

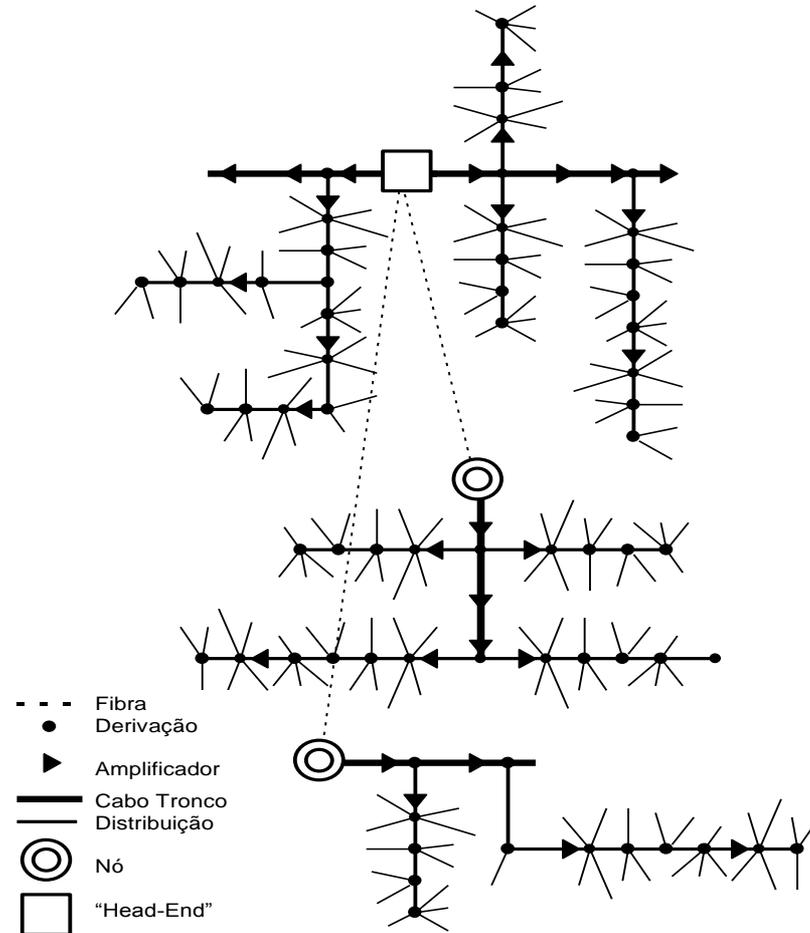
Distribuição de TV a Cabo

PTC3547 – Codificação e
Transmissão Multimídia

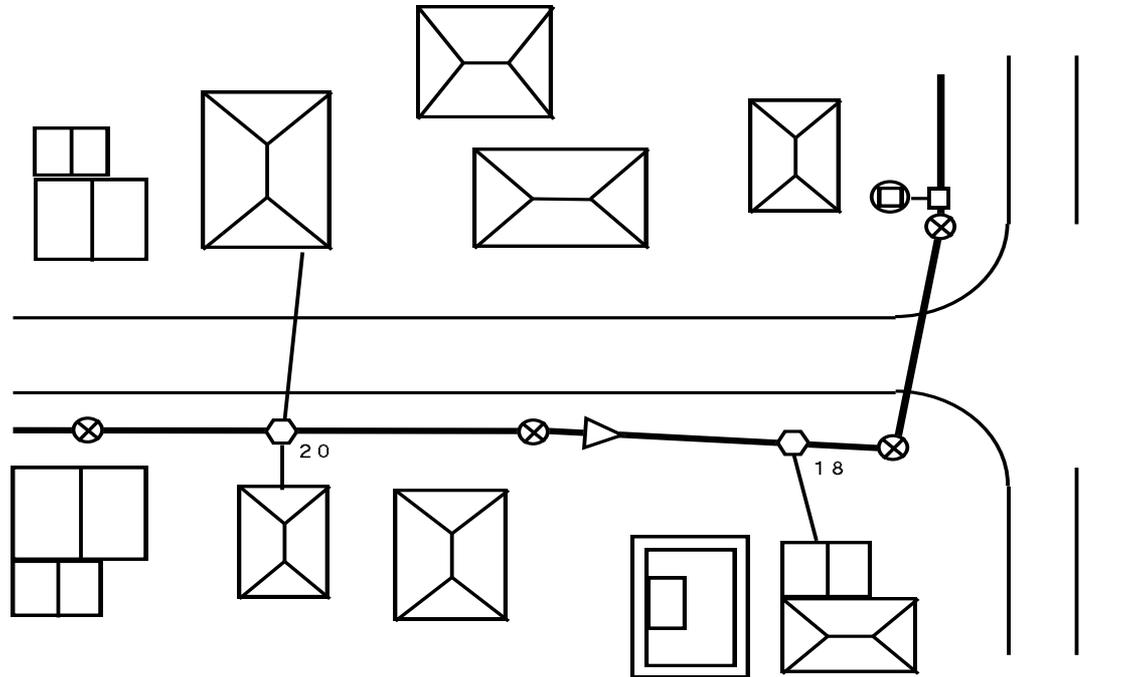
Guido Stolfi – 06/2019



http://farm5.static.flickr.com/4007/4428859195_88f97072ab.jpg

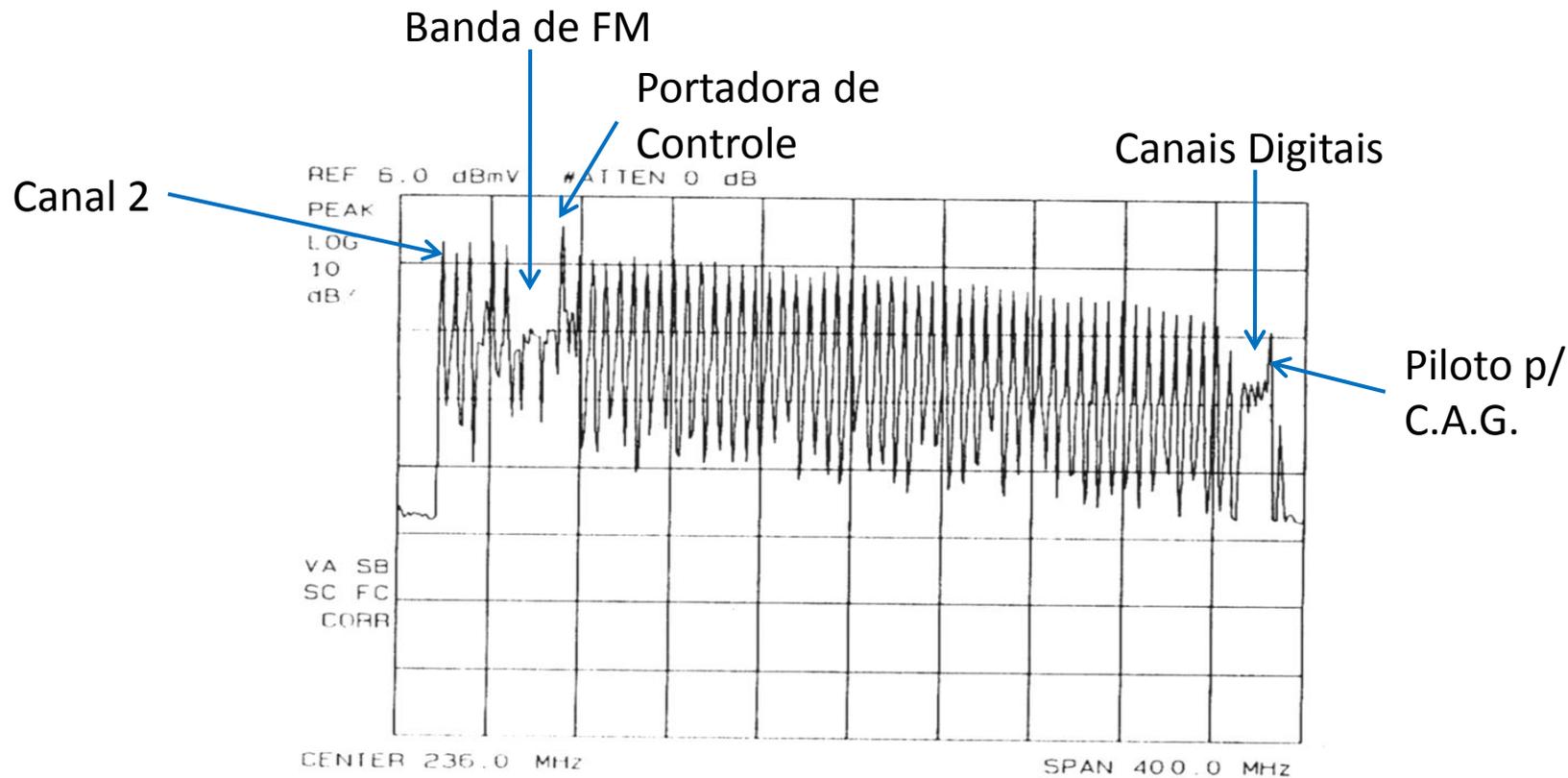


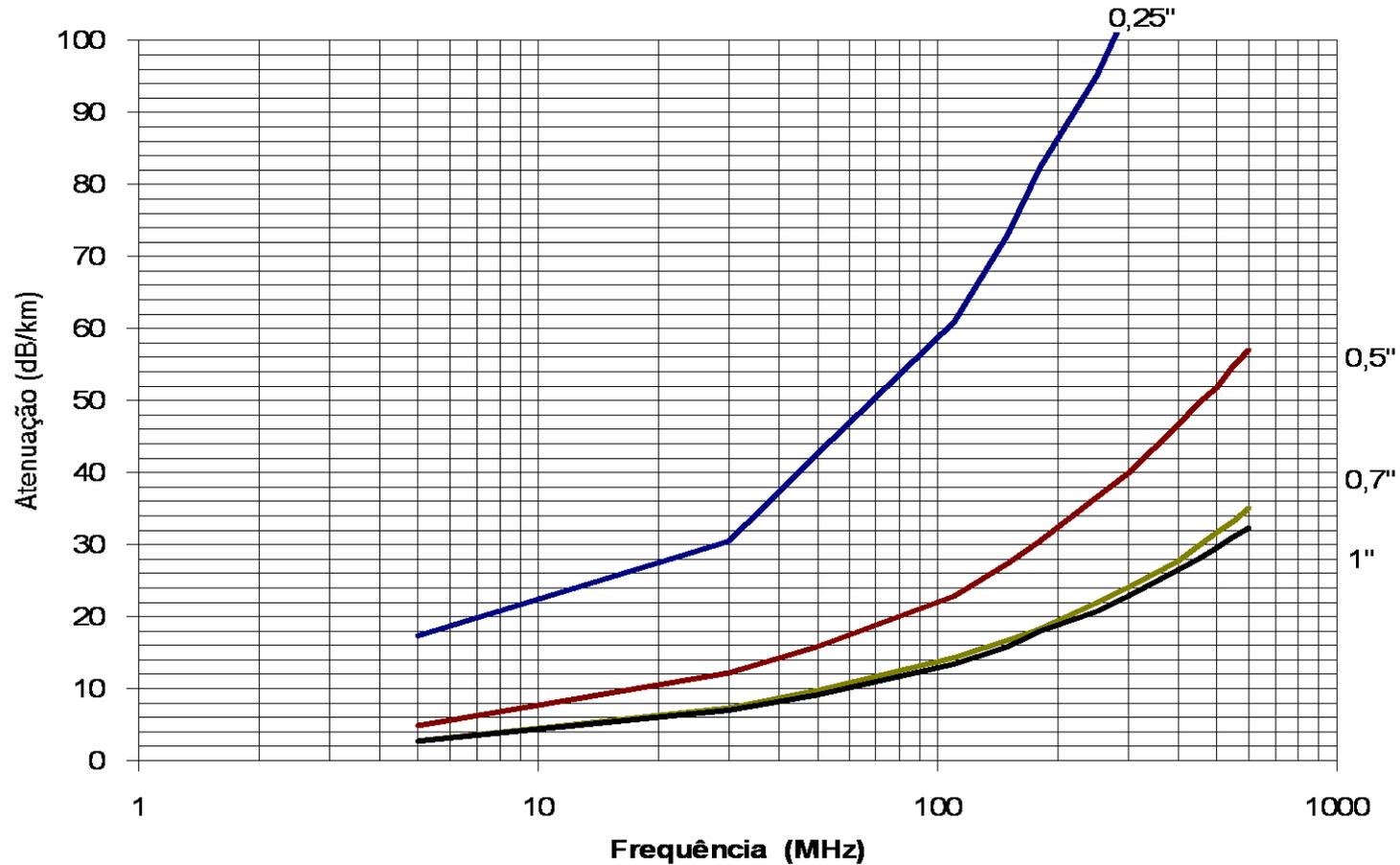
- **Cobertura:** Quantidade de Domicílios Atendidos ("*Home Passed*")
- **Penetração:** Número de Assinantes por "*Home Passed*"
- **Sistema Híbrido Fibra / Coaxial (HFC):** Número de "*Home Passed*" por Nó
- **Capacidade:** Número de canais diretos ("*Downstream*") ; Banda Passante reversa ("*Upstream*")
- **Tecnologia de Acesso Condicional:** Inversão de polaridade, Portadora interferente, "*Trap*" endereçável, etc.
- **Serviços Adicionais:** Telefonia, Alarmes, Dados, Supervisão, etc.

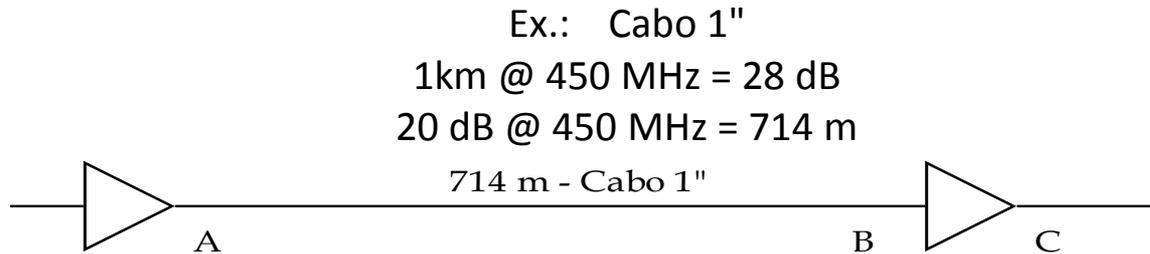


60 Hz	Alimentação dos Amplificadores
5 a 35 MHz	Canal Reverso (da Rede para o Headend)
35 a 54 MHz	Não usado (banda de guarda p/Duplexador)
54 a 88 MHz	VHF Baixo (Canais 2 a 6)
88 a 108 MHz	Banda de radiodifusão F.M. (Canais 95 a 97)
108 a 174 MHz	Banda Média (Canais 98, 99 e 14 a 22)
174 a 216 MHz	VHF Alto (Canais 7 a 13)
216 a 640 MHz	“Superbanda” (Canais 23 a 94)
640 a 1000 MHz	“Ultrabanda” (Canais 100 a 158)
Acima de 1000 MHz	Canais 159 em diante

Espectro "Downstream"







