

DAV

Dados Acima da Voz

*Marcello Praça Gomes da Silva**

SINAIS DIGITAIS E SINAIS ANALÓGICOS

Com o crescimento intenso da informática nos últimos vinte anos foi necessário adequar as redes de telecomunicações de longa distância para o transporte de sinais do tipo digital.

Esta rede havia sido implantada para transportar sinais analógicos através de rádios em microondas de alta capacidade (analógicos tipo FDM-FM ou *Frequency Division Multiplexing / Frequency Modulation*).

Tais equipamentos funcionam muito bem para os sinais de voz oriundos de multiplexes telefônicos. Todavia, não podem transportar diretamente os sinais digitais.

Os rádios digitais cumprem muito bem esta função. No entanto, seria um desperdício não se aproveitar a enorme malha de rádios analógicos já em operação comercial ao redor do mundo.

* Engenheiro eletrônico da Embratel (Departamento de Transmissão Terrestre).

INTRODUÇÃO AO DAV

Como solução para a transmissão de sinais digitais, nas redes de microondas analógicas, foram desenvolvidos os chamados sistemas híbridos. Nesses sistemas, uma banda básica de telefonia (FDM) ou televisão (TV) é transmitida juntamente com uma banda básica digital em um mesmo canal de RF (radiofrequência).

Conceitualmente existem três sistemas híbridos distintos, a saber:

— Dados Abaixo da Voz ou DUV (*Data Under Voice*),

— Dados Entre a Voz ou DIV (*Data In Voice*),

— Dados Acima da Voz ou DAV (*Data Above Voice*).

O DUV (*Data Under Voice*) insere uma banda básica digital abaixo da banda básica telefônica FDM-FM. A figura 1 mostra o espectro combinado do sinal híbrido DUV + FDM-FM.

O DIV (*Data In Voice*) insere uma banda básica digital no meio da banda básica telefônica FDM-FM. A figura 2 mostra o espectro combinado do sinal híbrido DIV + FDM-FM.

