6	- 24	-	-
N+14 (imagem de áudio)	- 6	- 24	-	-
N+15 (imagem de vídeo)	+ 3	- 22	-	-

11.2.5 Caracterização de co-localização

Para fins de planejamento, duas ou mais antenas, para canais de televisão analógica ou televisão digital, foram consideradas co-localizadas se instaladas em uma mesma estrutura de sustentação ou em estruturas afastadas de até 3 km. Para o caso de co-localização, convém que as relações entre potências dos canais de televisão analógica e de televisão digital satisfaçam os critérios para limite de perceptibilidade (LOP) determinados nos testes de laboratório realizados no Brasil, cujos dados encontram-se na Tabela 34.

Tabela 34 — Relações de potências para canais co-localizados

Canal interferente	Relação de potências D/U (canal desejado = N) dB			
	Analógico sobre analógico	Digital sobre analógico	Analógico sobre digital	Digital sobre digital
N-1 (adjacente inferior)	Não permitido	0	- 26	- 24
N+1 (adjacente superior)	Não permitido	0	- 26	- 24
N-8 e N+8 (FI)	- 12	- 10	-	-
N-7 e N+7 (oscilador local)	- 6	- 10	-	-
N+14 (imagem de áudio)	- 6	- 10	-	-
N+15 (imagem de vídeo)	+ 3	- 8	-	-

11.2.6 Padrão de antena externa de recepção

Para o caso de recepção com antena externa, assume-se que a antena de recepção apresenta um padrão de ganho diretivo, relacionado com o quadrado do co-seno do ângulo de discriminação. Nos cálculos de interferência, a atenuação do sinal interferente é dada por $10x\log_{10}[\cos^2(\theta)]$ dB, onde θ é o ângulo formado pela linha entre o ponto de recepção e a estação a ser protegida e a linha entre o ponto de recepção e a estação interferente, nunca excedendo o valor de 6 dB para VHF e 14 dB para UHF.

11.2.7 Planejamento de canais

Nos trabalhos de planejamento de canais de televisão digital, o critério especificado baseia-se no atendimento de pelo menos 90 % do tempo e pelo menos de 70 % dos locais com recepção utilizando antena externa, no contorno protegido das estações, resultando nos parâmetros mostrados na Tabela 35.

Tabela 35 — Parâmetros para cobertura com antena externa de recepção, no contorno protegido

Fator	VHF baixo	VHF alto	UHF
Intensidade de campo mínima (dB μ V/m)	37	40	48
Correção para 70 % dos locais (dB)	2,5	2,5	3
Intensidade de campo E(50,90) no contorno protegido (dB μ V/m)	40	43	51

11.2.8 Modelos de propagação adotados para estimar as áreas de serviço

Os seguintes modelos de propagação, empregando bases de dados com relevo digitalizado, foram adotados nos estudos de viabilidade técnica destinados ao planejamento de canais de televisão digital:

- a) ponto-área, utilizando base de dados de relevo digitalizado com resolução de 30 s (900 m):
 - sinal desejado: curvas de propagação para 50 % das localidades e 50 % do tempo de acordo com a ITU Recommendation P.1546;
 - sinal interferente: curvas de propagação para 50 % das localidades e 10 % do tempo de acordo com a ITU Recommendation P.1546;
 - fatores de atenuação: rugosidade e TCA (“Terrain Clearance Angle”);
- b) ponto-a-ponto com obstáculos modelados como gume-de-faca, utilizando base de dados de relevo digitalizado com resolução de 30 s (900 m):
 - difração por obstáculos (três, no máximo) modelados como gume-de-faca;
 - ITU Recommendation P.526;
 - sinal desejado: coeficiente k da curvatura da Terra = 4/3;
 - sinal interferente: coeficiente k da curvatura da Terra = 2;
- c) ponto-a-ponto considerando a curvatura do obstáculo principal, utilizando base de dados de relevo digitalizado com resolução de 1 s (30 m):
 - difração por múltiplas obstruções;

- método ponto-a-ponto, considerando a curvatura dos obstáculos;
- sinal desejado: coeficiente k da curvatura da Terra = 4/3;
- sinal interferente: coeficiente k da curvatura da Terra = 2.

11.3 Procedimento de revisão

No estágio de revisão mostrado em 11.4 e 11.5, assume-se que as ondas de radiodifusão passam por repetidores. Nessas condições convém:

- a) adotar a distância hipotética estágio a estágio entre as estações de radiodifusão e nível hipotético de rádio interferência e distúrbios por multipercorso dentro da área de serviço.
- b) adotar uma rede modelo estendendo entre o estúdio e o receptor;
- c) assumir que a onda de radiodifusão é recebida por um receptor estacionário.
- d) que as condições de recepção (por exemplo, condições de antena e *boosters*) seja conforme resolução 359/2004 da ANATEL;
- e) que a disponibilidade de enlace, seja baseada na adoção de uma equivalência da relação C/N determinado pela deterioração do equipamento, e vários tipos de interferências como ruídos.

11.4 Disponibilidade de enlace

11.4.1 Modelo de rede

11.4.1.1 Distância estágio-a-estágio

Um levantamento de 2 285 estações analógicas japonesas permitiu estimar uma distância de uma estação principal para o primeiro estágio de estação repetidora, assim como as distâncias entre as estações repetidoras de vários estágios, e adotar as distâncias de estágio a estágio (ver Tabela 36).

Tabela 36 — Distâncias estágio a estágio de uma rede de radiodifusão analógica

Número do estágio	Distância estágio a estágio km				
	50 % do valor	80 % do valor	90 % do valor	95 % do valor	99 % do valor
Estação principal - 1º estágio	30,1	52,5	66,8	78,5	118,4
1º estágio - 2º estágio	12,3	25,1	32,5	40,9	61,7
2º estágio - 3º estágio	11,6	32,1	31,3	39,9	57,2
3º estágio - 4º estágio	7,4	16,3	25,3	41,1	95,4
4º estágio - 5º estágio	10,9	23,7	49,8	64,5	95,4
5º estágio - 6º estágio	4,7	9,5	17,9	21,4	38,3
6º estágio - 7º estágio	2,6	5,8	5,8	5,8	5,8

11.4.1.2 Atenuação de desvanecimento durante a repetição de onda de radiodifusão

A atenuação de desvanecimento para cada distância, estágio a estágio (valor que inclui todas as estações selecionadas em 11.4.1.1) pressupõe uma margem de desvanecimento para disponibilidade de 99,9 % do tempo, conforme mostrado na Tabela 37.

Tabela 37 — Adoção de disponibilidade de 99,9 %, para margem de desvanecimento estágio a estágio nos 80 % de todas as estações selecionadas

Estação repetidora	Ao 1º estágio	Ao 2º estágio	Ao 3º estágio	Ao 4º estágio	Ao 5º estágio	Ao 6º estágio	Ao 7º estágio
Distância estágio a estágio	52,5 km	25,1 km	23,1 km	16,3 km	23,7 km	9,5 km	5,8 km
Atenuação de desvanecimento	13,1 dB	8,7 dB	8,4 dB	7,3 dB	8,5 dB	6,7 dB	4,1 dB

11.4.1.3 Número máximo de estágios

Nas redes de estações de radiodifusão analógicos atuais, ondas de radiodifusão são repetidas até sete estágios.