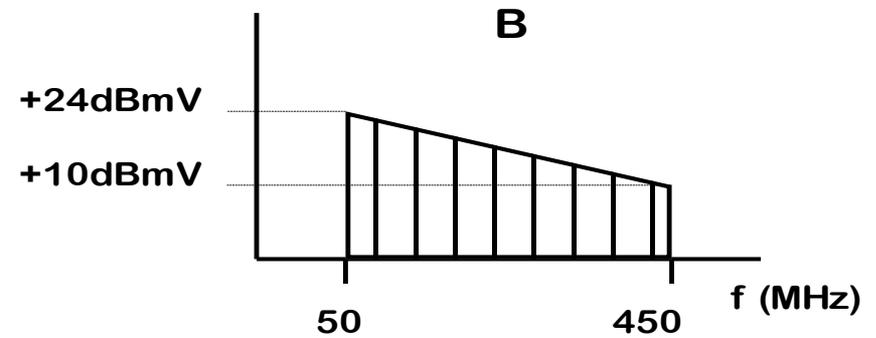
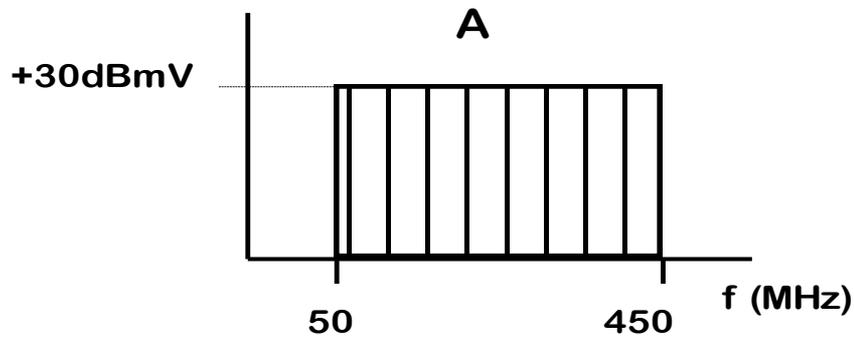
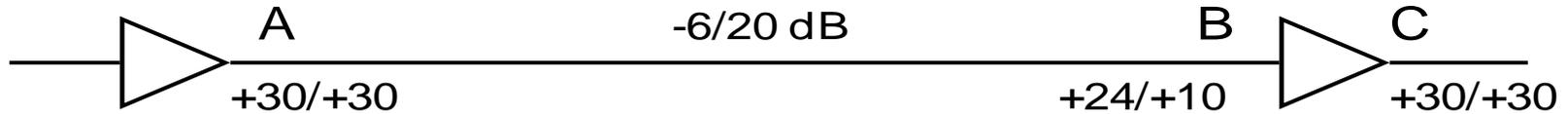
Freq.	Nível A	Atenuação do Cabo	Nível B	Ganho	Nível C
50 MHz	+30 dBmV	6,4 dB	23,6 dBmV	6,4 dB	+30 dBmV
400 MHz	+30 dBmV	20 dB	10 dBmV	20 dB	+30 dBmV

Variação das perdas com a temperatura:

~ 0,18% por grau Celsius

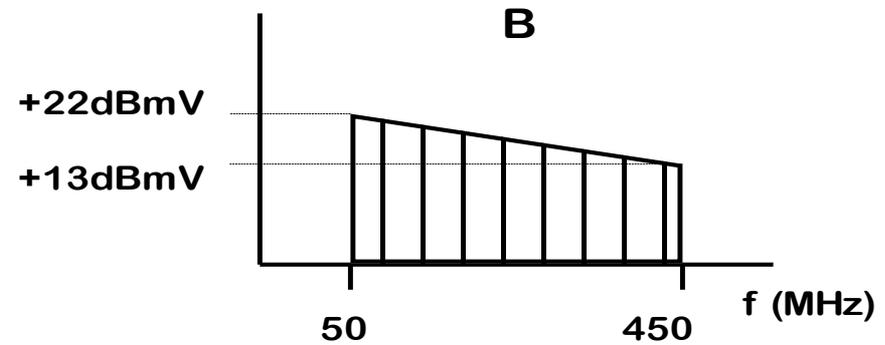
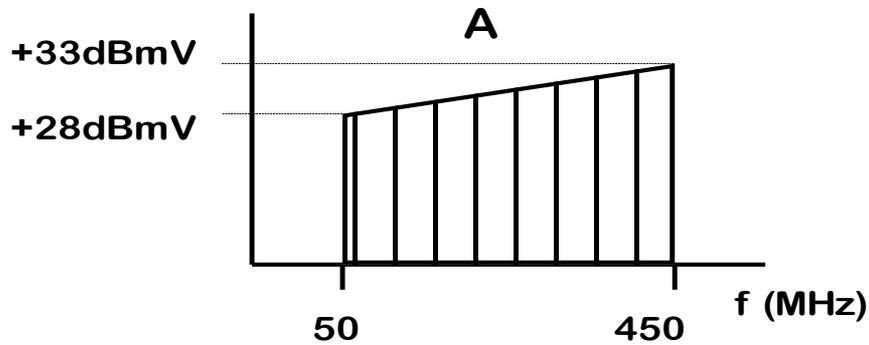
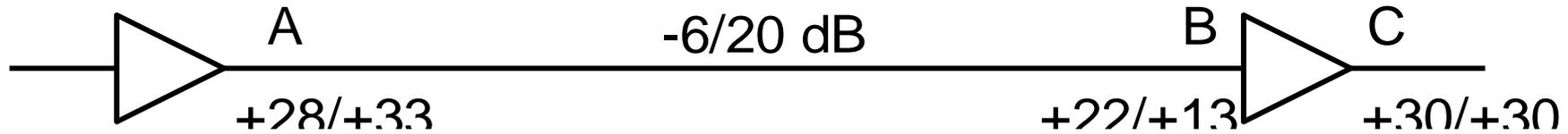
Ex.:

$$\Delta T = 30^{\circ} C \Rightarrow 20dB \rightarrow 21,1dB$$

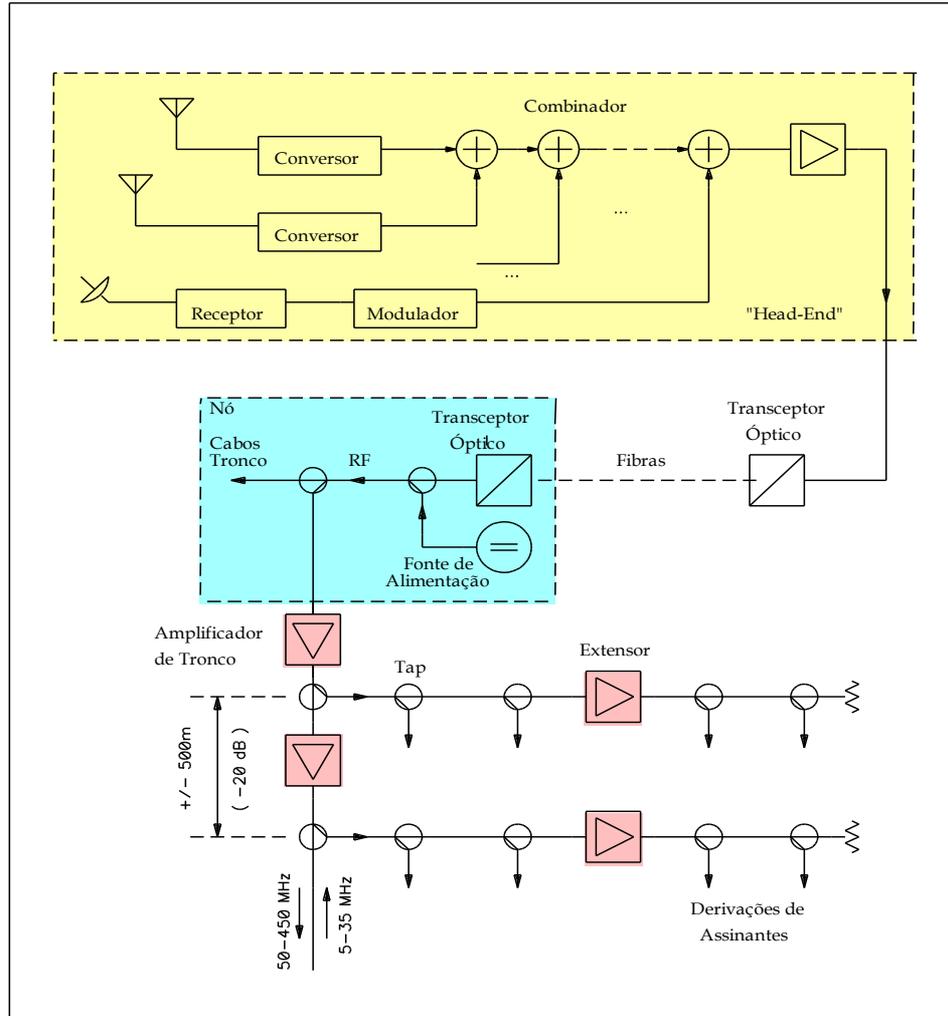


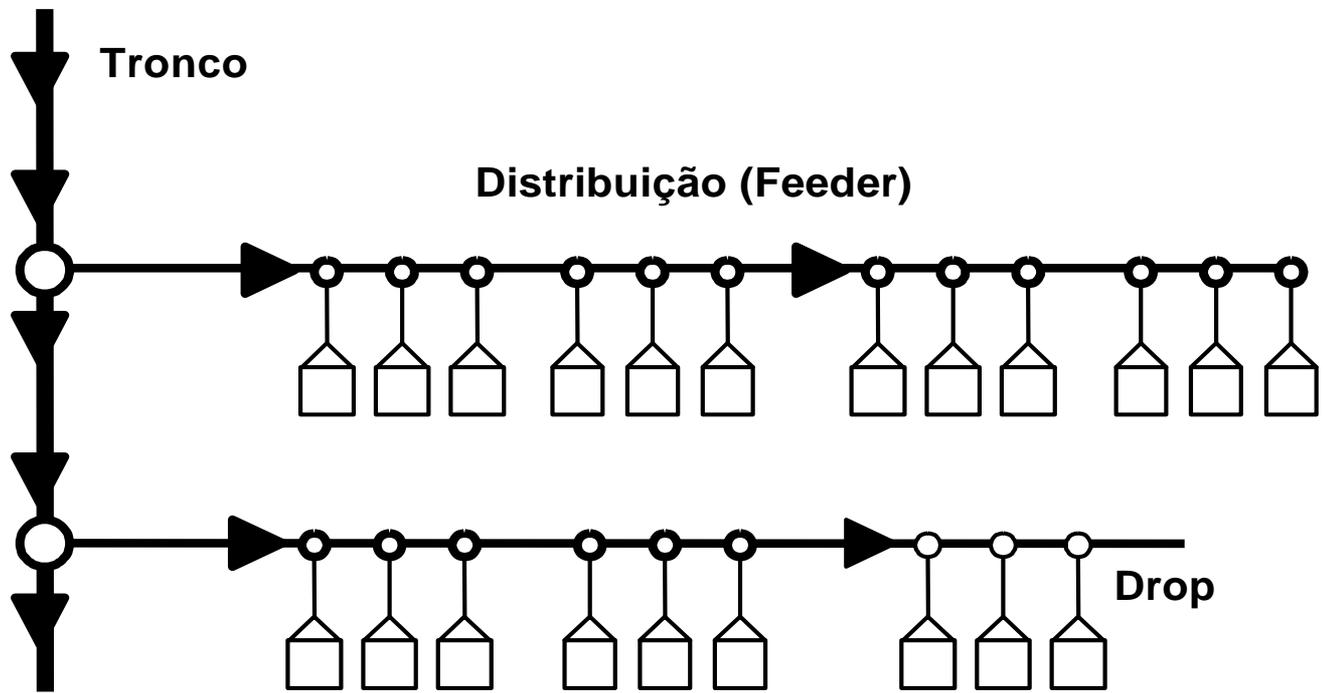
Dispersão de Amplitudes: 0 dB (ponto A) a 14 dB (ponto B)

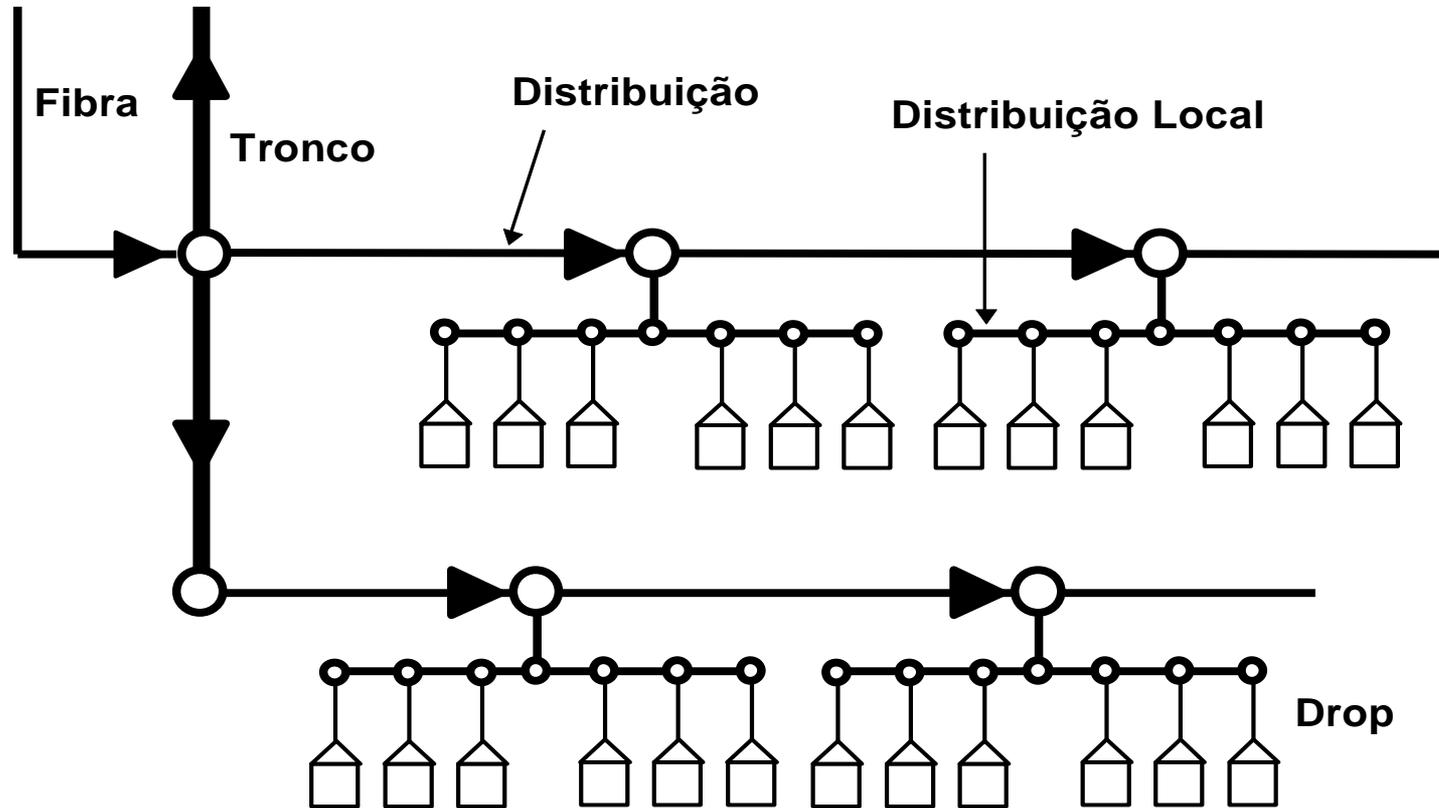
Sistema com Pré-Ênfase ("Slope")



Dispersão de Amplitudes: 5 dB (ponto A) a 9 dB (ponto B)







- Menor nível de sinal nos cabos de distribuição (menor distorção)
- Menor ingresso de sinal (não há emendas ou taps no feeder)
- Menor atenuação no lance de distribuição local (metade da distância)
- Maior resposta em frequência

1 Amplificador:

$$F = \frac{\frac{S_i}{R_i}}{\frac{S_o}{R_o}} = \frac{R_o}{R_i} \times \frac{1}{G} = \frac{R_i \times G + R_a}{R_i \times G} = 1 + \frac{R_a}{R_i \times G}$$

Cascata de N Amplificadores:

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \frac{F_4 - 1}{G_1 G_2 G_3} + \dots + \frac{F_N - 1}{G_1 G_2 \dots G_{N-1}}$$

Característica:	Cascata de N amplificadores:	Perda a cada 2 N:
Ruído	$\frac{S}{R}(cascata) = \frac{S}{R}(individual) - 10\log(N)$	3 dB
Distorção Harmônica	$\frac{S}{D}(cascata) = \frac{S}{D}(individual) - 20\log(N)$	6 dB
Intermodulação	$\frac{S}{I}(cascata) = \frac{S}{I}(individual) - 15\log(N)$	4,5 dB

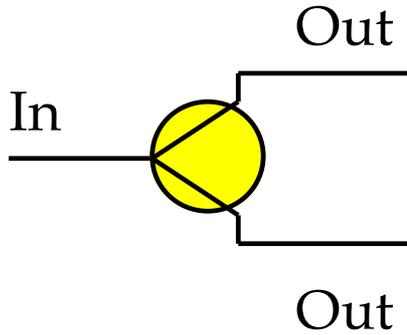
Classificação FCC quanto a Ruído	Relação S/R
1- Imagem com Qualidade Excelente	45 dB
2- Especificação Mínima de Qualidade	36 dB
3- Imagem Boa (pouco ruído)	35 dB
4- Imagem Aceitável (ruidosa)	29 dB
5- Marginal (prejudicada pelo chuva)	25 dB

Metas de Qualidade para o Operador

Relação Portadora / Ruído (C/N)	48 a 50 dB
Batimentos de 2ª Ordem (CSO)	-53dBc
Batimentos Triplos Compostos (CTB)	-53 dBc
Nível de Sinal no Receptor de TV	0 a +3 dBmV