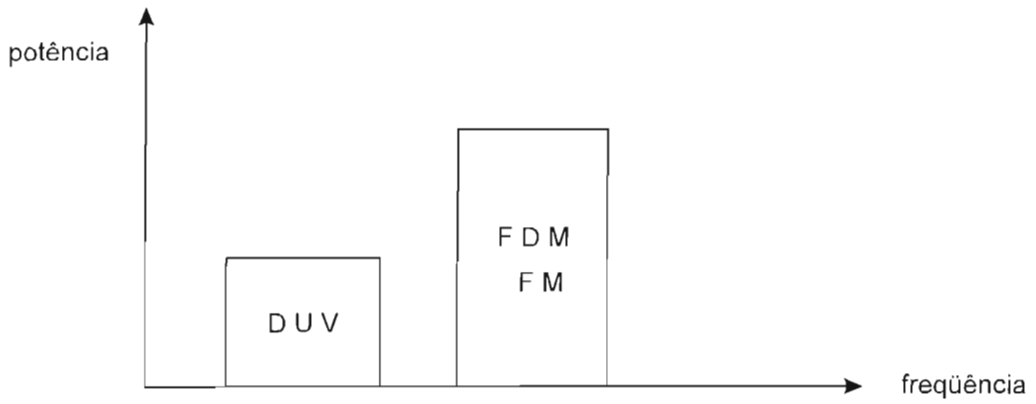


FIGURA 1: Espectro DUV + FDM-FM

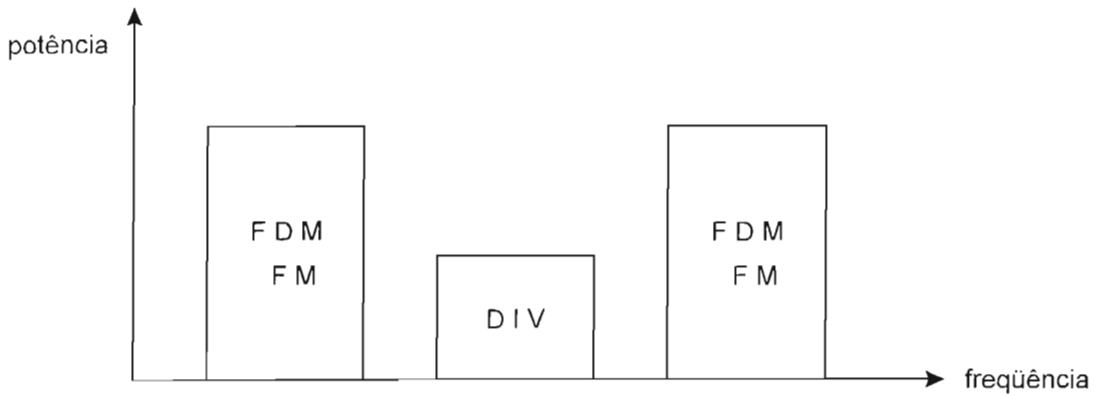


FIGURA 2: Espectro DIV + FDM-FM

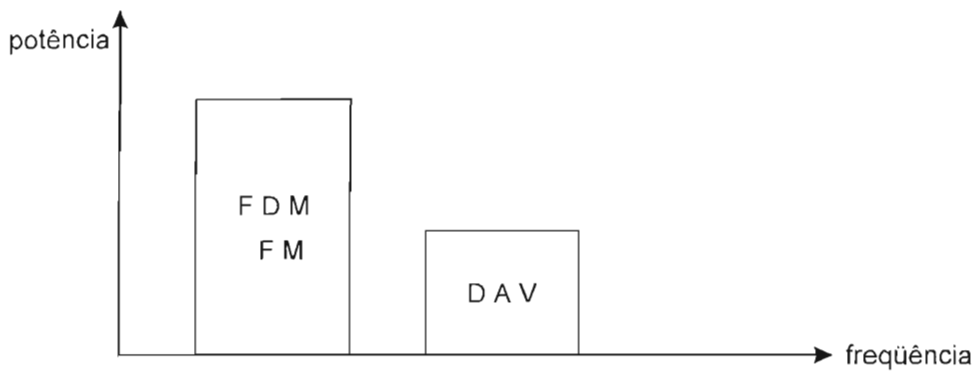


FIGURA 3: Espectro DAV + FDM-FM

O DAV (*Data Above Voice*) insere uma banda básica digital acima da banda básica telefônica FDM-FM. A figura 3 mostra o espectro combinado do sinal híbrido DAV + FDM-FM.

As figuras 1, 2 e 3 não estão em escala (nem a potência no eixo das ordenadas nem a frequência no eixo das abscissas) e mostram em termos gerais a alocação de frequências.

Quando o DAV é instalado sobre uma banda básica telefônica (BB TF) ele é conhecido como DAV TF (TF de telefonia) ou, simplesmente, DAV.

Um quarto sistema, chamado Dados Acima do Vídeo (DAVID — *Data Above Video*), é uma variação do DAV. No DAVID, a banda base telefônica FDM-FM foi substituída por um sinal de televisão AM-VSB (*Amplitude Modulation Vestigial Side Band*).

Conceitualmente falando, o espectro do sinal híbrido DAVID é similar ao espectro do DAV. A figura 4 mostra o DAVID combinado com o sinal de TV tipo AM-VSB.

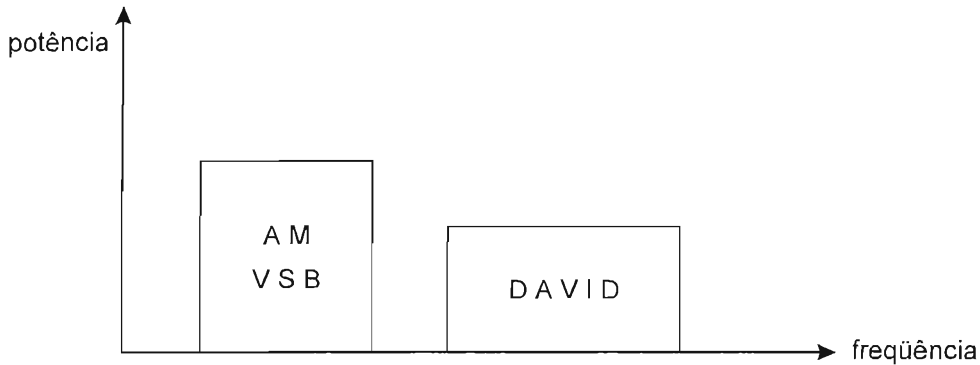


FIGURA 4: Espectro DAVID + TV AM-VSB

Neste artigo, usaremos a terminologia DAV indistintamente para o DAV propriamente dito (ou DAV TF) como para o DAVID (ou DAV TV).

A FILOSOFIA DAV

As figuras 5 e 6 mostram, respectivamente, a posição dos equipamentos DAV na transmissão (DAV TX ou DAV combinador) e na recepção (DAV RX ou DAV separador) em um sistema rádio analógico genérico.