Entretanto, foram adotados quatro estágios como número máximo de estágios para o caso de modelo, para o qual foi implementado o cálculo de disponibilidade de enlace.

Tabela 38 — Número de estações repetidoras de radiodifusão analógicas inclusas em cada tipo de estágio

Estações repetidoras	Estação principal	1º estágio	2º estágio	3º estágio	4º estágio	5º estágio	6º estágio	7º estágio
Número de estações	54	975	761	452	211	62	21	3
Número total de estações	54	1 029	1 790	2 242	2 453	2 515	2 536	2 539

11.4.2 Arquitetura de rede

11.4.2.1 Modelo de transmissão

O modelo de transmissão está representado na Figura 27.

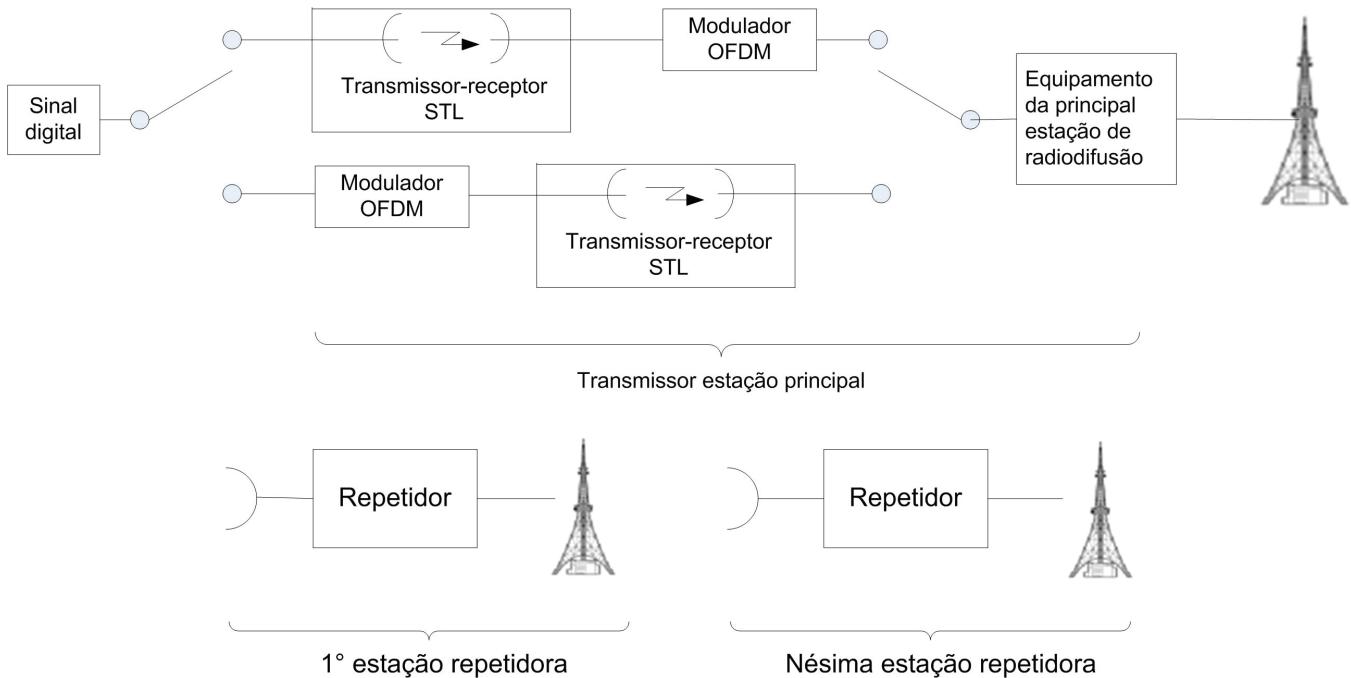


Figura 27 — Modelo de circuito de transmissão

11.4.2.2 Canal de transmissão

O canal de transmissão determina os efeitos do ruído urbano, ganho da antena de recepção sobre a conversão da intensidade de campo na tensão do terminal. Nos canais de freqüências mais altas os ruídos urbanos são mais baixos e também o ganho da antena de recepção é mais alto. Em contraste, nos canais de freqüência mais baixa é o tamanho efetivo da antena e a tensão convertida no terminal é maior.

11.4.2.3 Equipamento de radiodifusão na estação principal

11.4.2.3.1 Ligação estúdio-transmissor

Convém que o equipamento de radiodifusão da estação principal consista em um transmissor-receptor STL (*Studio Transmitter Link*), modulador OFDM e um transmissor principal.

Como mostrado na Figura 27, diferentes tipos de sinais são transmitidos pelo transmissor-receptor STL, dependendo da localização de modulador OFDM.

Se o modulador OFDM estiver na estação principal, o transmissor-receptor STL envia o sinal digital (sinal TS) para a estação transmissora, onde o TS é reproduzido e, então, modulado pelo modulador OFDM (referido nesta Norma como “sistema de transmissão TS”).

Por outro lado, se o modulador OFDM estiver no estúdio, o transmissor-receptor STL envia a onda modulada pelo modulador OFDM para a estação transmissora como ela é (referido nesta parte da ABNT NBR 15608 como “sistema de transmissão FI”).

11.4.2.3.2 Caso 1 - Sistema de transmissão TS

Quando é usado o “sistema de transmissão TS”, o TS é reproduzido na estação transmissora. Portanto, não é necessário considerar qualquer degradação causada pelo circuito STL no processo de cálculo de disponibilidade de enlace. Como resultado, seriam calculadas somente as possíveis degradações do modulador OFDM para frente. O valor provisório de C/N foi estimado em 45 dB. Os dois principais fatores de degradação do C/N da estação transmissora são IM (intermodulação) e ruído de fase.

Como degradação causada pelo ruído de fase, estimou-se o valor de 50 dB para o C/N equivalente.

É conhecido que o valor de IM varia dependendo se é usado um sistema PD (pré-distorção) ou FF (pós-distorção). O pré ou pós-distorção são métodos utilizados no amplificador de potência para compensar a degradação introduzida pelo circuito. Em geral, um sistema PD provê alta eficiência, mas não garante completa linearidade, enquanto que um sistema FF garante melhor linearidade, mas não tem grande eficiência.

Devido à alta potência de saída da estação principal, adotou-se 40 dB como C/N de IM supondo que é usado um sistema PD. O estudo com o transmissor atual, mostra que a taxa de C/N é 2 dB mais baixa que o valor obtido invertendo o sinal da IM. Portanto, foi adotado 38 dB como valor de C/N da estação principal causada pelo IM.

O sistema de distribuição TS está exemplificado na Figura 28.