Componentes de uma Rede de TV a Cabo

- Divisor (*Splitter*)
- Acoplador Direcional (*Tap*)
- Multi-Tap
- Duplexador



Perda de Inserção

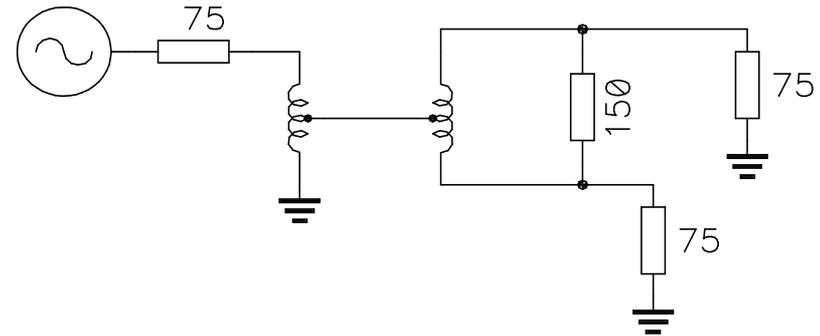
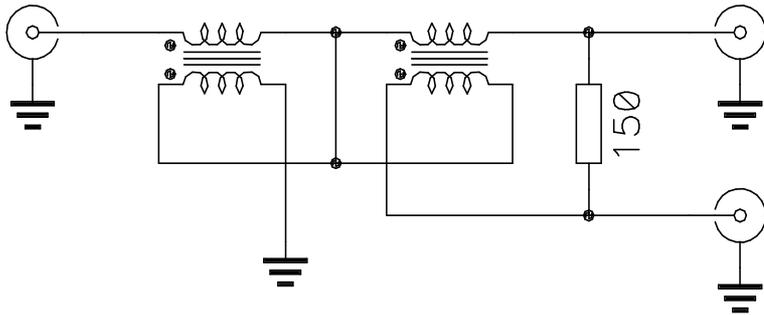
Teórica: -3 dB

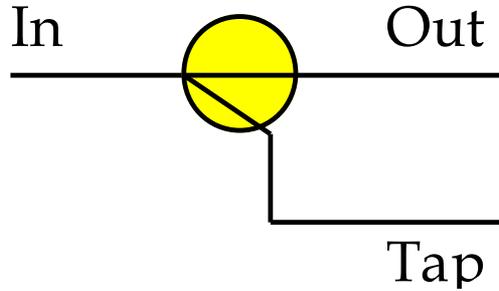
Prática: -3.6 dB @ 50 MHz

-4.5 dB @ 500 MHz

Isolação entre saídas

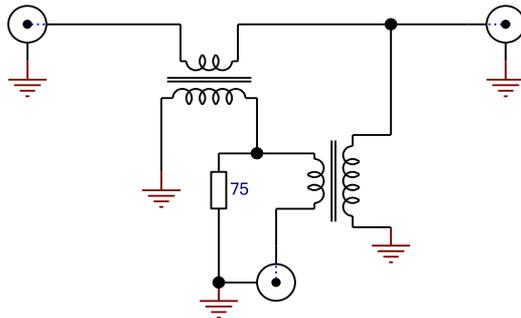
Prática: > 20 dB

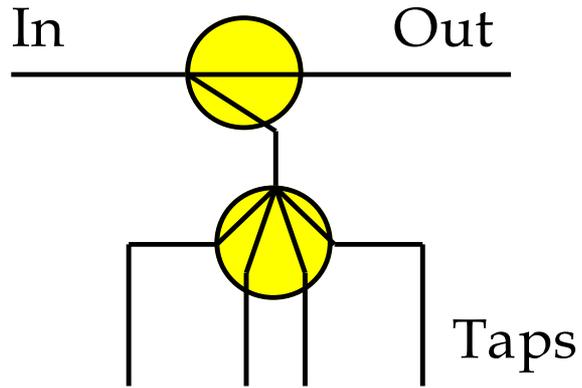




Atenuação Típica (dB):

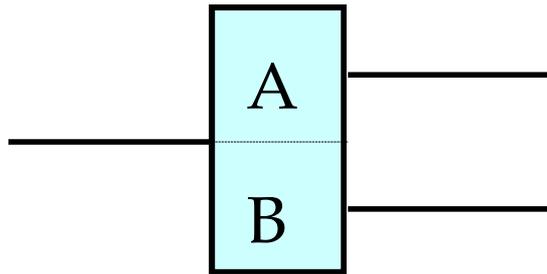
Tap	Inserção	Isolação Tap/Out
6	2.4	>20
9	1.5	>25
12	1.4	>27
20	0.6	>32
30	0.5	>35





Atenuação Típica (dB - 4 saídas):

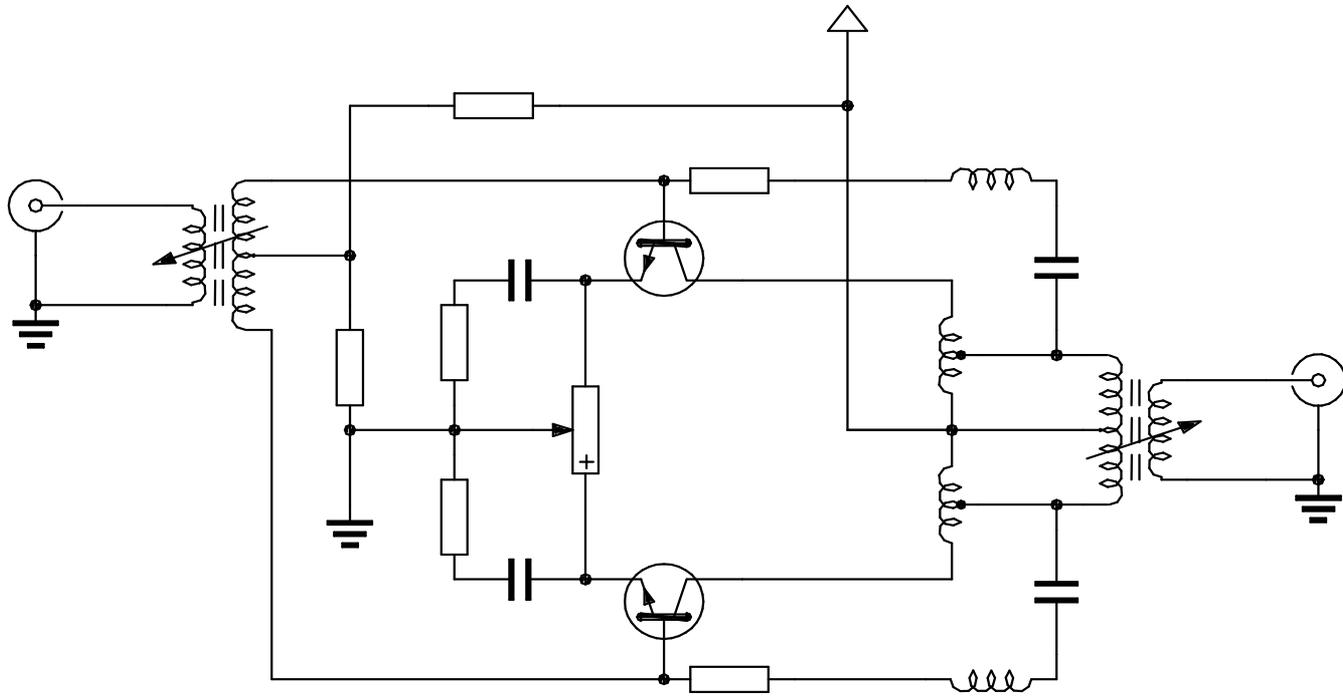
Tap	Inserção	Isolação Tap/Out
11	3.8	>24
14	2.6	>27
20	1.4	>31
26	1.2	>36
32	0.8	>40



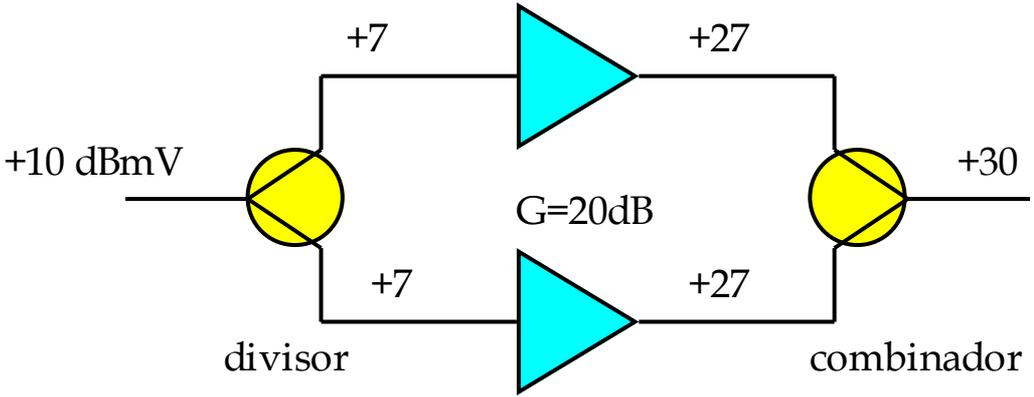
Exemplos de Aplicações:

Cabo 2-Way: A = 5 a 35 MHz
B = 50 a 450 MHz

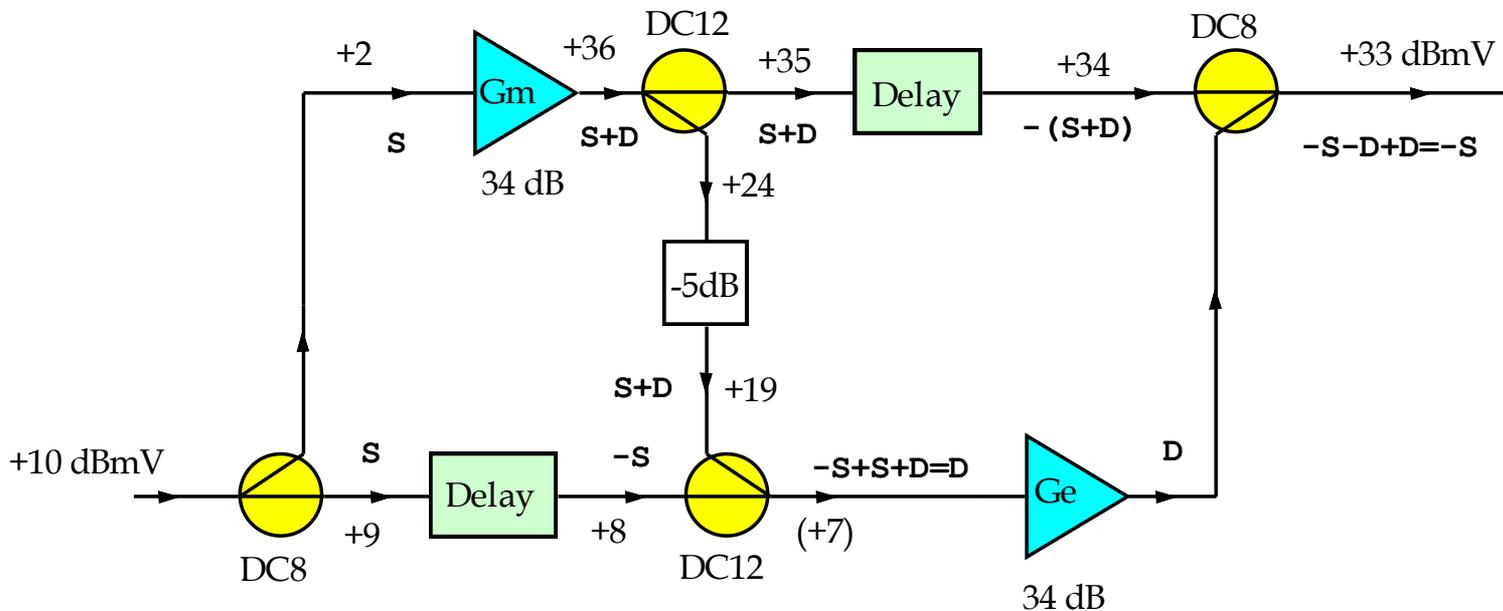
VHF/UHF: A = 50 a 220 MHz
B = 470 a 900 MHz



“Push-Pull”



Paralelo



“Feed-Forward”

550 MHz (77 canais)

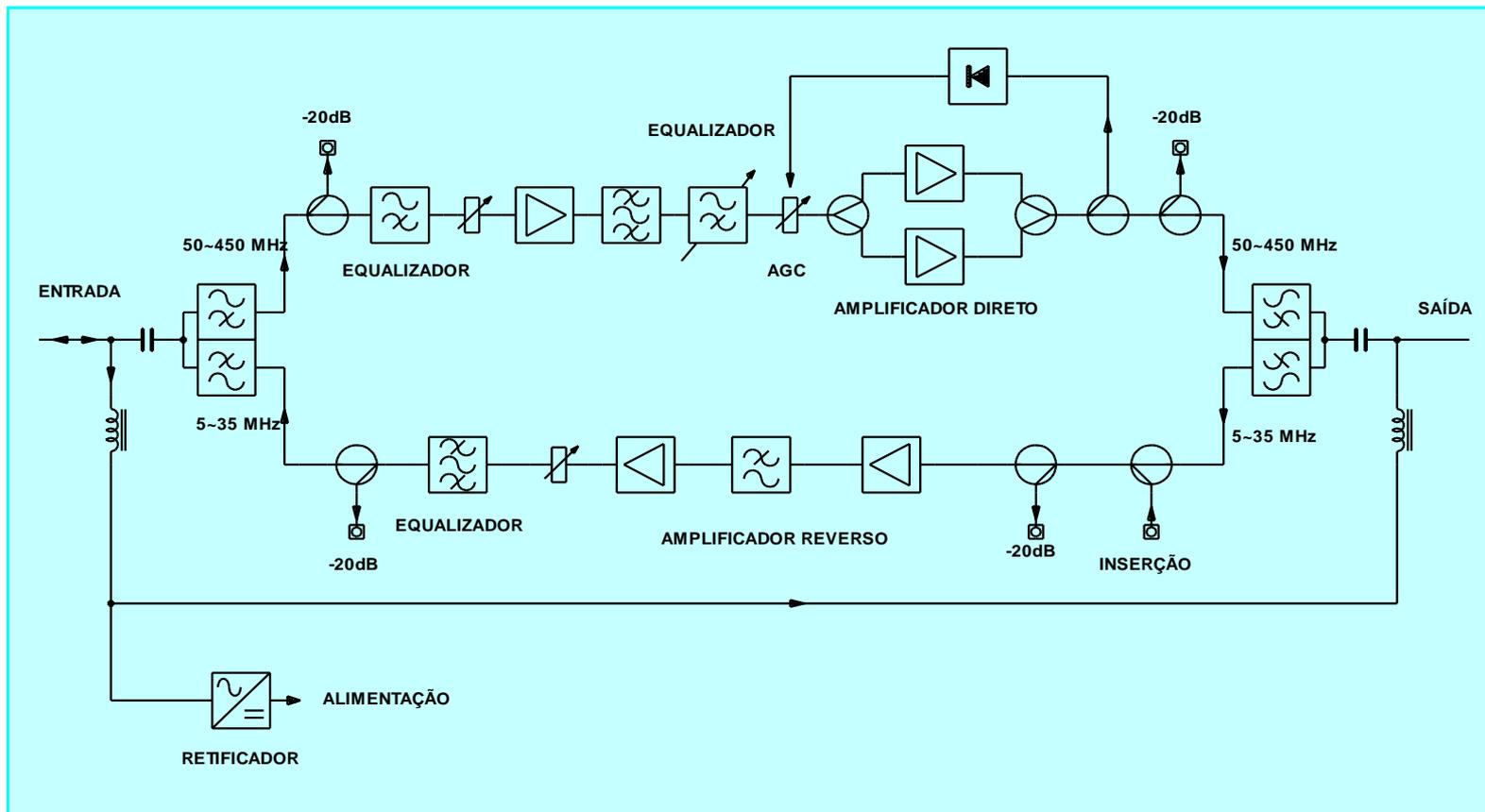
Tipo	Ganho dB	Vout dBmV	Dist. 2a. Ordem	Bat. Triplo Composto	Mod. Cruzada	Figura de Ruído
Paralelo	18	+44	-65	-65	-68	7.5
Feed-Forward	24	+44	-86	-75	-70	11
Pré-Amp.	18	+44	-72	-58	-62	7.0
Extensor (*)	34	+46	-70	-60	-61	5.0