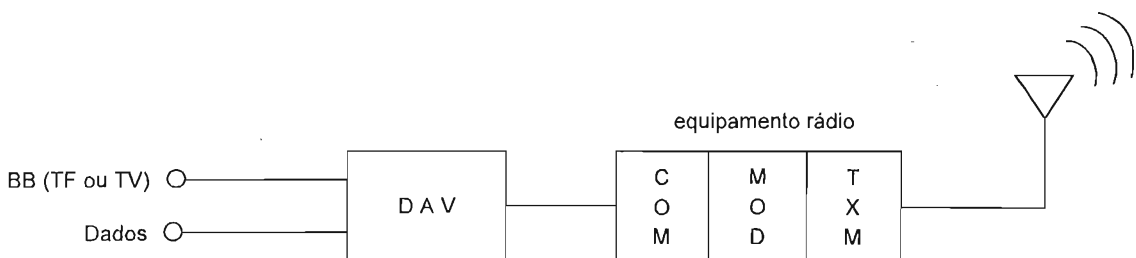


FIGURA 5: DAV na transmissão — DAV combinador

COM: Comutação do Rádio
 MOD: Modulador
 TXM: Transmissor

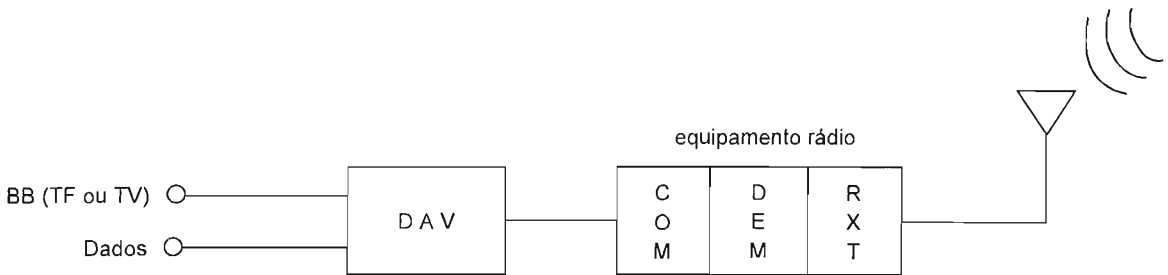


FIGURA 6: DAV na recepção — DAV separador

DEM: Demodulador
RXT: Receptor

No primeiro caso, o DAV realiza a função de combinar um trem de dados com uma banda básica de telefonia ou televisão. No segundo caso, o DAV faz a separação do sinal combinado (sinal híbrido) em suas componentes (telefonia ou televisão, e dados).

O trem de dados é um agregado E1 (hierarquia CEPT) sob a recomendação ITU-T G.703 (Europa, Brasil). ITU-T é a denominação atual do antigo CCITT.

O agregado E1 vale 2048 quilobits por segundo ou 2,048 megabits por segundo (Mbit/s) como é mais conhecido. Alguns autores se referem a este agregado simplesmente como 2 Mbit/s.

O DAV é sempre inserido antes do equipamento de comutação rádio no caso da transmissão (TX) e após o equipamento de comutação rádio no caso da recepção (RX). Isto garante que a comutação do equipamento rádio ocasionará a comutação do sinal híbrido.

Para televisão, o DAVID é posto na transmissão após o combinador de som e vídeo (SVC — *Sound-and-Video Combiner*). Na recepção, o DAVID é posto antes do separador de som e vídeo (SVS — *Sound-and-Video Separator*).

A fim de garantir a continuidade do tráfego da banda básica analógica caso o DAV fique inoperante, existe a possibilidade de se realizar um desvio (*by-pass*) manual (independentemente na transmissão e na recepção). O mesmo é realizado no chamado BDI (Bastidor de Distribuição Intermediária).

Se o DAV deixar de ser alimentado (devido à uma falha no seu sistema de alimentação) irá se perder a banda básica telefônica a menos que exista o *by-pass* manual.

A figura 7 mostra os blocos fundamentais de um DAV.

Na transmissão o sinal de dados na entrada passa por um modulador PSK (*Phase-Shift Keying*) de 4 fases (ou 4-PSK).

Através de um filtro combinador (passa-baixa para o sinal analógico e passa-faixa para o sinal digital) forma-se o sinal híbrido de saída.

Na recepção, o sinal combinado é separado via filtro separador sendo a parte digital recuperada pelo demodulador 4-PSK.