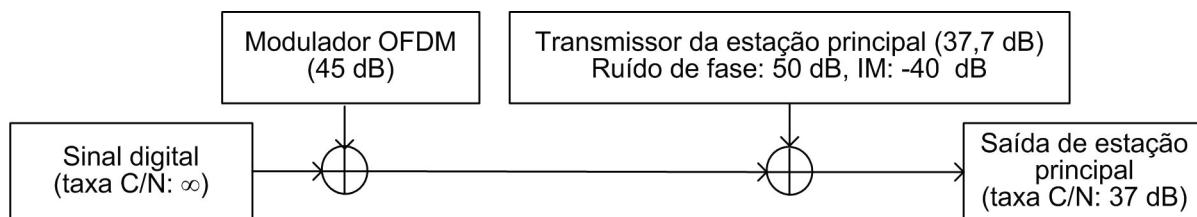


Figura 28 — Exemplo de distribuição da taxa equivalente de C/N para a estação principal quando o sistema de transmissão TS é usado para STL

11.4.2.3.3 Caso 2 - Sistema de transmissão FI

Esta configuração é usada quando um sinal OFDM é enviado do estúdio para a estação principal. Portanto, é necessário calcular o nível de degradação causado pelo circuito STL. Foi adotado 37,7 dB como taxa equivalente de C/N (soma da taxa de C/N do transmissor-receptor STL e o transmissor principal) para permitir a taxa C/N para a saída da estação principal do caso 1 (ver 11.4.3.2.2) ser segura.

O sistema de distribuição TS está exemplificado na Figura 29.

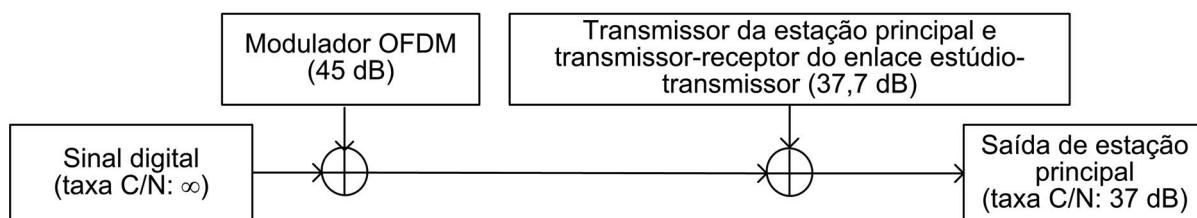


Figura 29 — Exemplo de distribuição da taxa equivalente de C/N para a estação principal quando o sistema de transmissão FI é usado para STL

11.4.2.4 Equipamento de repetidora de radiodifusão

11.4.2.4.1 Recepção do sinal de uma estação de categoria mais alta

Quando é assumido que a onda de radiodifusão é repetida, os possíveis fatores causadores de degradação da taxa C/N durante a recepção do sinal pelos equipamentos repetidores de radiodifusão são ruído térmico associado com a intensidade de campo, multipercurso, interferência e deterioração de multipercurso de SFN.

Foi calculada a intensidade de campo em cada estágio para todas as estações analógicas em UHF, e adotado um valor 10 dB abaixo o nível de intensidade de campo aceitável para 80 % das estações, em virtude da potência de transmissão de radiodifusão digital ser 10 dB inferior a adotada para as transmissões analógicas em UHF.

Foi adotado a figura de ruído de 3 dB como valor estimado, considerando a figura de ruído do equipamento repetidor de radiodifusão analógica atual.

Por outro lado, o grau de degradação do C/N depende do distúrbio de multipercorso, interferência e a deterioração do caminho SFN que variam substancialmente conforme o ponto de repetição escolhido, a antena usada e o desempenho do cancelador (se existir). Consequentemente, convém que cada um desses fatores seja revisto na base individual na construção de sua própria rede.

Nesse *link budget*, foram usados vários valores provisórios necessários para implementar os repetidores de radiodifusão de quatro estágios, e adotado 38,2 dB como taxa de C/N equivalente para a soma de todos os tipos de distorções.

11.4.2.4.2 Transmissor de estação repetidora

A saída do transmissor de uma estação repetidora é comumente mais baixa que a estação principal.

Por essa razão, foi adotado 48 dB como valor provisório para a taxa C/N equivalente do transmissor causado por IM, em consideração ao fato que um sistema FF pode ser usado, como foi discutido em 11.4.2.2.

Por outro lado, foi adotado o valor 50 dB como C/N equivalente causado por ruído de fase, como na estação principal. O diagrama está representado na Figura 30.

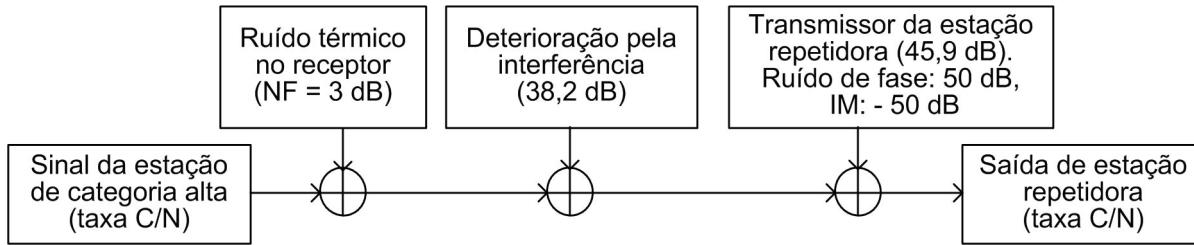


Figura 30 — Exemplo de distribuição da taxa de C/N equivalente para estações transmissoras repetidoras

11.4.3 Modelo de recepção dentro da área de serviço

11.4.3.1 Antena de recepção

De acordo com a Resolução 398/2005 da ANATEL, foi estabelecido que será usada uma antena Yagi de 14 elementos. Por essa razão, para os cálculos desta parte da ABNT NBR 15608 foi empregada uma antena Yagi de 7 dB de ganho.

11.4.3.2 Intensidade de campo

A intensidade de campo mínima é de 60 dB μ V/m.

Para a margem de desvanecimento, primeiro foi feito o cálculo para determinar a dimensão da área para cada estágio na qual a intensidade de campo estabelecido é 70 dB μ V/m, que é o nível requerido para a atual radiodifusão analógica.

Na Tabela 39 foi calculada a distância aceitável para 95 % de todas as estações. Finalmente, foi adotado o nível à margem de desvanecimento na qual pode ser atingida a taxa de 95 % do tempo.

Tabela 39 — Margem de desvanecimento (na qual taxa de 95 % do tempo pode ser atingido) correspondendo a uma dimensão de área para 95 % de todas as estações

Raio e margem	Estação principal	1º estágio	2º estágio	3º estágio	4º estágio	5º estágio	6º estágio	7º estágio
Raio da área máximo	-	35 km	25 km	20 km	20 km	20 km	12 km	8 km
Margem de desvanecimento	9 dB	5 dB	4 dB					

11.4.3.3 Ruído térmico do receptor

Assumiu-se usar um *booster* de baixa figura de ruído ($NF = 3,3$ dB) para prevenir contra o congelamento de imagem na área. Também foi adotada a perda de 1 dB do cabo da antena ao *booster*.

11.4.3.4 Distúrbio de multipercorso e interferências

O distúrbio de multipercorso dentro da área de serviço varia substancialmente dependendo, não somente do *status* da rede (afetado pelo SFN usado), mas também pela localização da antena receptora e pelos edifícios da vizinhança e sua estrutura. O distúrbio de interferência causado por outras ondas digitais e ondas de canais *broadcast* analógicos também varia drasticamente dependendo das condições específicas da estação estacionária, condições da instalação da antena receptora e do desvanecimento entre ondas desejáveis e indesejáveis.