660 MHz (128 canais)

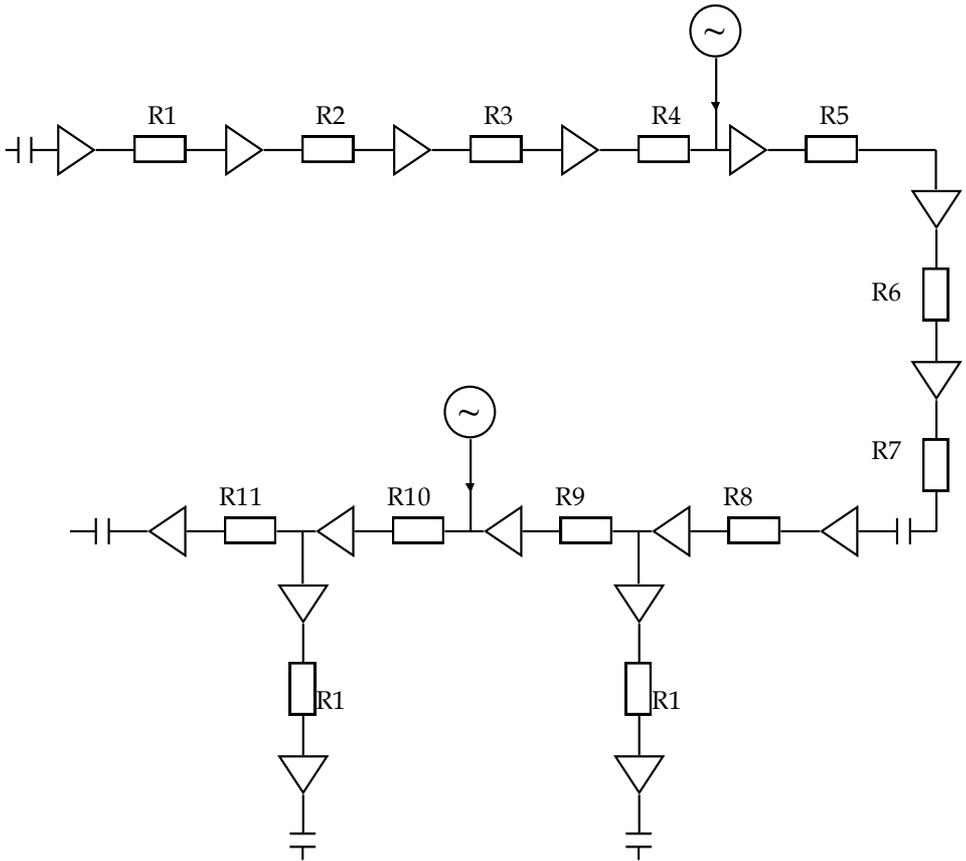
Tipo	Ganho dB	Vout dBmV	Dist. 2a. Ordem	Bat. Triplo Composto	Mod. Cruzada	Figura de Ruído
Paralelo	18.8	+40	-62	-64	-64	8.0
Feed-Forward	24	+44	-68	-66		13

Tipo	Ganho dB	Vout dBmV	Dist. 2a. Ordem	Bat. Triplo Composto	Mod. Cruzada	Figura de Ruído
5~35 MHz	30	+50	-70	-66	-57	4.5
5~200 MHz	22	+50	-72	-69	-62	5.5

Diagrama de Blocos de um Amplificador Bidirecional



Característica	Tronco (100 Canais)	Feed-Forward (52 Canais)	Distribuidor (60 Canais)	Extensor (60 Canais)
Banda Direta (MHz)	51 a 750	45 a 400	47 a 450	54 a 450
Ondulação (dB)	0,5	0,25	0,25	0,5
Banda Reversa (MHz)	5 a 35	-	5 a 30	5 a 30
Ganho Total (dB)	35	29	27	44
Controle de Ganho (dB)	10	8	10	20
Contr. de Equaliz. (dB)	4	-	2~8	2~8
Nível de Saída (dBmV)	36~46	29~35	25~37	38~46
Figura de Ruído (dB)	6.5~7.1	10	8	9
Perda de Retorno (dB)	16	16	16	16
Distorção 2a. Ordem (dB)	-68	-80	-87	-70
Mod. Cruzada (dB)	-70	-92	-88	-64
B. Triplo Composto (dB)	-66	-101	-89	-62
Modulação 60 Hz (dB)	-70	-66	-70	-69
Consumo (A)	1.0		0.8	0.6

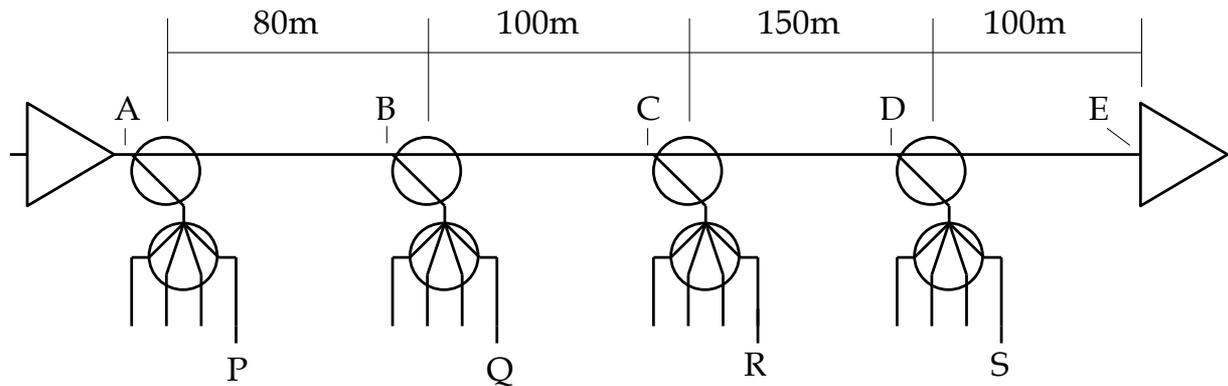


Resistência ôhmica do Cabo (Ida e Volta - Ohm/km)		
Diâmetro	Condutor sólido (Cobre)	Alumínio Cobreado
0.4"	5.74	6.33
0.5"	4.03	5.51
0.75"	1.84	2.49

Tensão de Alimentação: Típico 60 Vrms, 60 Hz

Tensão de Operação dos Amplificadores: 30 a 45 Vrms mínimo

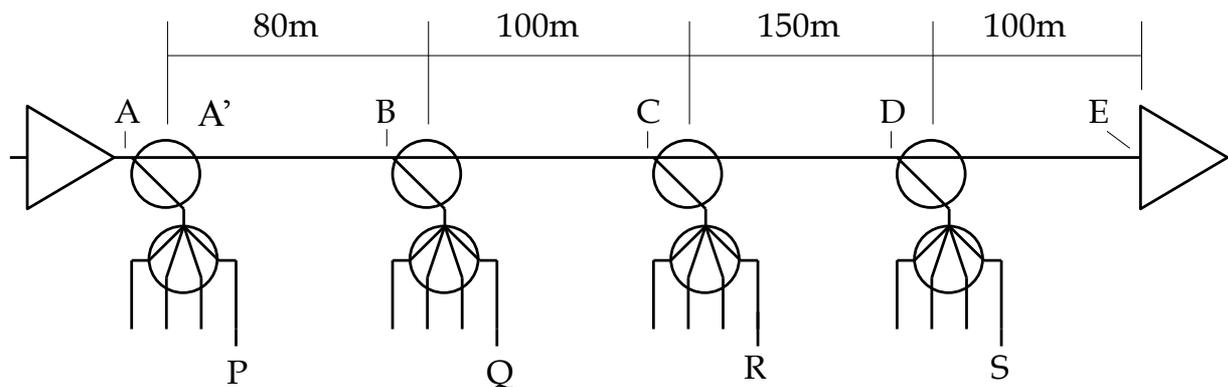
Exemplo: Cálculo de um Lance de Cabo



Bitola do Cabo	Atenuação (db/km)		Atenuação (330 m)	
	50 MHz	550 MHz	50 MHz	550 MHz
0,25"	40	170	13,2	56,1
0,325"	25	90	8,25	29,7
0,5"	15	55	4,95	18,15
0,7"	10	33	3,3	10,89
1"	9	30	2,97	9,9

“Slope” para 330 metros de cabo 0.7” = $\frac{1}{2} (10,89-3,3) = +3.8 \text{ dB @ } 550 \text{ MHz}$

Exemplo: Cálculo de um Lance de Cabo



Restrições:

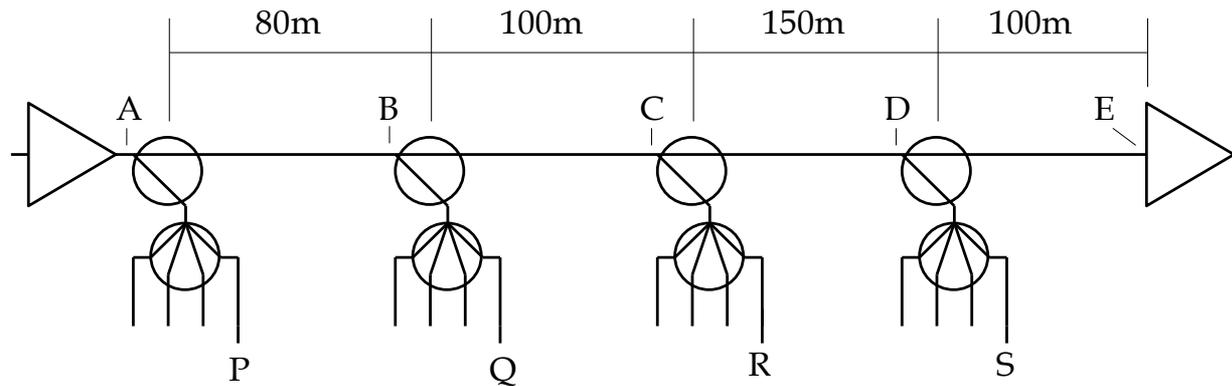
Máxima amplitude em A: +44 dBmv

Máxima amplitude em P: +16 dBmv

Perda de Inserção do Tap de 30 dB: 1,0dB

Perda de 80m de cabo 0,7": 0,8 / 2,6 dB

Ponto	Amplitude (dBmv)	
	50 MHz	550 MHz
A	40,2	44
P	10,2	14
A'	39,2	43
B	38,4	40,4



Ponto	Perda de Inserção do Tap (dB)	Amplitude dBmV (50 MHz)	Amplitude dBmV (550 MHz)
A	1.0	40.2	44.0
B	1.5	38.4	40.4
C	1.5	35.9	35.6
D	2.0	32.9	29.1
E		29.9	23.8
P	30	10.2	14.0
Q	25	13.4	15.4
R	25	11.7	13.2
S	18	14.9	11.1

(Cabo 0.7")

Normas e Procedimentos

Nomenclatura do Canal	Frequência da Portadora de Vídeo (MHz)		
	Standard (PFP)	Incremental (PIR)	Harmônico (PHR)
VHF Baixo:			
2	55,25	55,2625	54,0027
3	61,25	61,2625	60,0030
4	67,25	67,2625	66,0033
1	- -	73,2625	72,0036
5	77,25	79,2625	78,0039
6	83,25	85,2625	84,0042
Banda de FM:	88,0 ~ 108,0		

Nomenclatura do Canal	Frequência da Portadora de Vídeo (MHz)		
	Standard (PFP)	Incremental (PIR)	Harmônico (PHR)
Banda de FM:			
95	91,25	91,2625	90,0045
96	97,25	97,2625	96,0048
97	103,25	103,262	102,0051
98	109,275	109,275	--
99	115,275	115,275	--
Banda Média:			
14	121,2625	121,2625	120,0060
15	127,2625	127,2625	126,0063
16	133,2625	133,2625	132,0066
17	139,2500	139,2625	138,0069

Nomenclatura do Canal	Frequência da Portadora de Vídeo (MHz)		
	Standard (PFP)	Incremental (PIR)	Harmônico (PHR)
Banda Média:			
18	145,25	145,2625	144,0072
19	151,25	151,2625	150,0075
...
22	169,25	169,2625	168,0084
VHF Alto:			
7	175,25	175,2625	174,0087
8	181,25	181,2625	180,0090
9	187,25	187,2625	186,0093
...			
13	211,25	211,2625	210,0105

Nomenclatura do Canal	Frequência da Portadora de Vídeo (MHz)		
	Standard (PFP)	Incremental (PIR)	Harmônico (PHR)
Superbanda:			
23	217,25	217,2625	216,0108
24	223,25	223,2625	222,0111
25	229,2625	229,2625	228,0114
26	235,2625	235,2625	234,0177
...			
41	325,2625	325,2625	324,0162
42	331,275	331,275	330,0165
43	337,2625	337,2625	336,0168
...			
53	397,2625	397,2625	396,0198

Nomenclatura do Canal	Frequência da Portadora de Vídeo (MHz)		
	Standard (PFP)	Incremental (PIR)	Harmônico (PHR)
Superbanda:			
54	403,25	403,2625	402,0201
55	409,25	409,2625	408,0204
...			
94	643,25	643,2625	642,0321
Ultrabanda:			
100	649,25	649,2625	648,0324
101	655,25	655,2625	654,0327
...			
158	997,25	997,2625	996,0498

- **Standard** (PFP – Plano de Frequências Padrão):
 - Frequências iguais às existentes na radiodifusão, extrapoladas, exceto deslocamentos para evitar interferências com radiocomunicação aeronáutica
- **Incremental** (PIR – Portadoras Incrementalmente Relacionadas):
 - Portadoras corrigidas, da forma $6k+1.2625$ MHz (inclui deslocamento de 12,5 kHz)
- **Harmônico** (PHR – Portadoras harmonicamente Relacionadas):
 - Portadoras amarradas em fase, múltiplas de 6,0003 MHz +/- 1Hz

- Um amplificador pode ser modelado como fornecendo uma função polinomial do sinal de entrada x :

$$y = F(x) = k_1 x + k_2 x^2 + k_3 x^3 \dots$$

(apenas os primeiros 3 termos são relevantes)

- Se o sinal x for constituído de 3 componentes de frequências diferentes:

$$x = A \cos a + B \cos B + C \cos c$$

- A saída de um amplificador conterà os seguintes termos:

- Produtos de 1ª Ordem:

$$k_1 A \cos a + k_1 B \cos b + k_1 C \cos c$$

- Produtos de 2ª Ordem:

$$\frac{k_2}{2} [A^2 + B^2 + C^2] \quad \text{(Componente DC)}$$

$$k_2 [AB \cos(a \pm b) + AC \cos(a \pm c) + BC \cos(b \pm c)] \quad \text{(6 batimentos soma/diferença)}$$

$$\frac{k_2^2}{2} [A^2 \cos 2a + B^2 \cos 2b + C^2 \cos 2c] \quad \text{(3 x 2ªs harmonicas)}$$

$$\frac{k_3}{4} \left[A^3 \cos 3a + B^3 \cos 3b + C^3 \cos 3c \right]$$

(3 x 3^{as}
harmonicas)

$$\frac{3k_3}{2} ABC \cos(a \pm b \pm c)$$

(4 componentes
de Batimento
Triplo Composto)

$$\frac{3k_3}{4} \left[\begin{array}{l} A^2 B \cos(2a \pm b) + A^2 C \cos(2a \pm c) + \dots \\ \dots + B^2 A \cos(2b \pm a) + B^2 C \cos(2b \pm c) + \dots \\ \dots + C^2 A \cos(2c \pm a) + C^2 B \cos(2c \pm b) \end{array} \right]$$