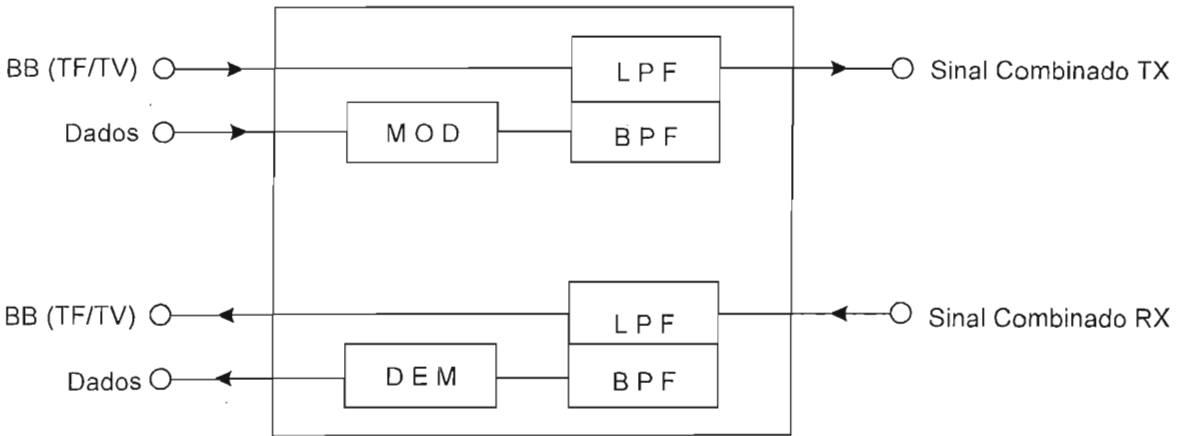


FIGURA 7: Blocos Fundamentais do DAV

LPF: Filtro Passa-Baixa (do inglês Low-Pass Filter)
 BPF: Filtro Passa-Faixa (do inglês Band-Pass Filter)

Ao sinal presente na saída do modulador 4-PSK (MOD 4-PSK TX) e na entrada do demodulador 4-PSK (DEM 4-PSK RX) damos o nome de subportadora de dados (ou SPD).

A tabela 1 mostra informações pertinentes à níveis, banda básica, pilotos e subportadora de dados quando em sistemas rádio analógico de 960, 1.800 e 2.700 canais telefônicos, além de transmissão de televisão. O DAV pode também ser instalado em sistemas rádio analógico de 1.260 canais telefônicos.

	960 canais	1.800 canais	2.700 canais	televisão
Banda Base (kHz)	60 – 4287	300 – 8248	300 – 12435	0,06 – 4000 (vídeo 7500 (áudio))
Piloto de Cont. (kHz)	4715	9023	13627	8500
Frequência da SPD (kHz)	7500	10300	16000	10300
Entrada de BB (dBm)	- 45	- 37	- 37	+ 2,2
Saída de BB (dBm)	- 20	- 28	- 28	+ 2,2
Entrada de SPD (dBm)	- 32	- 27	- 27	- 7,8
Saída de SPD (dBm)	- 7	- 18	- 18	- 7,8

TABELA 1: Sistema Rádio e DAV — Características Básicas

A subportadora de dados interfere no sinal FDM-FM (a banda básica analógica). De maneira similar, o sinal FDM-FM interfere na subportadora de dados. Isto causa uma degradação mútua. Para minorar estas interferências são tomadas algumas precauções no que tange à:

- Uso de embaralhador (*scrambler*) no estágio de transmissão para a redução do pico no espectro da subportadora de dados,
- Escolha adequada de níveis de potência (ENT SPD, SD SPD, ENT BB, SD BB),
- Limitação da faixa ocupada pela subportadora de dados através de um filtro de *roll-off* cosseno levantado (*raised cosine*),
- Curvas de resposta dos filtros combinador TX e separador RX.

A figura 8 ilustra conceitualmente a situação de interferência mútua.

Segundo a terminologia da TELEBRÁS, existem três tipos diferentes de DAVs, que se diferenciam de acordo com o valor da frequência da subportadora de dados (= F SPD).

DAV tipo I: F SPD = 16,0 MHz (2.700 canais)

DAV tipo II: F SPD = 10,3 MHz (1.800 canais e televisão)

DAV tipo III: F SPD = 7,5 MHz (960 canais)