De acordo com a disponibilidade de enlace, uma taxa D/U (*desired/undesired*) de 10 dB (1 dB para degradação devido à taxa C/N de 22 dB quando é adotado o esquema de modulação 64QAM) e codificação interna (*inner code* de 7/8) é considerada o distúrbio de multipercorso causado, por exemplo, por SFN dentro da área de serviço. Na mesma disponibilidade de enlace, forem considerado 2 dB de degradação na relação C/N de 22 dB devido ao distúrbio de interferência causado pela radiodifusão analógica e outros radiodifusores digitais.

Por essa razão, é necessário conduzir um específico e detalhado levantamento dentro da área de serviço. Como um modelo de caso, foi adotada uma relação equivalente de C/N de 25 dB para ambos, multipercorso e distúrbio de interferência, relação essa que corresponde a 3 dB de degradação em relação aos 22 dB requerido (relação de C/N a qual 2×10^{-4} pode ser atingido seguindo a correção *inner code*) (ver Figura 31).

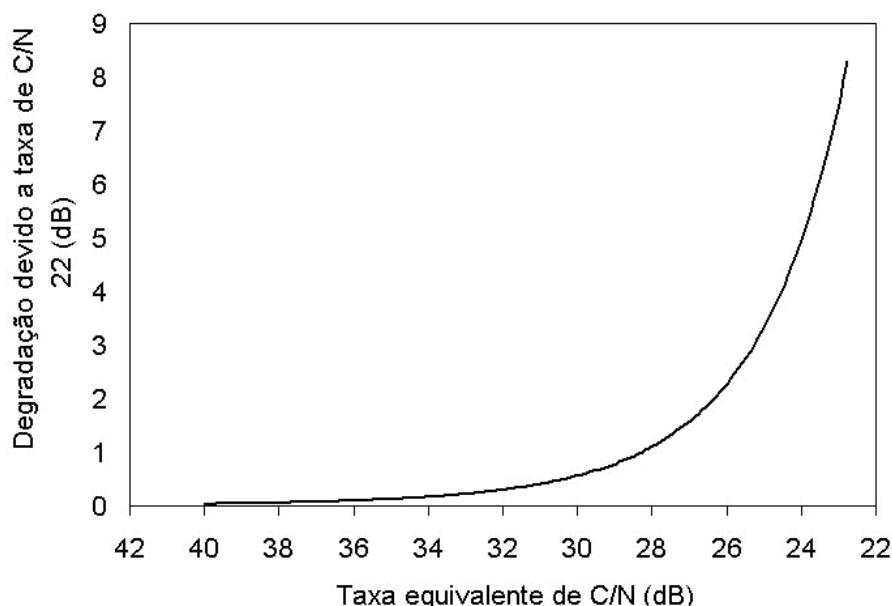


Figura 31 — Taxa C/N equivalente como uma função da degradação a partir da taxa de 22 dB

A Figura 32 mostra a relação entre a taxa de multipercorso D/U (para a qual uma taxa equivalente de 25 dB pode ser atingido) e a interferência co-canais (distúrbio interferente co-canais). A taxa C/N equivalente é 25 dB na área acima da curva. Quando o nível de multipercorso e distúrbio de interferência estão acima da curva (na área estrema direita), pode ser atingido o requerimento do caso modelo, isto é, uma taxa de C/N de 25 dB equivalente é alcançável.

A Figura 32 considera uma relação C/N equivalente a 25 dB.

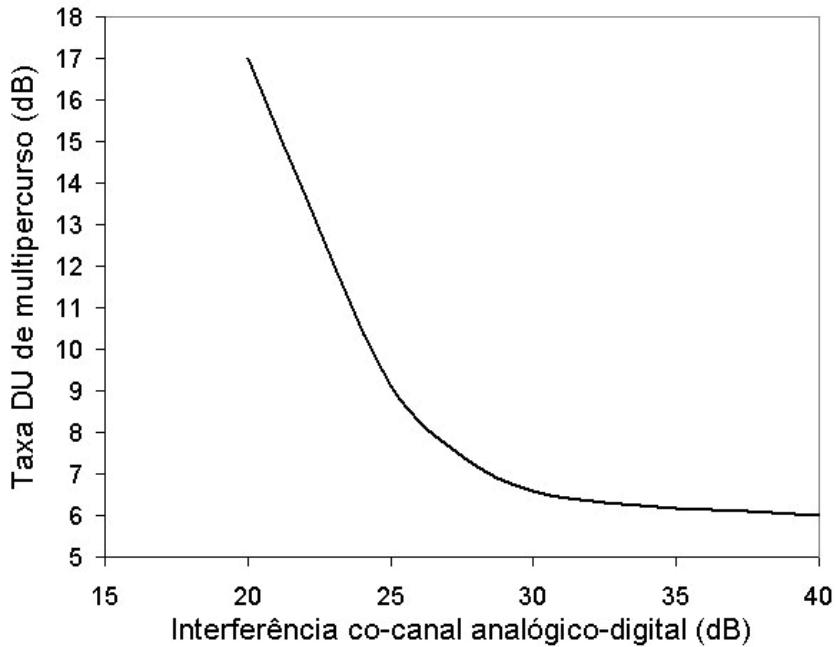


Figura 32 — Relação entre a razão D/U de multipercorso e interferência co canal

11.4.3.5 Ruído urbano

Adotou-se 700 K como nível de ruído urbano.

11.4.3.6 Deterioração do receptor

Convém selecionar a taxa C/N equivalente do receptor considerando a disponibilidade dos receptores comerciais. Entretanto, foi adotado o valor de 28 dB como taxa de C/N equivalente temporário (1,3 dB de degradação a partir de 22 dB) para uso como um modelo de caso no processo da disponibilidade de enlace. O modelo está representado na Figura 33.

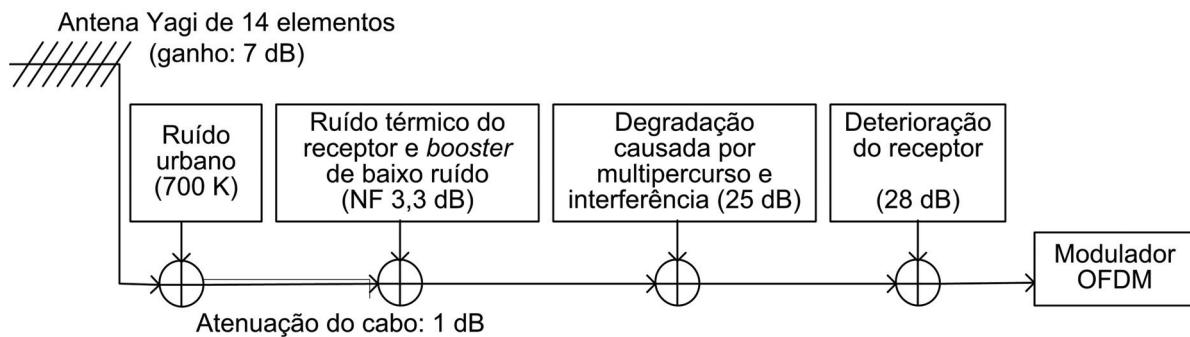


Figura 33 — Exemplo de distribuição da taxa de C/N equivalente para modelo de estação retransmissora

11.4.4 Valor estimado adotado para modelo de *link budget*

A Tabela 40 lista os valores estimados adotados em 11.4.1 a 11.4.3.