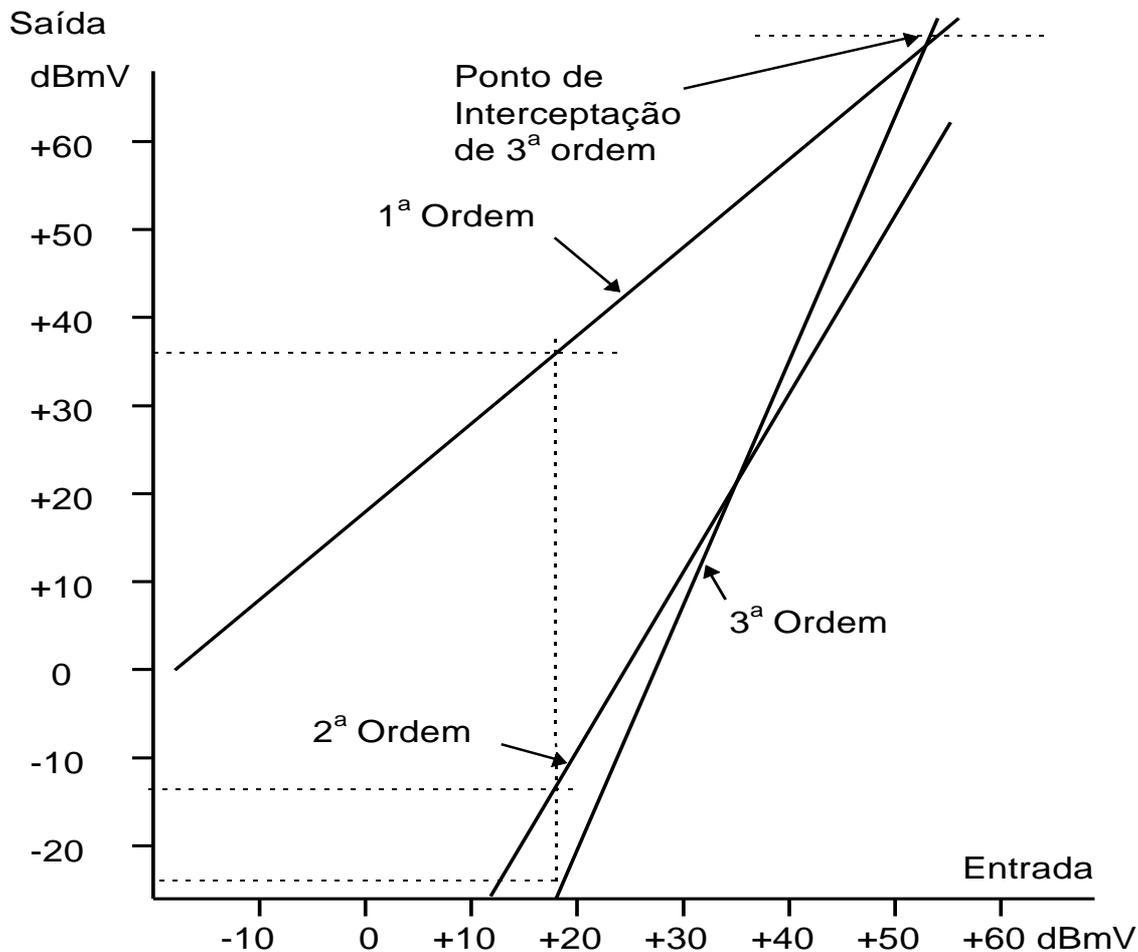
(12 produtos de
intermodulação)

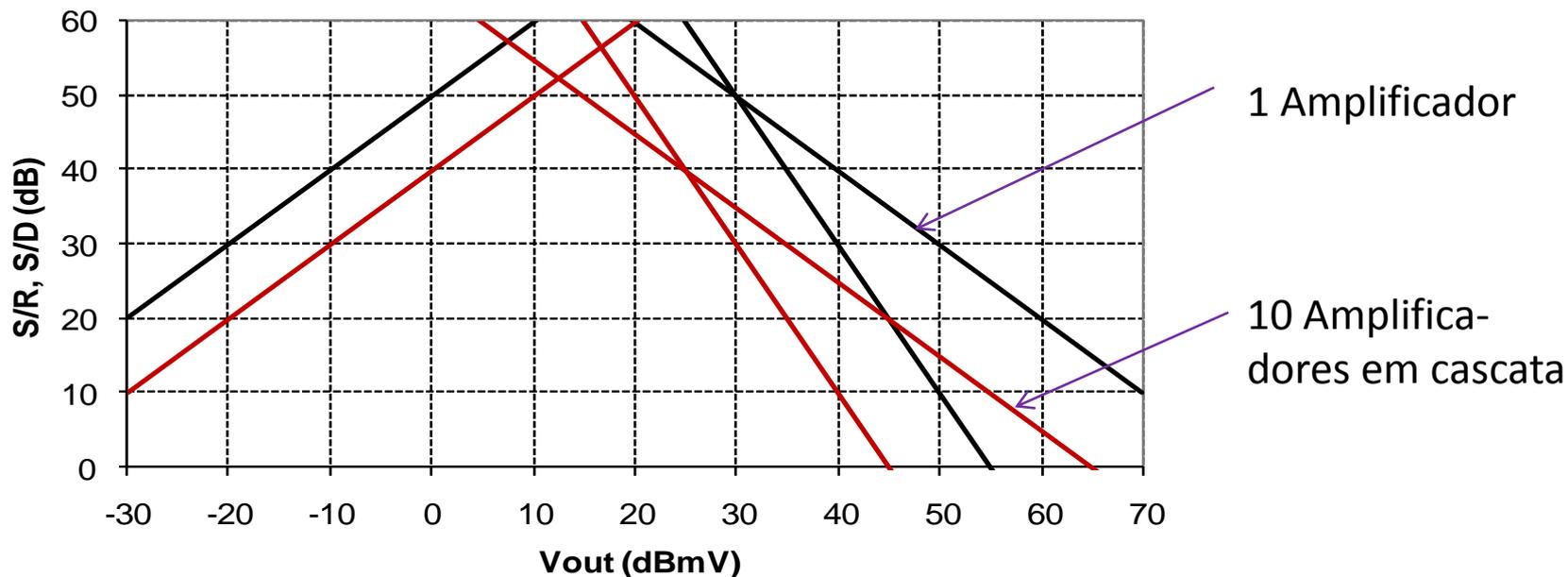
$$\frac{3k_3}{4} \left[A^3 \cos a + B^3 \cos b + C^3 \cos c \right]$$

(3 x Auto -
compressão /
expansão)

$$\frac{3k_3}{4} \left[A(B^2 + C^2) \cos a + B(A^2 + C^2) \cos b + C(A^2 + B^2) \cos c \right]$$

(6 x compressão /
expansão cruzada)





Produtos gerados por distorções de terceira ordem resultando em espúrios com frequências próximas às das portadoras de vídeo.

Sendo A, B e C da forma $6k+1.25$ MHz, com $k = 9$ a 75 (sistemas de 450 MHz):

Produtos não considerados (não caem próximos às frequências de vídeo):

1) $\mathbf{A+B+C} = 6(k+m+n)+3.75 = 6(k+m+n+1)-2.25$ MHz

2) $\mathbf{3A} = 6(3k)+3.75 = 6(3k+1)-2.25$ MHz

3) $\mathbf{2A-B} = 6(k+m)+2.5-1.25 = 6(k+m)+1.25$ (amplitude e quantidade menores; contribui com menos que 0.1 dB para sistemas de 20 canais)

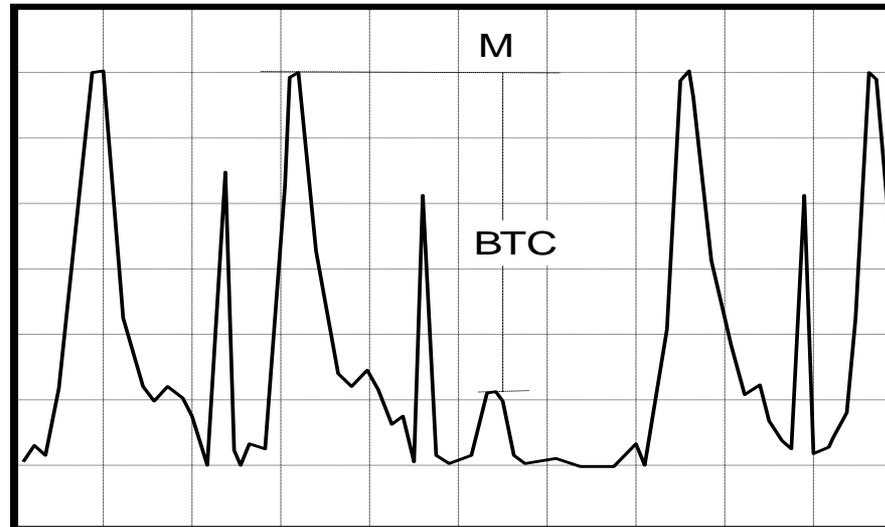
Produtos Significativos:

A + B - C ; com $A < B$ e $A \neq B \neq C$

Quantidade aproximada de batimentos compostos:

$$BTC = \frac{N^2}{4} + \frac{(N - M)(M - 1)}{2}$$

onde **BTC** = número de batimentos no canal **M**, e
N = número total de canais no sistema.



Método de Medida: Analisador de Espectro, resolução de 30 kHz, com a portadora do canal M desligada.

BTC medido com portadoras moduladas com sinais de vídeo normais dá resultado 12 dB melhor que com portadoras CW (não moduladas).

Objetivo: BTC menor que -53dBc p/ PIR ou Standard, ou -47dBc p/ PHR

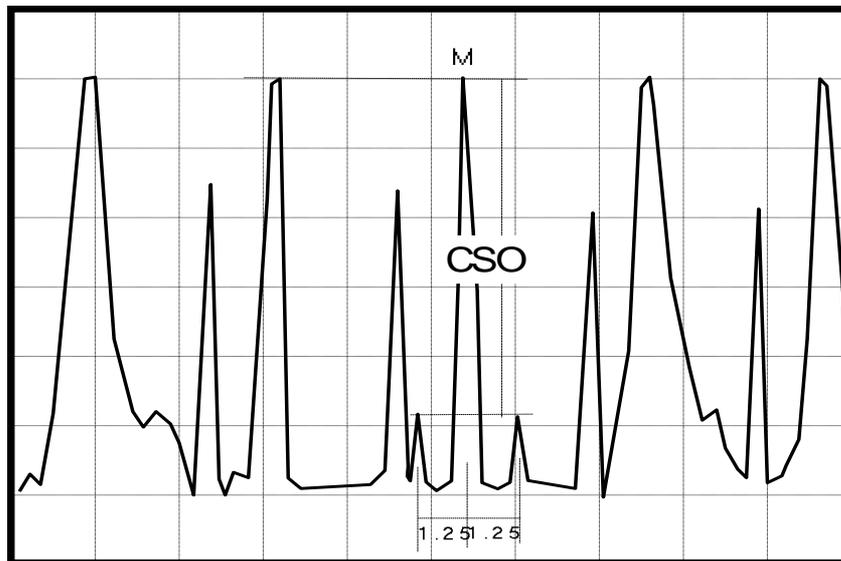
Produtos gerados por distorções de 2a. ordem, resultando em espúrios com frequências distanciadas de ± 1.2625 MHz das frequências nominais das portadoras de vídeo.

Produtos: **A B e 2 A**

Concentram-se nos canais baixos (4 e 5) e altos.

Atenuados em amplificadores "push-pull"; mais significativos em moduladores unilaterais (laser p/ FO, microondas etc.)

No sistema "Standard" podem ocorrer CSO com frequências de ± 750 kHz; já no sistema PHR os CSO confundem-se com os BTC.



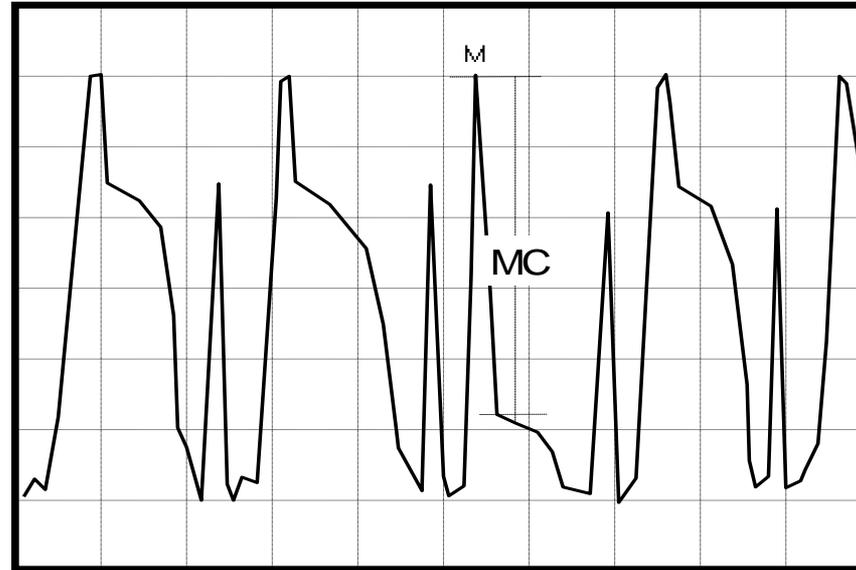
Método de Medida: Analisador de Espectro, resolução de 30 kHz, com a portadora do canal M sem modulação (CW).

CSO medido com portadoras moduladas com sinais de vídeo normais dá resultado 6 dB melhor que com portadoras CW (não moduladas).

Objetivo: CSO menor que -53dBc (PIR e Standard) ou -47 dBc (PHR)

Espúrio gerado por distorções de terceira ordem; manifesta-se como o aparecimento de modulação em uma portadora de vídeo originalmente não modulada.

Mais acentuada nos canais centrais (semelhante ao BTC).

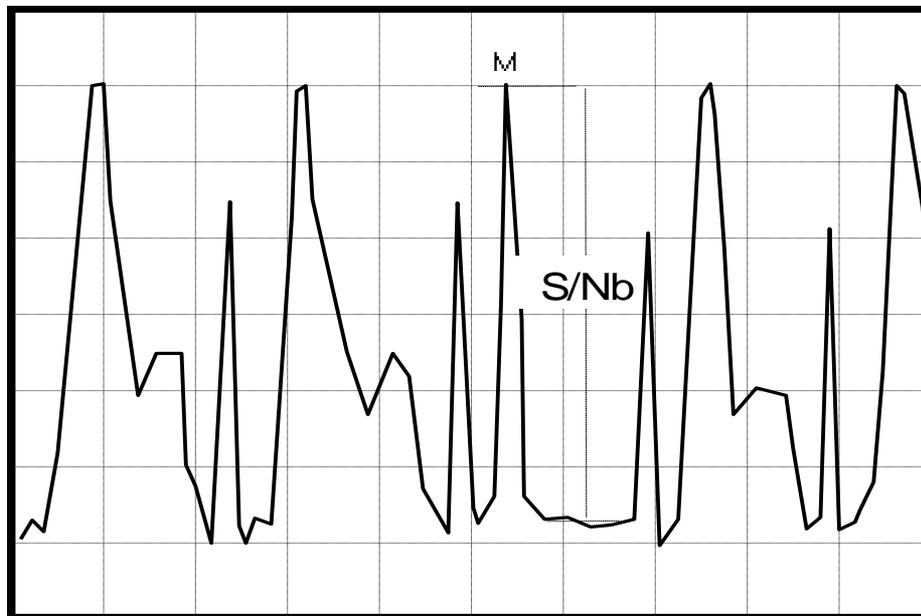


Método de Medida: Analisador de Espectro, resolução de 30 kHz, com a portadora do canal M sem modulação (CW) e com todas as outras portadoras moduladas com o mesmo sinal de vídeo.

Objetivo: MC menor que -53dBc

Relação entre a potência de pico da portadora visual (no topo do sincronismo) e a potência de ruído medida dentro de uma banda de 4 MHz.

É numericamente igual à relação Sinal/Ruído ponderada, medida sobre o sinal de vídeo demodulado usando filtro CCIR.