Como especificado em 11.4.1 a 11.4.3, esses valores são meramente temporários e foram adotados para fins de modelo de disponibilidade de enlace. Nenhum desses valores representa em qualquer modo o fim ou guia para esforço de desenvolvimento de equipamento.

Tabela 40 — Valor temporário adotado para fins de disponibilidade de enlace

Equipamento	Parâmetro	Valor temporário	Observação
STL	TS	Taxa C/N equivalente	∞ Não há degradação com sistema de transmissão TS
	IF	Taxa C/N equivalente	Será equivalente em conjunção com a característica da transmissão da estação principal
Modulador OFDM	Taxa C/N equivalente	45 dB	Ruído de fase = 48 dB; 1M = - 50 dB ou menos
Transmissor da estação principal	Taxa C/N equivalente como resultado do ruído de fase	50 dB	
	Taxa C/N equivalente como um resultado do IM (durante a transmissão TS)	38 dB	Sistema PD, 1M = - 40 dB ou menos
	Taxa C/N equivalente como resultado do IM (durante a transmissão do IF)		37,7 dB (STL, taxa C/N equivalente e ruído de fase combinados)
Equipamento repetidor de radiodifusão	Distância do estágio precedente	80 %	80 % de todas as estações incluídas
	Taxa de corte de circuito	0,1 %	Taxa de corte de área 1 % (99 % da taxa de tempo)
	Atenuação de <i>fading</i>	99,9 %	99,9 % (baseado em transmissão e recepção UHF)
	Intensidade de campo	80 %	Nível de intensidade de campo aceitável para 80 % de todas as estações (baseado na intensidade de campo de todas as estações analógicas UHF)
	Antena de recepção	1,8 m ϕ	Parábola de grade de 1,8 m (ganho: 13 dB)
	Atenuação do alimentador	2 dB	
	Figura de ruído	3 dB	
	Taxa C/N equivalente (interferência co-canal, distúrbio de multipercorso, estrangulamento do caminho SFN combinados)	38,2 dB	Equivalente a 43 dB (se todas as três degradações ocorrerem sob as mesmas condições)
	Sistema de transmissão	50 dB	O mesmo da estação principal
	Taxa C/N equivalente como resultado do ruído de IM	48 dB	Sistema FF, IM = - 50 dB ou menos
Receptor	Intensidade de campo-padrão	60 dB	Intensidade de campo requerida
	Máxima distância (transmissão – recepção)	95 %	Máximo raio aceitável para 95 % de todas as estações
	Margem de desvanecimento	99 %	Valor de 99 % baseado na área de máxima distância
	Antena de recepção	14 elementos	Antena Yagi 14 elementos
	Atenuação do alimentador	1 dB	
	Figura de ruído	3,3 dB	Usar o do booster
	Taxa C/N equivalente (interferência e distúrbio multipercorso combinados)	25 dB	
	Taxa C/N equivalente como resultado da deterioração do receptor	28 dB	1,3 dB de degradação a partir de 22 dB

11.5 Exemplo de disponibilidade de enlace

A Tabela 41 mostra um exemplo de disponibilidade de enlace na qual considera-se a presença de estações repetidoras. Como em 11.4.1, quando o número máximo de estágios de estações retransmissoras por repetidoras é 4, uma entrada do demodulador com C/N de 22 dB ou maior é disponível, indicando que a taxa de C/N requerida (de 22 dB) para 64QAM e codificador *inner code* de 7/8 é alcançável.

Tabela 41 — Exemplo de link budget para estações retransmissoras de radiodifusão

Estágios	Unidade	0º	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	Observação
C/N da onda recebida [1]	dB		37,0	33,9	32,2	31,0	30,0	29,2	28,5	Estágio inicial =estação principal
Distância do estágio anterior	km		52,5	25,1	23,1	16,3	23,7	9,5	5,8	80 % valor (nº estação)
Intensidade de campo	dBf	-	72,8	70,8	68,8	67,0	68,7	68,7	28,5	80 % das estações UHF
Atenuação de <i>fading</i>	dB	-	- 13,1	- 8,7	- 8,4	- 7,3	- 8,5	- 6,7	- 4,1	99,9 % valor de distância
Intensidade durante <i>fading</i>	dB	-	59,7	62,1	60,4	60,7	58,5	62,0	60,0	
Ganho da antena receptora	dBi	-	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	Parábola 1,8m - 50Ω
Ajuste de valor	dB	-	- 3,7	- 3,7	- 3,7	- 3,7	- 3,7	- 3,7	- 3,7	2,1 (ganho)+1,6 (50Ω)
λ/π	dB	-	- 13,9	- 13,9	- 13,9	- 13,9	- 13,9	- 13,9	- 13,9	13 canais
Perda do alimentador	dB	-	- 2,0	- 2,0	- 2,0	- 2,0	- 2,0	- 2,0	- 2,0	
Valor de correção no terminal	dB	-	- 6,0	- 6,0	- 6,0	- 6,0	- 6,0	- 6,0	- 6,0	
Tensão no terminal	dBt	-	49,1	51,5	49,8	50,1	47,9	51,4	49,4	60 dBt (analógico)
Valor convertido do dBm	dB	-	- 107	- 107	- 107	- 107	- 107	- 107	- 107	50 Ω
Potência recebida [2]	dBm	-	- 57,9	- 55,5	- 57,2	- 56,9	- 59,1	- 55,6	- 57,6	
KTB	dB	-	- 106,3	- 106,3	- 106,3	- 106,3	- 106,3	- 106,3	- 106,3	T = 300° B = 5,6 MHz
Figura de ruído (FR)	dB	-	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	[2]-[3]
Potência de ruído [3]	dBm	-	- 103,3	- 103,3	- 103,3	- 103,3	- 103,3	- 103,3	- 103,3	
C/N somente do HÁ [4]	dB	-	45,4	47,8	46,1	46,4	44,2	47,7	45,7	[2]-[3]
Ruído total de interferência [5]	dB		38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	
C/N na saída do HA [6]	dB	45	34,2	32,4	31,1	30,1	29,3	28,6	28,0	[1]+[4]+[5]
C/N do transmissor (PN) [7]	dB	50	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	Relação C/N equivalente em função do ruído de fase
C/N do transmissor (IM) [8]	dB	38	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	Relação C/N equivalente em função da IM
C/N do TX da estação repetidora [9]	dB	37	33,9	32,2	31,0	30,0	29,2	28,5	27,9	[6]+[7]+[8]

Tabela 41 (continuação)