Método de Medida: Analisador de Espectro, resolução de 30 e 300 kHz, com a portadora do canal M sem modulação (CW). Usando detetor de pico e banda de 300 kHz, medir a amplitude de pico da portadora. Usando detetor por média ("average") e banda de 30 kHz, medir a densidade espectral de ruído média dentro do canal (S/N_b), até 4 MHz acima da portadora de vídeo. Aplicar os seguintes fatores de correção:

- Correção da banda de 30 kHz para 4 MHz: -21.25 dB;
- Correção pela resposta do detetor logarítmico: -2.5 dB;
- Correção da banda equivalente de ruído do analisador: consultar especificação do equipamento;
- Correção do ruído de entrada do analisador de espectro: desconectar o sinal de entrada e verificar a contribuição do ruído de fundo;

Objetivo: S/R maior que 45dBc; ruído imperceptível para S/R > 53 dBc

- **Ingresso de Sinal do Ar** : emissoras de TV, rádio FM (permanentes); rádios de comunicação móvel, sistemas de Pager, rádio-amadores (intermitentes)
- **Causa Principal**: conectores defeituosos ou oxidados; cabos danificados
- **Solução**: sincronizar canais do cabo com emissoras do ar; monitorar a rede para detectar vazamentos; excluir canais mais problemáticos do mapa de canais

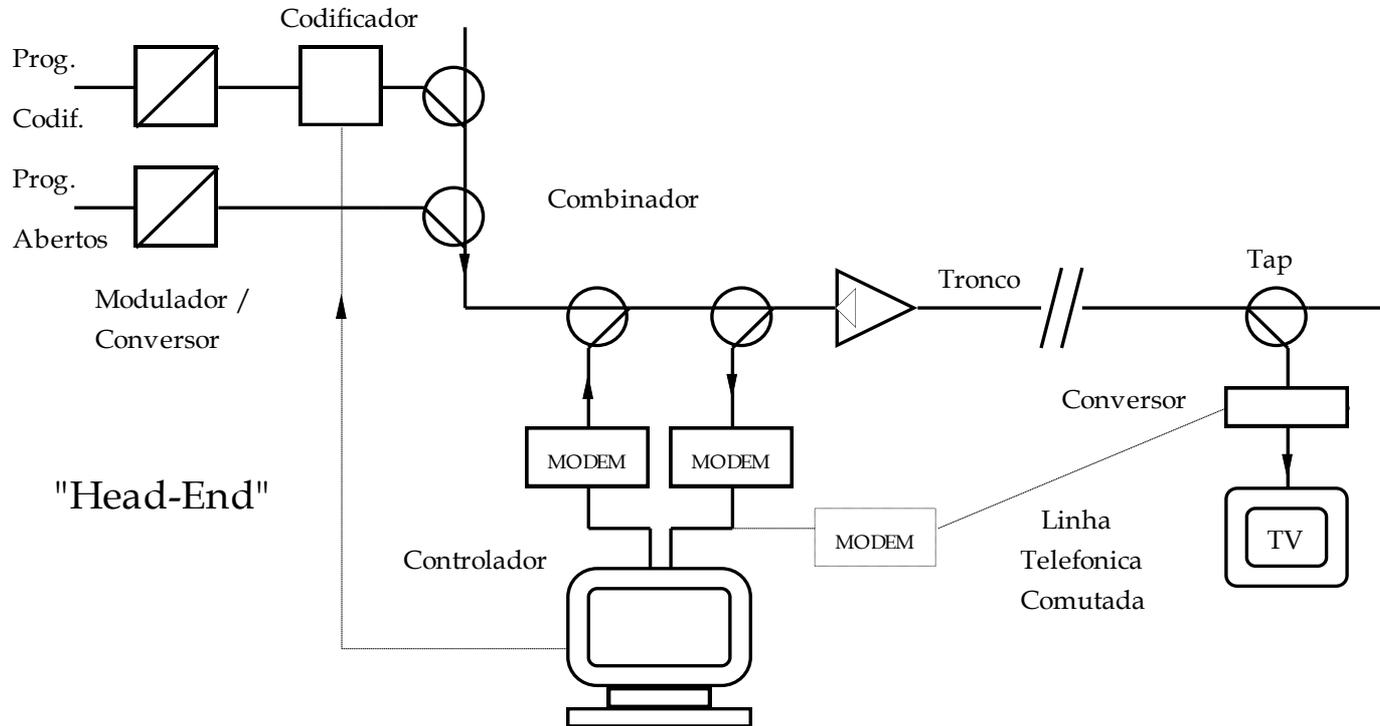
- **Ingresso de Sinal por Captação Direta:** sinais provenientes dos próprios equipamentos ligados à rede (ex.: vazamento de oscilador local nos seletores de canais de receptores de TV)
- **Causa Principal:** Defeito de projeto dos equipamentos, inadequados para uso em TV a cabo
- **Solução:** uso de conversor homologado (“*Set Top Box*”); atenuação adicional no Tap do assinante

- **Ingresso no Canal de Retorno:** Interferências de equipamentos elétricos, rádio-amadores, intermodulação no próprio cabo (interferências em 6 MHz e suas harmônicas)
- **Causa Principal:** oxidação nos cabos e conectores; arquitetura da rede concentra no “Head-end” a contribuição de ruído de todos os ramos
- **Solução:** particionamento da rede reversa em setores distintos geograficamente

Plano de Frequência:	Standard, PIR ou PHR
Nível de sinal:	$\geq +3$ dBmV no "Tap" do assinante + 30 m cabo drop; ≥ 0 dBmV no aparelho de TV do assinante; Dispersão de Amplitude < 10 dB
Nível da portadora de áudio:	-13 a -17 dB em relação à portadora de vídeo
Resposta em Frequência:	Dentro de ± 2 dB, na faixa de 0,75 a 5 MHz em relação ao limite inferior do canal de 6 MHz
Tolerância das frequências:	± 5 kHz em relação à frequência nominal das portadoras de áudio e vídeo
Intermodulação por "Hum" (60 Hz):	Menor que 3% pp ou -31 dBc

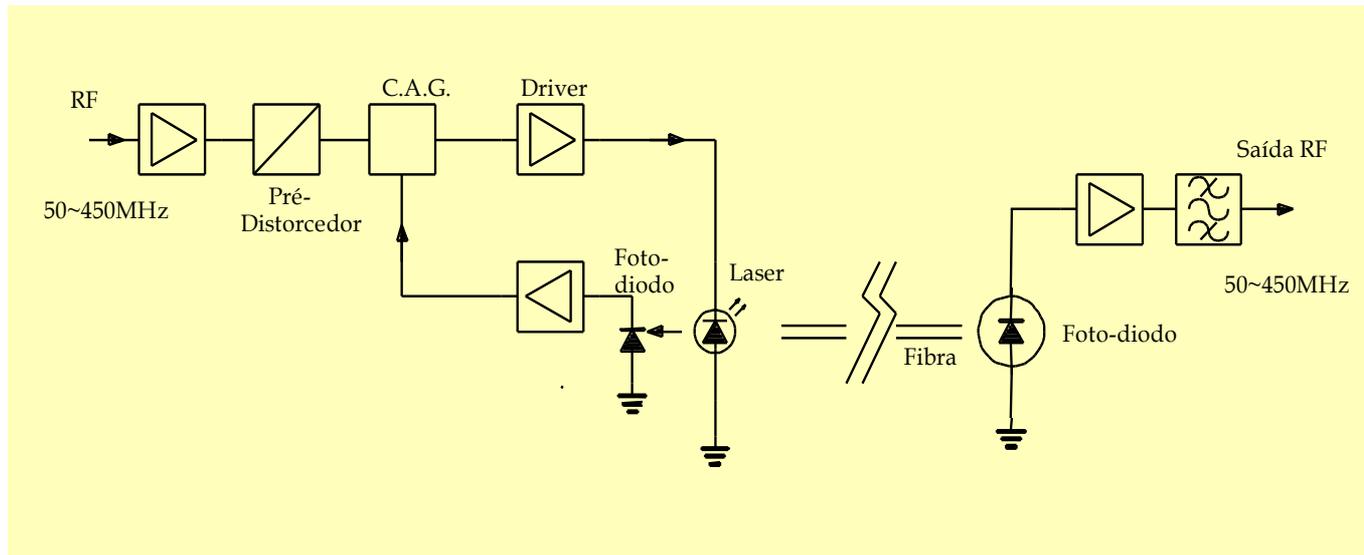
Relação Sinal/Ruído:	Maior que 45dBc
Distorções:	CTB, CSO e MC: ≤ -53 dBc (Standard e IRC) ≤ -47 dBc (HRC)
Vazamento de sinal (irradiação):	de 54 a 216 MHz: ≤ 20 μ V/m a 3 metros; demais frequências: ≤ 15 μ V/m a 30 metros
Retardo de Crominância:	≤ 100 ns em relação à luminância
Ganho Diferencial:	$\leq +/- 5\%$
Fase Diferencial:	$\leq +/- 3^\circ$
Isolação entre Terminais de Assinantes:	≥ 18 dB

Acesso Condicional e Outros Sistemas



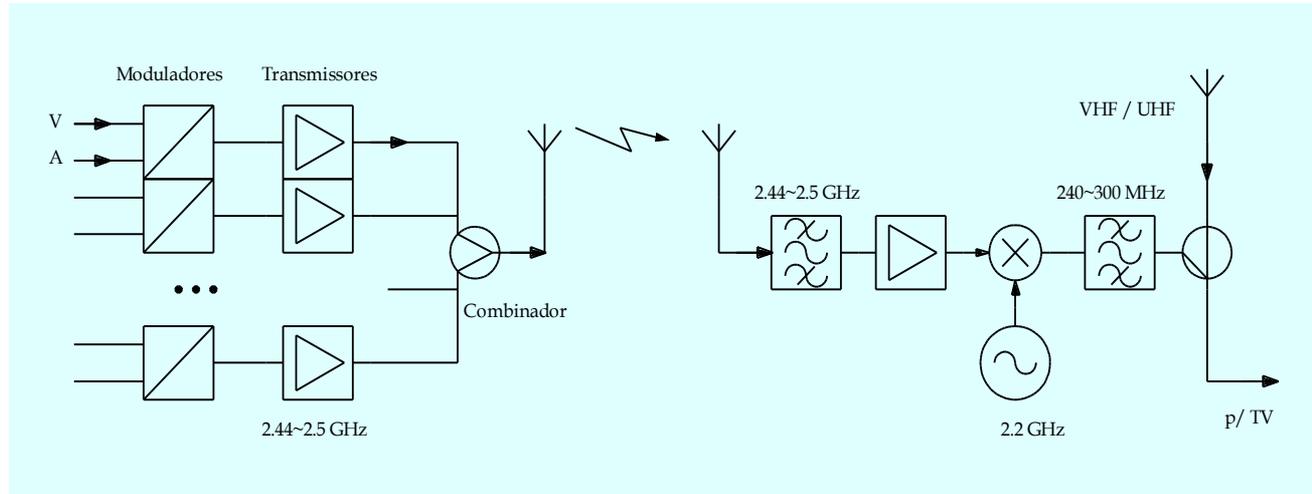
Funções do Controlador :

- Habilitação de Assinantes
- Cadastro de Assinantes
- Habilitação de Serviços
- Controle da Codificação de Canais Protegidos
- Mapeamento de Canais, Data/Hora, etc.
- Gerenciamento de "Pay-per-View"
- Gerenciamento de "TV Shopping"
- Envio de Mensagens "On-Screen" p/ Assinantes
- Sistema de Cobrança
- Tele-Supervisão e Testes da Rede



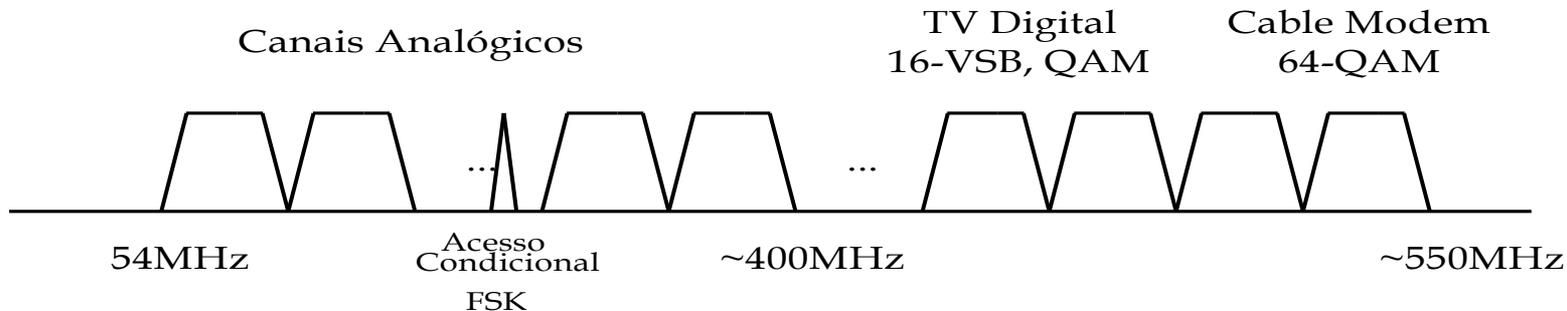
- Adequado para Ponto-a-Ponto (sem derivações)
- Atenuação da Fibra: 0,5 dB/km (monomodo @ 1.56 μm)
2,5 dB/km (multimodo @ 0,85 μm)
- Emendas: 0,05 dB (fusão)
- Perda em Conectores: 0,5 dB

(“Multichannel Multipoint Distribution Service”)

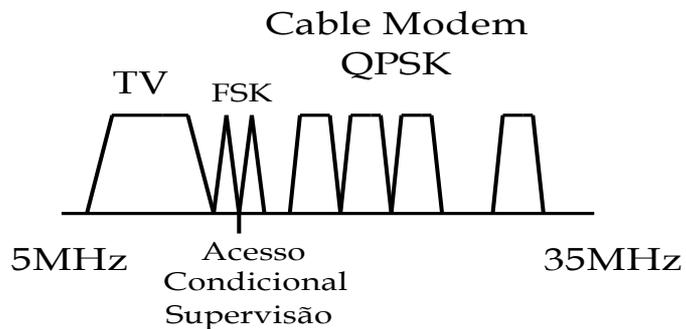


- Necessita Visada Direta
- Baixo Custo de Implantação
- Capacidade Limitada (10~20 Canais)
- Adequado p/ Pequenas Cidades
- Sujeito a Interferências

Canal Direto:



Canal Reverso:



	HDTV Digital ATSC	Modem DOCSIS (Direto)	Modem DOCSIS (Reverso)
Banda Ocupada	6 MHz	6 MHz	0.2 a 3.2 MHz
Modulação	16-VSB	64/256-QAM	QPSK, 16-QAM
Taxa de Bits	38 Mb/s	30 /42 Mb/s	0.64 a 10 Mb/s
Limiar S/R	28.3 dB	~20 dB	~13 dB

Serviços Disponíveis no Cabo Digital:

TV Digital Convencional (Maior capacidade de Canais)

HDTV Digital

"Video-on Demand" para TV Convencional

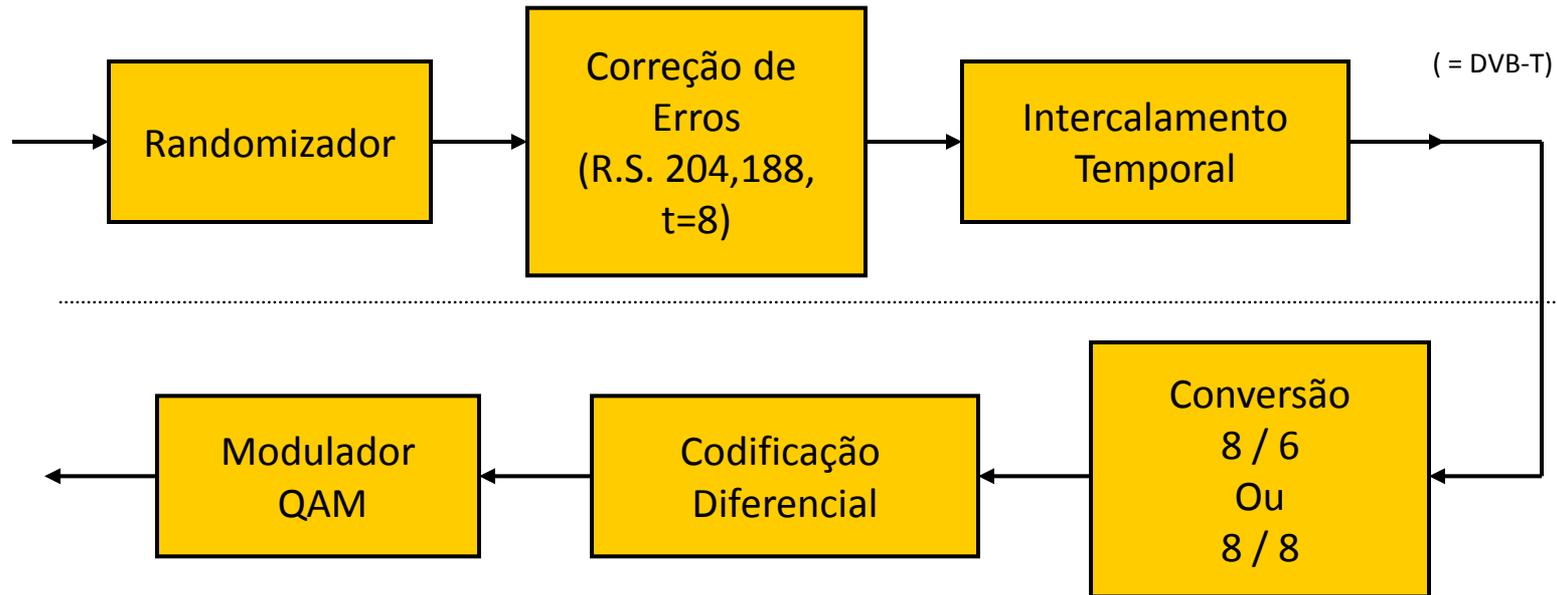
Interatividade ("pay-per-view" e "TV shopping")