Estágios	Unidade	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	Observação
Intensidade de campo em receptor	dBf	60	60	60	60	60	60	60	60	
Máxima distância (ponto de transmissão ponto de recepção)	km		35,0	25,0	20,0	20,0	20,0	12,0	8,0	Máximo raio aceitável para 95 % de todas as estações
Atenuação de desvanecimento	dB	-9,0	-5,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	ITU-R Recommendation P.370-7 (99 % do valor)
Intensidade de campo durante o desvanecimento	dBf	51,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Ganho da antena de recepção	dBd	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	Antena Yagi de 14 elementos (para 13 a 44 canais)
λ/π	dB	-13,9	13,9	-13,9	13,9	-13,9	13,9	-13,9	13,9	13 canais
Correção do valor terminal	dB	-6,0	6,0	-6,0	6,0	-6,0	6,0	-6,0	6,0	
Voltagem terminal	dBt	38,1	42,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	
Valor convertido em dBm	dB	-109,0	-109,0	109,0	-109,0	109,0	-109,0	109,0	-109,0	75 Ω
Potência recebida [10]	dBm	-70,9	-66,9	-65,9	-65,9	-65,9	-65,9	-65,9	-65,9	
Largura de banda B	MHz	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	
Ruído urbano: 700k	K	700,0	700,0	700,0	700,0	700,0	700,0	700,0	700,0	Ta
Temperatura da terra: 300 k	K	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	To
Figura de ruído do booster	dB	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	Usado booster de baixa figura de ruído
Atenuação do alimentador	dB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	Entre antena e booster
Potência de ruído [11]	dBm	-99,3	-99,3	-99,3	-99,3	-99,3	-99,3	-99,3	-99,3	KB(Ta+To+To*(NF*L-1))
C/N somente do receptor [12]	dB	28,4	32,4	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	[10] – [11]
C/N da saída do receptor [13]	dB	27,9	30,1	29,8	29,1	28,4	27,8	27,3	26,9	[9] + [12]
C/N da interferência e multipercorso [14]	dB	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	Taxa C/N equivalente como resultado da interferência de distúrbio de multipercorso
Taxa C/N equivalente (degradação do equipamento) [15]	dB	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	
C/N da entrada do demodulador		22,0	22,4	22,4	22,2	22,1	21,9	21,8	21,7	[13] + [14] + [15]

A Tabela 42 apresenta os parâmetros de transmissão e a relação C/N atribuídos para o SBTVD. Os parâmetros de transmissão para a robustez são selecionados para a proteção contra interferências e mais uma margem para que a taxa de C/N no demodulador seja seguro. Mas esta seleção contribui para a diminuição da capacidade de transmissão como mostra a Tabela 43.

Tabela 42 — Parâmetros de transmissão e taxa de C/N requerida

Esquema de modulação	Taxa de codificação interna dB				
	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8
DQPSK	6,2	7,7	8,7	9,6	10,4
16QAM	11,5	13,5	14,6	15,6	16,2
64QAM	16,5	18,7	20,1	21,3	22,0

Tabela 43 — Parâmetros de transmissão e taxa de dados

Esquema de modulação	Taxa de codificação interna Mbit/s				
	1/4	2/3	3/4	5/6	7/8
DQPSK	4,056	5,409	6,085	6,761	7,099
16QAM	8,113	10,818	12,170	13,522	14,198
64QAM	12,170	16,227	8,255	20,284	21,298

Essas taxas referem-se ao intervalo de guarda de 1/8. A capacidade de transmissão ou taxa de dados representa a taxa do TS quando todos os 13 segmentos são utilizados (188 bytes).

Convém, portanto, que o cálculo de *link budget* seja feito cuidadosamente, considerando não só sob o ponto de vista de conteúdo, mas também a necessária seleção dos parâmetros do transmissor.

11.6 Cenário-padrão para equipamento de transmissão em rede

11.6.1 Análise de desvanecimento

Valores temporários são usados nos cálculos de disponibilidade de enlaces para a rede de transmissão SBTVD mostrado em 11.5. Convém que cada valor seja tomado em consideração no processo de construção da rede atual.

Por se tratar de uma rede de radiodifusão, o fator-chave no projeto seria proteger o ambiente de recepção dentro da área de serviço o melhor possível.

Por essa razão, é apresentado um cenário-padrão para equipamento de transmissão para o propósito de referência, para assegurar um ambiente de recepção adequado dentro da área de serviço descrito em 11.4.2

Quando a área de serviço é grande e requer uma margem de desvanecimento de aproximadamente 9 dB, convém que a taxa equivalente de C/N para a saída da estação principal ou da estação repetidora seja de 37 dB.

Quando a área de serviço é relativamente pequena com margem de desvanecimento de 5 dB ou menos, convém que o C/N equivalente para a saída da estação principal ou da estação repetidora seja de 30 dB.

Se o correspondente critério for alcançado, o modelo de recepção dentro da área de serviço descrito em 11.4.2 está disponível.

Com uma área muito pequena, como no caso de estação repetidora no fim de uma linha ou num *gap filler*, o ambiente de recepção dentro dessa área é relativamente estável. Em tal caso, a taxa equivalente de C/N de 30 dB é excessiva e pode resultar em custo elevado do equipamento de transmissão. Portanto, convém ter extremo cuidado no uso dos valores acima.

A Figura 34 mostra a taxa equivalente de C/N para a saída do transmissor como uma função da intensidade de campo requerida dentro da área de serviço.

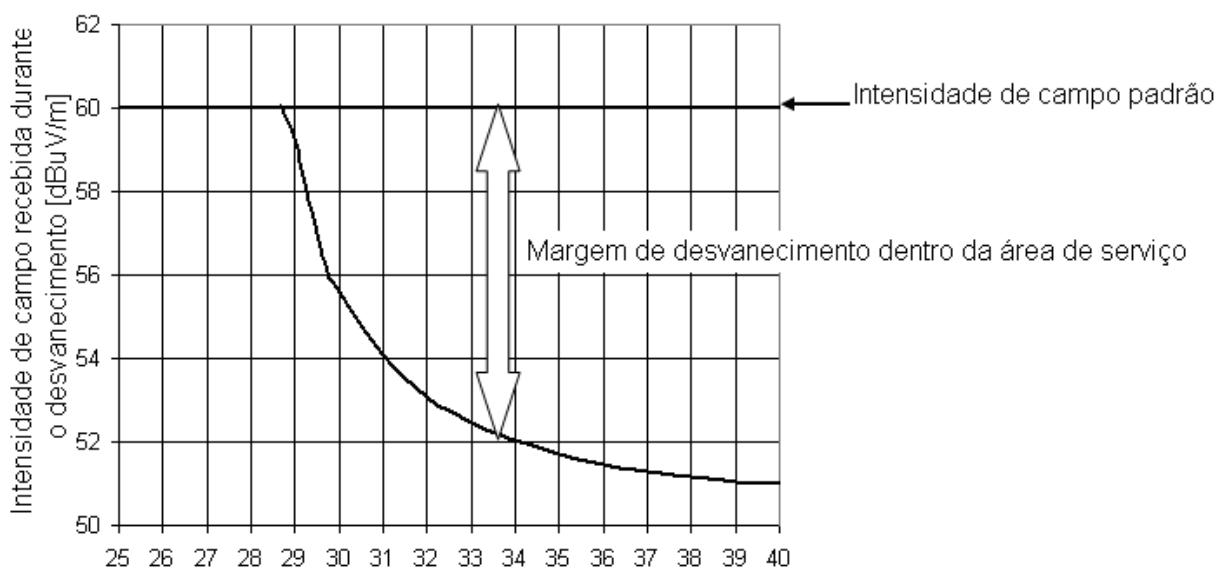


Figura 34 — Taxa C/N equivalente para a saída do transmissor como função de intensidade de campo requerida dentro da área de serviço

Quando a relação C/N de saída é 37 dB, o sinal de programa pode ser adequadamente recebido até quando a intensidade de campo é aproximadamente 51 dB μ V/m. Nesse caso, a margem de desvanecimento de aproximadamente 9 dB é assegurado, considerando que a intensidade de campo-padrão é 60 dB μ V/m.

Área radial e margem de desvanecimento obtidos das características de propagação da ITU Recommendation P.370-7 estão no Apêndice da Resolução 398/2005 da ANATEL.

Quando se revê a rede em bases individuais, primeiro se determina a margem de desvanecimento baseada na altura da transmissão e raio da área na Tabela 44 que corresponde à área de serviço, e então se determina a taxa de C/N equivalente para a saída do transmissor na Figura 34, que é apropriada para a margem de desvanecimento que foi determinada.

Se existir qualquer estação com posicionamento de baixo nível, convém que a área de serviço dessas estações seja considerada na determinação da taxa equivalente de C/N.

**Tabela 44 — Margem de desvanecimento obtida das características de propagação
ITU Recommendation P.370-7**

Altura da transmissão m	Raio da área						
	10 km	20 km	30 km	40 km	50 km	70 km	100 km
300	1 dB	0,5 dB	1,5 dB	3 dB	4 dB	7 dB	11 dB
150	1 dB	1 dB	3 dB	5 dB	6 dB	9 dB	12 dB
75	2 dB	3 dB	4 dB	6 dB	6 dB	9 dB	12,5 dB
37,5	4 dB	4 dB	4 dB	6,5 dB	7 dB	9 dB	12 dB

11.6.2 Estudo do impacto da mudança dos valores temporários na disponibilidade de enlace em geral

11.6.2.1 Impacto da mudança na taxa equivalente de C/N do transmissor da estação principal

Como descrito em 11.4.2.1, o valor de 37,7 dB foi adotado como taxa C/N estimado da estação transmissora principal.

Se essa relação de C/N da estação transmissora principal mudar de 42 dB para 34 dB, o valor de C/N da saída de outros transmissores mudam como mostrado na Figura 35. Nesse caso, foram usados os valores estimados para estações repetidoras dadas na Tabela 40.

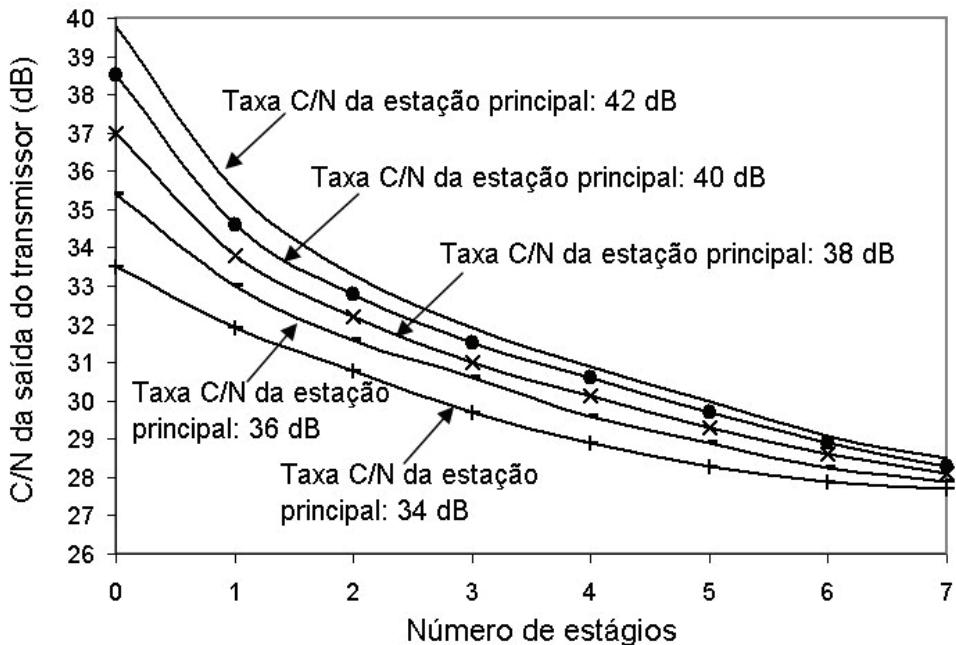


Figura 35 — Impacto da mudança na taxa C/N equivalente do transmissor da estação principal na taxa C/N da saída do transmissor

A Figura 35 mostra que é possível prover taxa C/N na saída da transmissão de aproximadamente 30 dB quando o desempenho da estação repetidora casa com o valor temporário, mesmo se a taxa C/N equivalente do transmissor da estação principal for aproximadamente 34 dB, desde que a área de serviço da estação principal não seja excessivamente grande e que não existam mais do que três estações repetidoras.

Por essa razão, pode ser que não exista problema, dependendo do *status* da área de serviço e o número de estágios, mesmo se a taxa C/N do transmissor da estação principal for degradada, ao longo do transmissor-receptor STL do sistema IF usado.

11.6.2.2 Estudo do uso da antena Yagi multielemento

Uma antena Yagi de 14 elementos foi adotada como antena receptora e 7 dB foi usado como seu ganho. A Figura 36 mostra a extensão que pode ter a taxa C/N de recepção melhorada quando uma antena de alto ganho com ganho de aproximadamente 10 dB é usada para prevenir problema como área de borda.

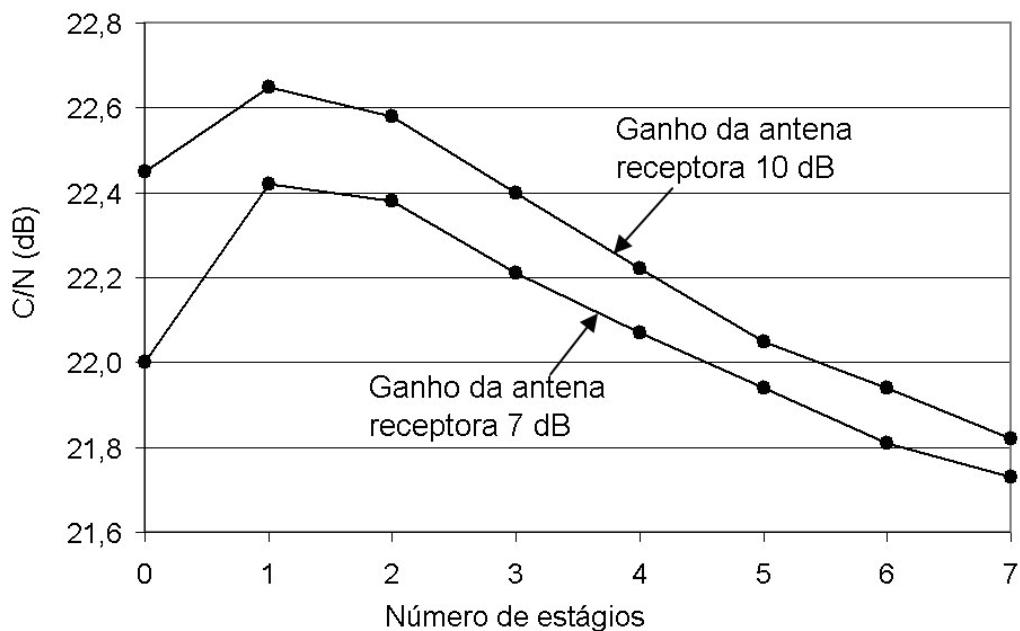


Figura 36 — Impacto da mudança do ganho da antena de recepção na taxa C/N da entrada do demodulador