Serviços de Telefonia e Dados

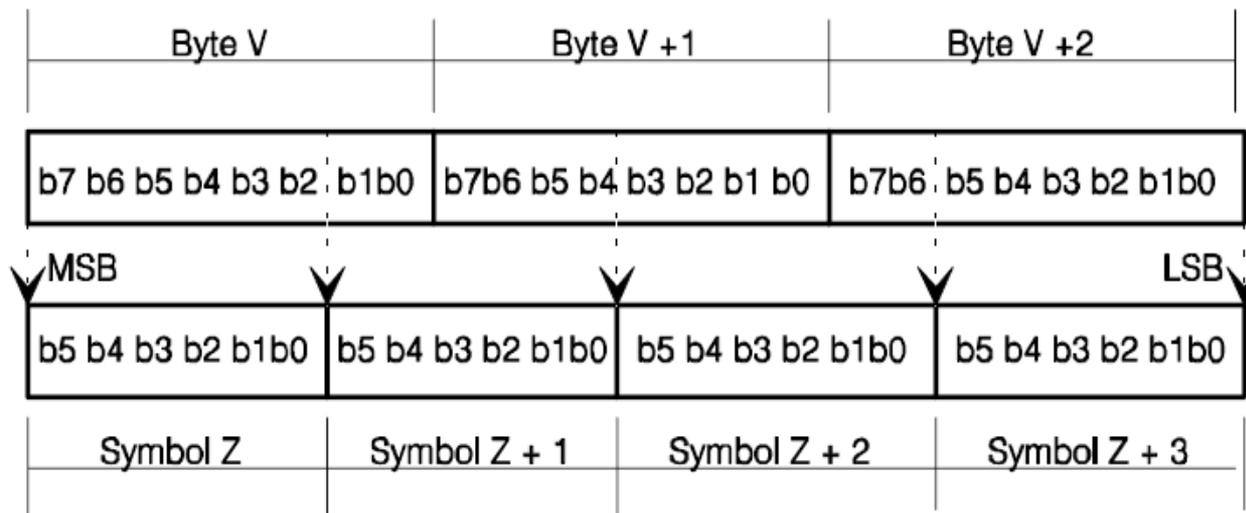
Acesso à Internet com Alta Velocidade

- Destinado à Transmissão de Pacotes MPEG-2 através de redes de TV a Cabo
- Norma EN 300 429 (1994)
- Modulação QAM (16, 32, 64, 128, 256)
- Taxa de bits: 38 Mb/s (64-QAM, canal de 8 MHz)
- Taxa de Símbolos: 6,9 Ms/s (canal de 8 MHz)
 5.16 Ms/s (canal de 6 MHz)

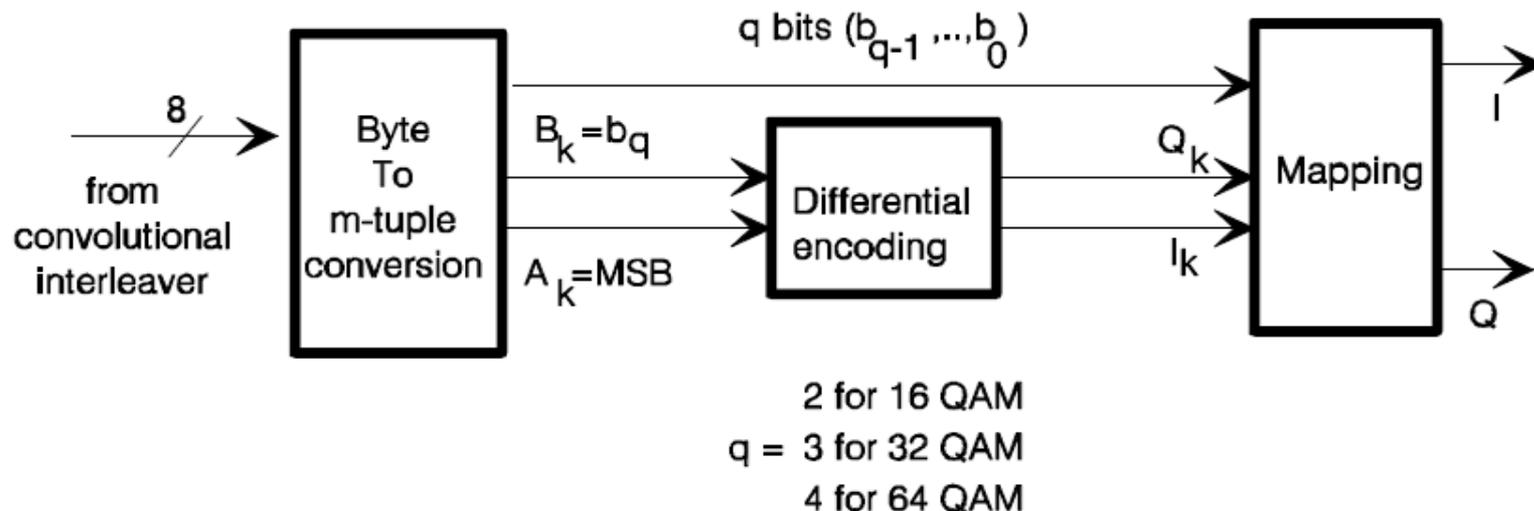
Diagrama de Blocos do Modulador



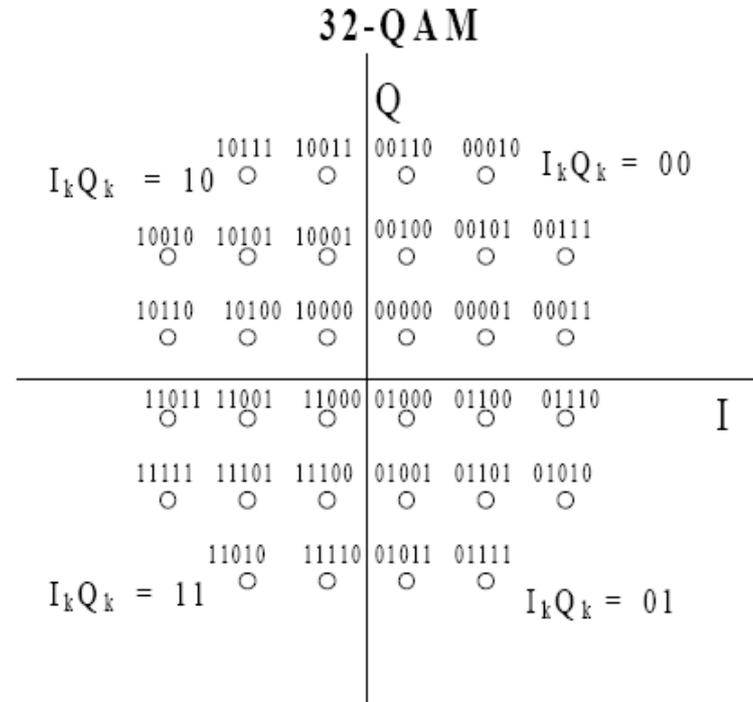
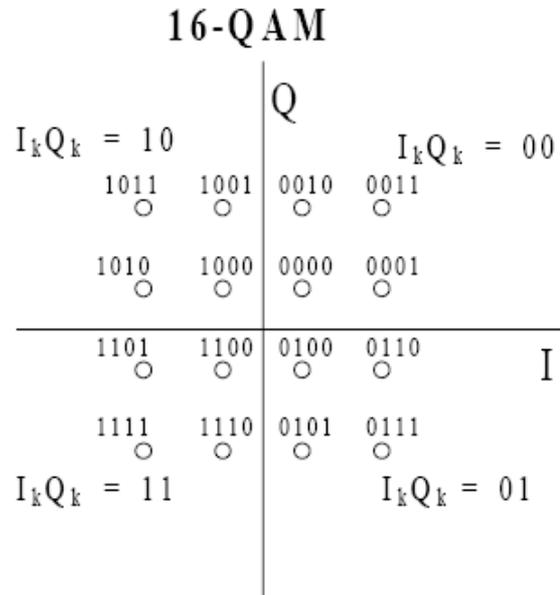
Conversão 8 / 6 bits para modulação 64-QAM



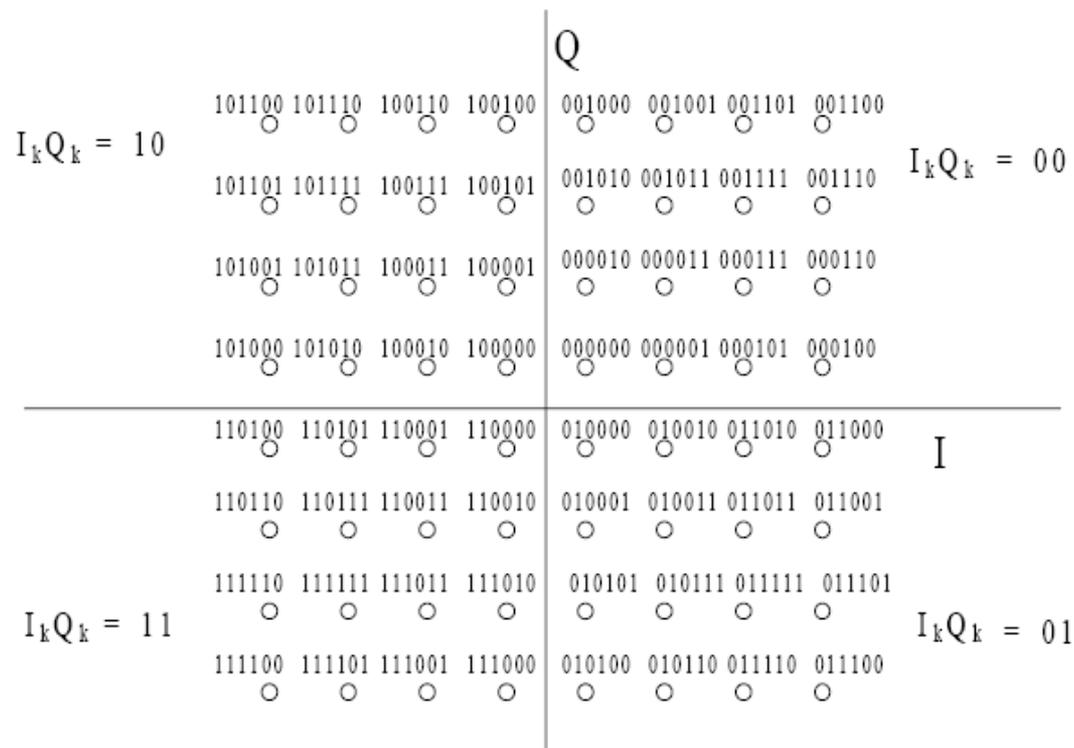
Codificação Diferencial dos 2 bits mais significativos (torna a constelação invariante para rotações de $N \times \pi/4$)



Constelações 16-QAM e 32-QAM



64-QAM



Constelações:	QPSK, 16-, 64-, 256-, 1024- e 4096-QAM
Códigos de Correção de Erros:	BCH + LDPC
Taxas de Códigos:	2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9 e 9/10
IFFT para OFDM:	4096 pontos
Portadoras:	Totais: 3408 PAPR: 36
Pilotos:	32 (contínuas); 35 / 70 móveis
Intervalo de Guarda:	1/64 e 1/128
Espaçamento entre Portadoras:	1674 Hz (Canal = 6 MHz), 2232 Hz (Canal = 8 MHz)

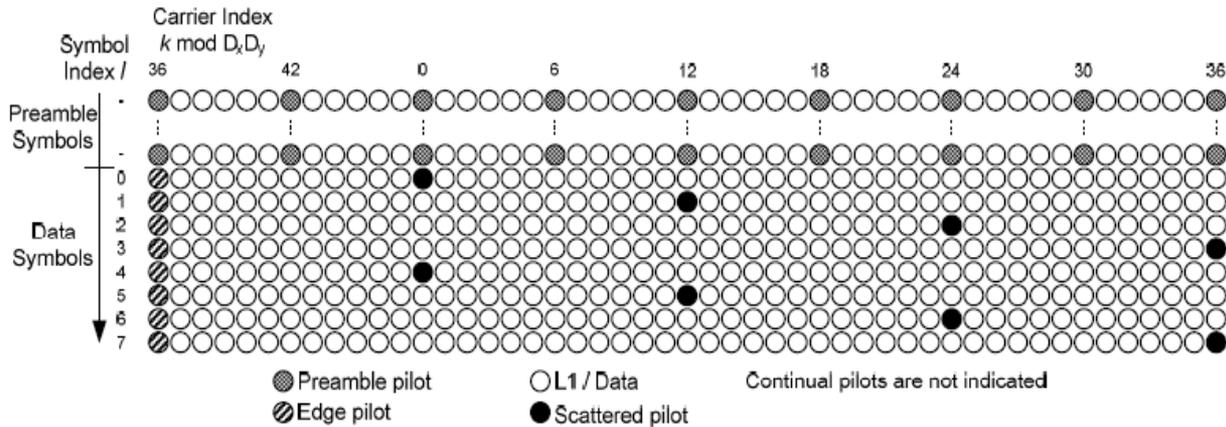


Figure H.4: Scattered pilot pattern for GI 1/64 with the lower edge $k \bmod D_x D_y = 36$

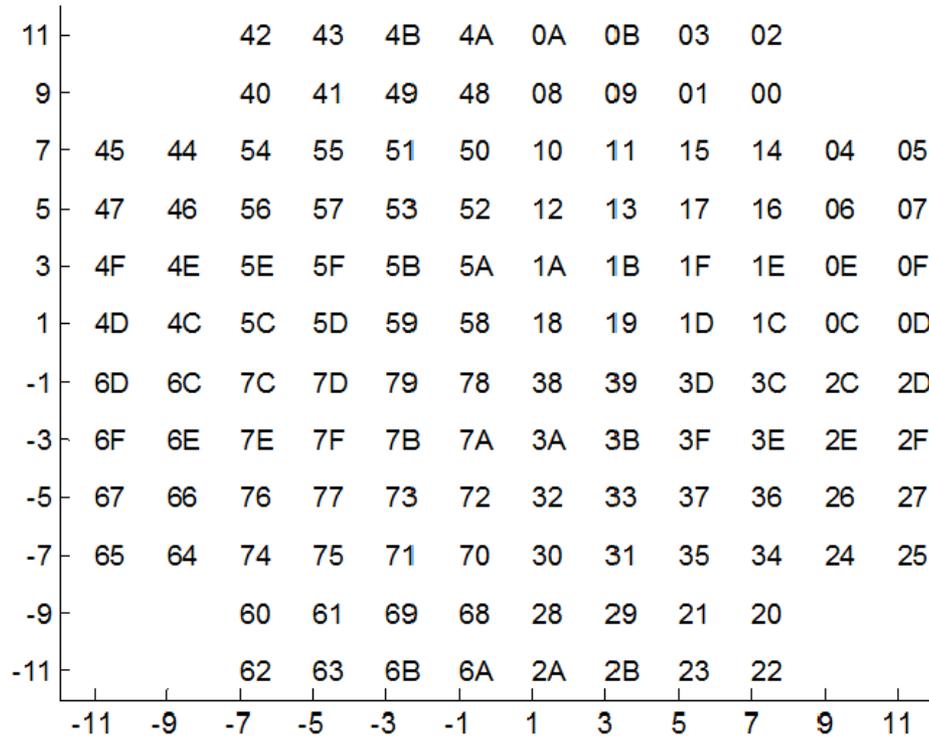
- Padrão Cable Labs / MCSN holdings
- Frequências: 91 a 857 MHz downstream
- Modulação 64-QAM downstream:
 - Taxa de Símbolos: 5.056941 Ms/s
 - Taxa de Bits: 30.342 Mb/s
 - Ocupação espectral: +18%
- Modulação 256-QAM downstream :
 - Taxa de Símbolos: 5.360537 Ms/s
 - Taxa de Bits: 42.884 Mb/s
 - Ocupação espectral: +12%

- Comunicação Upstream:
 - Frequências; 5 a 42 MHz
 - Protocolo: TDMA, mensagens de comprimento fixo ou variável
- Modulação QPSK upstream:
 - Taxas de Símbolos: 160, 320, 640, 1280, 2560 ks/s
 - Taxas de Bits: 320 a 5120 kb/s
 - Ocupação espectral: 200, 400, 800, 1600, 3200 kHz
- Modulação 16-QAM upstream:
 - Taxas de Símbolos: 160, 320, 640, 1280, 2560 ks/s
 - Taxas de Bits: 640 kb/s a 10,24 Mb/s
 - Ocupação espectral: 200, 400, 800, 1600, 3200 kHz