Em geral, quanto mais alto o ganho da antena, mais direcional se torna. Como resultado, nas antenas de alto ganho mais reduzido, o efeito de multipercuso e distúrbio de interferência são reduzidos. Portanto, a Figura 35 mostra que se supõe que o impacto do distúrbio permanece imutável, um acréscimo de ganho de 3 dB pode melhorar a taxa C/N da entrada do demodulador de somente 0,5 dB.

11.7 Ação corretiva caso o requerimento do modelo não seja alcançado

11.7.1 Parâmetros do modelo de cálculo de enlace

Os parâmetros do modelo de cálculo de enlace em 11.4 constituem valores provisórios que foram especificados para fins de disponibilidade de enlace. Conseqüentemente, pode ser que seja difícil alcançar esses requisitos na revisão de uma base individual. Contudo, como em 11.5, se os resultados de cálculos baseados na disponibilidade do enlace indicarem que se esses requisitos não podem ser alcançados, pode não ser possível receber o sinal de programa dentro da área de serviço.

11.7.2 Ação corretiva se a distância estágio a estágio for maior que no caso modelo

O maior problema nesse caso é uma possível redução na intensidade de campo no receptor da estação repetidora devido ao desvanecimento. Dessa forma, as ações corretivas para os casos em que a distância estágio a estágio é maior do que a empregada no modelo são:

- usar uma antena receptora maior do que (1,8 m em diâmetro) no caso modelo para aumentar a tensão recebida;
- conectar múltiplas TTL para assegurar um ambiente de recepção mais estável que quando o sinal de radiodifusão é repetido;
- prover um circuito à fibra óptica ou cabo.

Se o SFN for implementado, convém que extremo cuidado seja exercido em estabelecer sincronização com a estação melhor posicionada, provendo um circuito digital.

11.7.3 Ação corretiva se distúrbio de multipercuso, SFN e nível de interferência de co-canal forem maiores que o do caso modelo

Se os níveis de multipercuso, presença de SFN e interferência co-canal forem maiores que o caso do modelo, o principal problema é a degradação da taxa C/N equivalente da saída devido a vários tipos de interferência no receptor da estação repetidora. Nesses casos, as ações corretivas cabíveis são:

- a) usar cancelador e selecionar corretamente a posição de repetição para reduzir o multipercuso e caminho furtivo SFN;
- b) similarmente, usar o cancelador e selecionar corretamente a posição de repetição para reduzir a interferência co-canal. Manter em mente que o cancelador pode não proporcionar substancial melhoria. Usar TTL_S para prover um ambiente de recepção estável;
- c) quando o caminho furtivo do SFN é um problema-chave a ser endereçado, deve haver mudança na freqüência para prover MFN, se possível. Esta escolha não é prontamente factível em termos do atual plano de uso de canal. Embora, ele possa ser tomado em consideração se as freqüências forem reorganizadas, assim que as freqüências analógicas forem desativadas.

11.7.4 Ação corretiva quando existem muitos estágios

O caso modelo 11.4.3 mostra que as ondas de radiodifusão repetidas com cinco estágios ou mais será difícil. Por essa razão, se existirem muitas estações, convém que a degradação da taxa C/N a cada estágio seja reduzida para uma maior extensão que o do caso modelo. Para obter essa redução as ações corretivas sugeridas são:

- a) usar TTL particularmente nas estações repetidoras com alto número de multipercuso, caminho furtivo SFN e interferência co-canal para prover melhor taxa C/N;
- b) usar TS TTL. Isso elimina a necessidade de adicionar ruído do estágio anterior, reduzindo de uma maneira equivalente o número de estágios;
- c) demodulação digital e, se necessário, correção de erro e outros estágios que eliminam a necessidade de totalização de ruído que tem se acumulado até a estação repetidora MFN, pela demodulação OFDM e modulação. Entretanto, não só o processo de demodulação e modulação, mas também o processo de corretor de erros, produzem atrasos. Portanto, convém ter extremo cuidado no emprego desses processos.

11.7.5 Ação corretiva quando condições de multipercuso e radiointerferência dentro da área de serviço são mais severos que o caso modelo

Se os distritos sob condições de recepção mais áspera forem concentrados dentro de uma faixa, uma suplementar estação rádio repetidora pode ser provida.

Se os distritos sob condições de recepção mais áspera forem espalhados, dependendo do *status* de multipercuso, uma antena de recepção com desempenho mais alto pode ser provida, uma altura de antena mais alta pode ser usada, ou a locação da antena pode ser mudada. Contudo, o aumento do ganho da antena não oferecerá nenhuma importante vantagem, como mostrado em 11.6.2. Portanto, o foco primário será melhorar a taxa D/U em relação à onda indesejável através de direcionalidade melhorada.

11.8 Efeito da mudança de parâmetros de transmissão e problemas

Foi conduzido um estudo baseado na adoção dos parâmetros do transmissor para transmissão terrestre (64QAM e codificação interna (*inner code*) e taxa de codificação de 7/8), que provê que seria usada para a máxima capacidade de transmissão.

Como mostrado na Tabela 42, substituir esses parâmetros por aqueles que oferecem melhor resistência à degradação poderia ser altamente efetivo. Contudo, isso resulta em mais baixa capacidade de transmissão. Portanto, convém rever essa alternativa sob a perspectiva de qualidade final de vídeo.

Com algumas portadoras, mudanças no conjunto de equipamentos de transmissão tornam impossível o uso parâmetros de transmissão que provê maximização da capacidade de transmissão no futuro, mesmo se assumido que parâmetros que oferecem melhor resistência à degradação são usados. Como resultado, futuras expansões de serviço podem ser prejudicadas.

Por essa razão, convém que a margem produzida através o uso de parâmetros que oferecem melhor resistência à degradação seja usado primariamente para assegurar recepção estável na área de serviço. Ou seja, convém não alterar as especificações dos equipamentos de transmissão utilizados.

Bibliografia

- [1] ARIB STD-B31:2005, *Transmission system for digital terrestrial television broadcasting*
- [2] ARIB TR-B14:2006, *Operational guidelines for digital terrestrial television broadcasting*
- [3] ITU-T Recommendation G.726:1990, *40, 32, 24, 16 kbit/s adaptive differential pulse code modulation (ADPCM)*