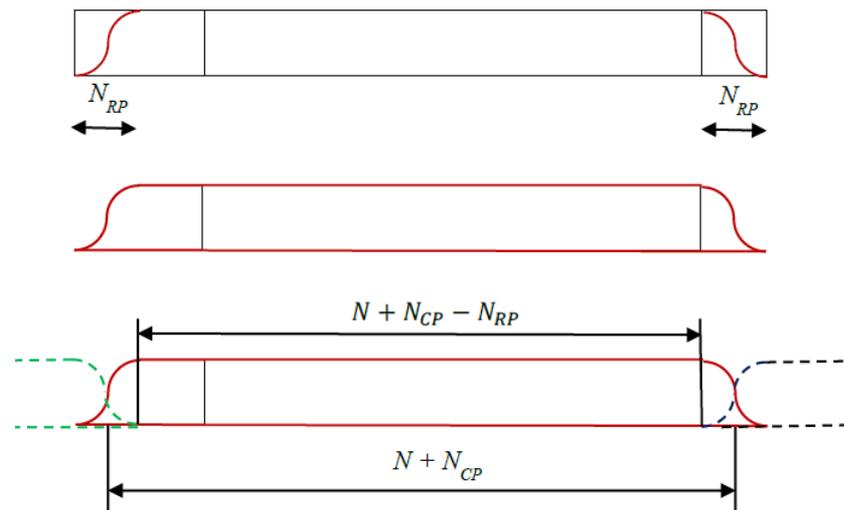
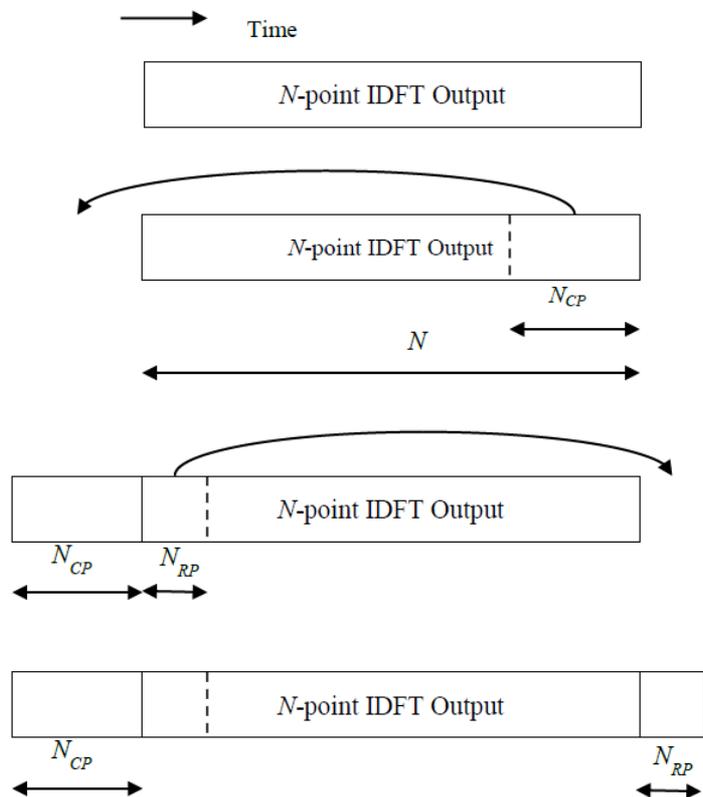
- Comunicação Downstream:
 - Modulação: OFDM, 8k ou 4k
 - Portadoras: 7680 / 3840
 - Espaçamento de portadoras: 25 kHz / 50 kHz
 - Banda: 24 a 192 MHz por canal, até 1794 MHz ou mais
 - Intervalo de Guarda: 0,9375 a 5,0 μ s
 - Modulação das portadoras: 16-QAM até 16384-QAM
 - Ajuste de ganho de cada portadora para pré-ênfase
 - Código convolucional:
 - BCH + LDPC 8:9, blocos de 16200 bits
 - Taxa de Amostragem: 204,8 MHz
 - Capacidade: até ~5 Gbps

- Comunicação Upstream:
 - Modulação: OFDMA (OFDM + TDMA)
 - Portadoras: 3800/ 1900
 - Espaçamento de portadoras: 25 kHz / 50 kHz
 - Banda: 95 MHz por canal
 - Intervalo de guarda: 0,9375 a 6,25 μ s
 - Modulação das portadoras: BPSK até 4096-QAM
 - Código convolucional:
 - LDPC 8:9, 28:33 e 3:4, blocos de 16200, 5940 e 1120 bits
 - Capacidade: até ~1 Gbps

Modulação 128-QAM:



- Intervalo de Guarda e superposição com janelamento:



Set-Top-Box

- TV a Cabo permite utilização plena do espectro de frequências;
- Problema:
 - Televisores convencionais não estão preparados para sintonizar frequências adicionais
 - Não possuem rejeição a espúrios adequada para receber canais adicionais
 - Não possuem seletividade adequada para receber canais adjacentes.

- Solução: Conversor de TV a cabo (*Set-Top-Box*):
 - Seletor com conversão para cima (frequência intermediária maior que a frequência mais alta a ser recebida)
 - Filtro de FI com melhor seletividade
 - Saída de vídeo composto e RF (canal 3 / 4)
 - Controle remoto próprio (exige processador e sintonia por PLL)

- Aumento de capacidade permite introdução de serviços adicionais (TV paga);
- Problema: como bloquear recepção de não-assinantes
- Solução: codificação do sinal de vídeo (inversão de polaridade, portadoras interferentes, etc.) com circuitos especiais no Set-Top-Box para decodificar os sinais

- Assinantes são volúveis e pacotes de serviços também;
- Problema: habilitar e desabilitar remotamente a recepção dos assinantes para os pacotes de programação desejados
- Solução: canal de dados “downstream” (*in-band* ou *out-of-band*) e identidade (número de série) no Set-Top-Box

- Problema: Usuários não desejam assinar pacotes de canais quando estão interessados em alguns raros eventos especiais
- Solução: Eventos especiais são vendidos separadamente, transmitidos em canais reservados, e usuários são habilitados individualmente (PPV - “Pay-per-View”)

- Problema: Usuários decidem na última hora a compra de eventos “Pay-per-View”, causando congestionamento e perda de receita
- Solução: memória não volátil para armazenamento local de créditos; canal de dados “upstream” para ativar cobrança (IPPV - “Impulse Pay-per-View”)

- Problema: Operações de compra de eventos no Set-Top-Box são complicadas;
- Solução: gerador de caracteres permite inserir menus navegáveis na imagem enviada para o televisor (resolução típica: 12 linhas x 24 caracteres para SDTV)

- Problema: Horário das programações é inflexível e o usuário pode perder programas pelos quais paga;
- Solução: Hard Disk interno ao equipamento permite gravar programas para exibição posterior (**PVR – *Personal Video Recorder***)
 - PVR deve prever criptografia para respeitar direitos autorais

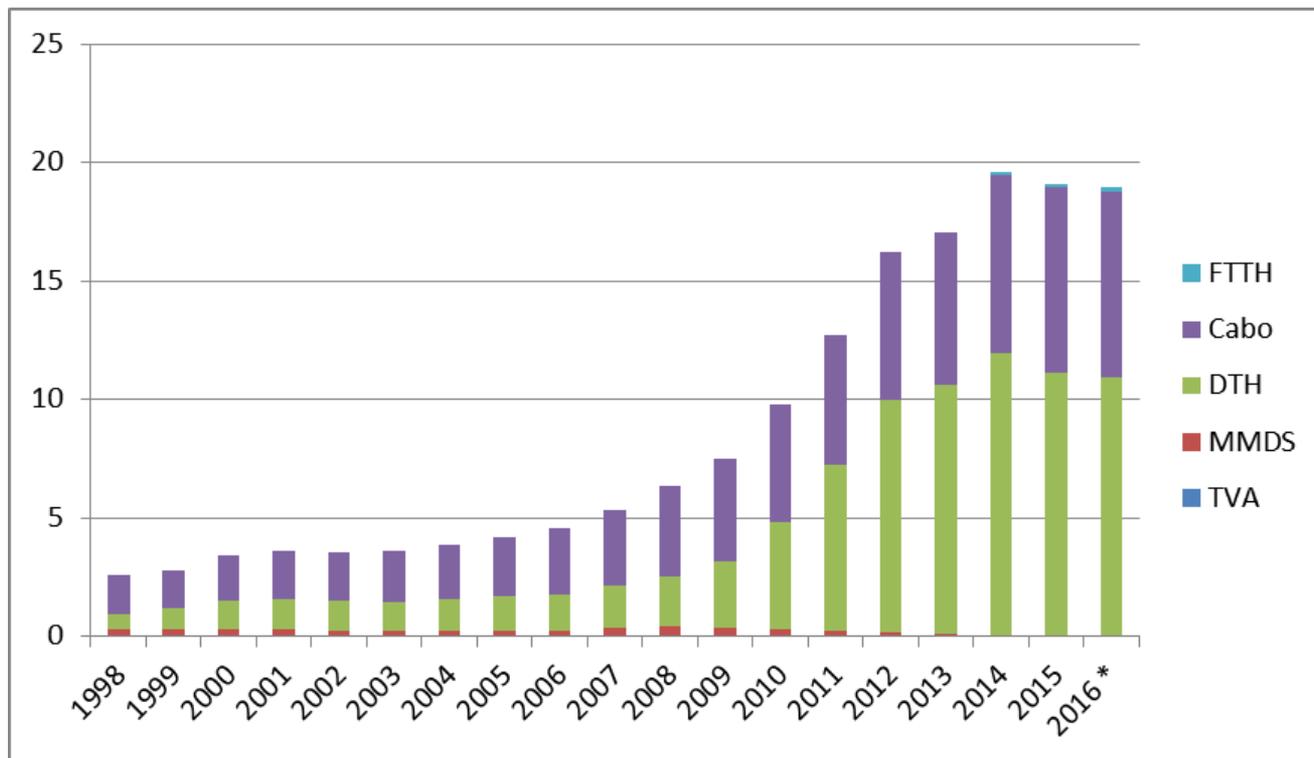
- Set-Top-Box moderno compreende:
 - Seletor especial para TV a Cabo
 - Processador
 - Controle Remoto
 - Identidade
 - Decodificador de vídeo (“descrambler”)
 - Canal de dados “downstream” e “upstream”
 - Memória não volátil
 - Descompressor de Vídeo e Áudio digitais
 - Gerador de caracteres
 - HD...

- Quais são as potencialidades deste equipamento?
 - Mensagens endereçadas (avisos, informações personalizadas, e-mails, etc.)
 - Compra de produtos (TV Shopping)
 - Jogos interativos
 - Acesso à Internet (Web-TV)
 -

TV por Assinatura no Brasil



Acesso à TV no mundo

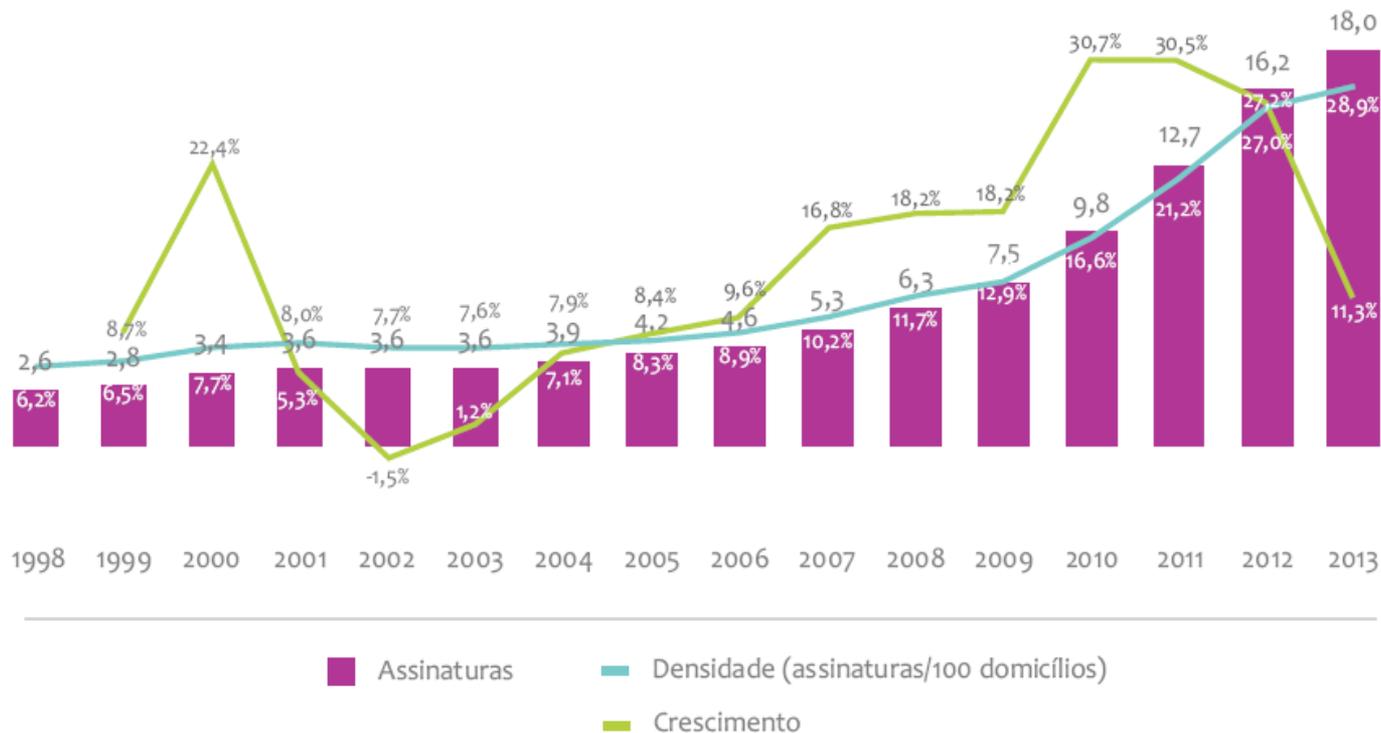


(Milhões de assinantes – Cabo, Satélite, MMDS e TVA)

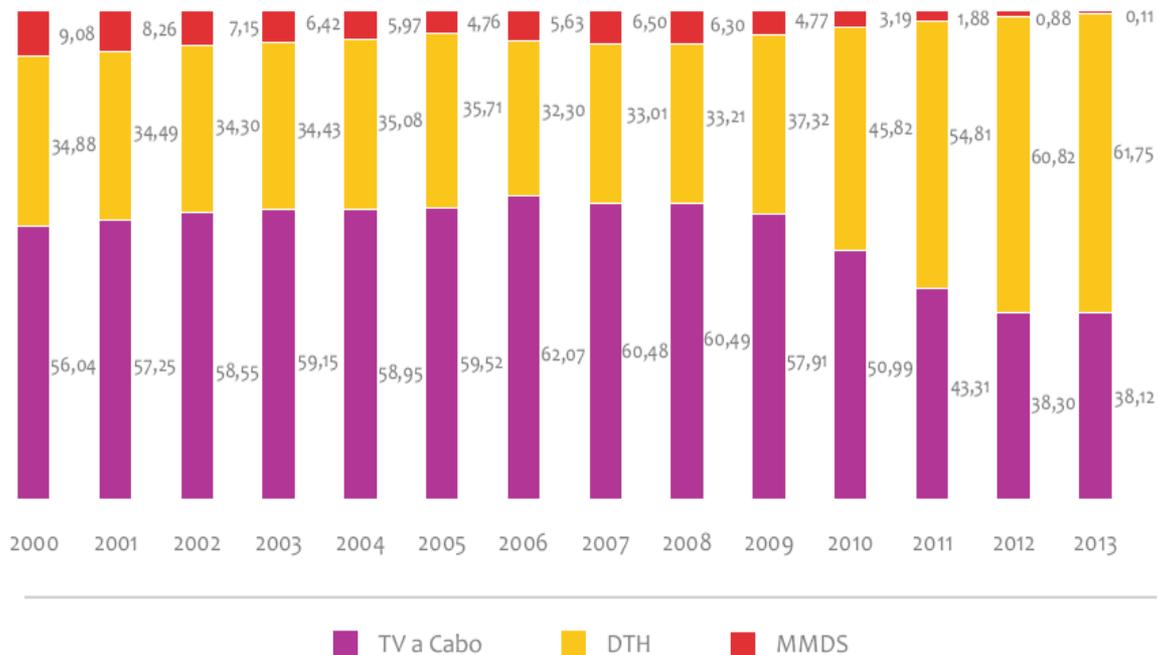
Fonte: Anatel

(* - até 09/16)

EVOLUÇÃO DA TV POR ASSINATURA
(em milhões)



DISTRIBUIÇÃO DA TV PAGA POR TECNOLOGIA
(em%)



Fonte: Anatel

Distribuição de Assinantes por Estado (2016)