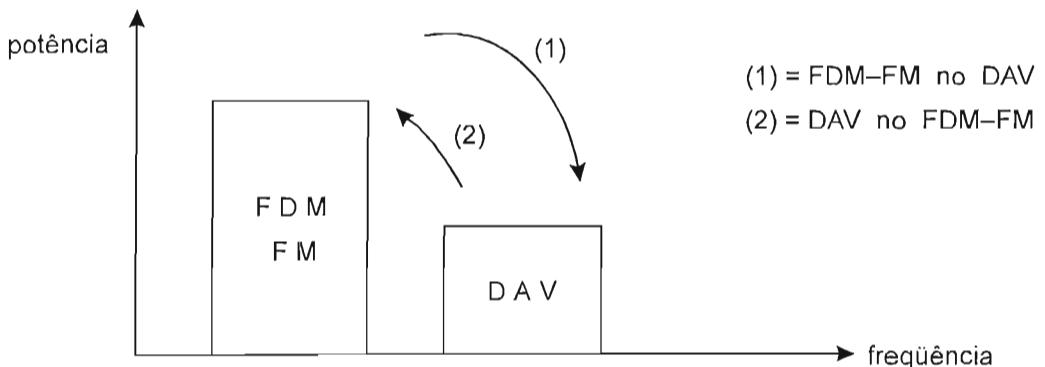


FIGURA 8: Interferências Mútuas FDM-FM (--) DAV

ESPECTRO HÍBRIDO DAV

Na figura 3 mostrou-se um espectro híbrido genérico FDM-FM mais DAV. Na maioria dos casos o DAV é instalado em enlaces de 1.800 canais telefônicos (pois estes constituem a maior parte dos enlaces rádio analógicos). Desta forma, é interessante analisar mais profundamente como é o aspecto deste sinal composto (FDM-FM 1.800 ch + DAV).

Da tabela 1 sabemos que a frequência do piloto de continuidade rádio é de 9.023 kHz para sistemas de 1.800 canais. A banda básica analógica FDM-FM se estende desde 300 até 8.248 kHz. Finalmente, a frequência da subportadora de dados está centrada em 10,3 MHz (F SPD = 10,3 MHz).

Com estas informações podemos esboçar o espectro do sinal composto FDM-FM 1.800 canais mais DAV. A figura 9 mostra esse tal espectro.

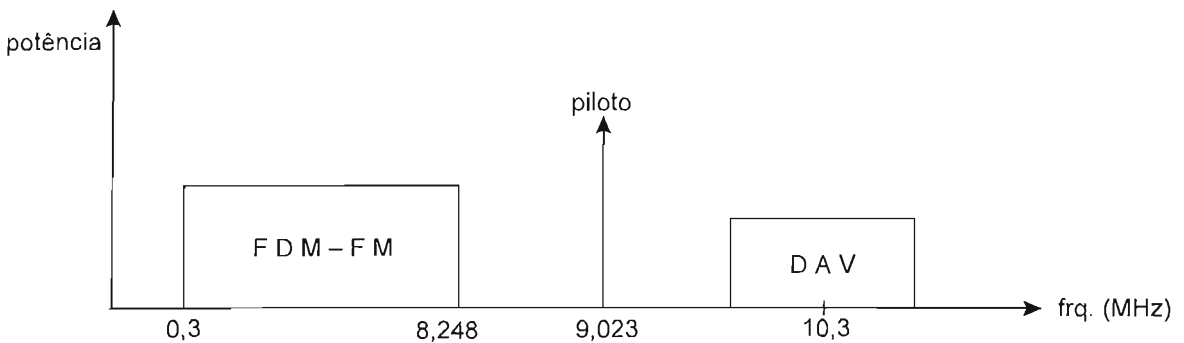


FIGURA 9: Espectro DAV + FDM-FM 1.800 Canais

FUNÇÕES INTERNAS

Internamente, um equipamento DAV realiza uma grande quantidade de funções e seu diagrama em blocos real é consideravelmente mais complexo do que aquele diagrama representado na figura 7.

Os sistemas de transmissão digital englobam uma série de etapas (que são independentes do esquema de modulação usado e da capacidade).

Estas etapas, podemos assim dizer, são um padrão.

As funções realizadas na parte de transmissão são:

- Equalização em Amplitude

Compensa as distorções em amplitude ocasionadas pelos cabos que transportam os sinais digitais.

- Recuperação do *Clock* (ou Relógio)

Extraí ou recupera o *clock* contido no código de linha (já que o *clock* não é transmitido diretamente).

- Conversão de Bipolar (Código de Linhas) para Unipolar NRZ (Código Interno ao Equipamento)

Converte o código de linha bipolar (usado para a transmissão de sinais em cabos) para código unipolar NRZ (*Non-Return to Zero*).

O código NRZ é adequado para uso em circuitos eletrônicos.

- Multiplexação (Formação do Quadro)

Forma o quadro (*frame*) através da inserção dos *bits* de serviço (ou *service bits*). Os bits de paridade e os *bits* de sincronismo são bits de serviço. Somente o equipamento digital que forma quadro é que possui este bloco.

- *Scrambling* (Embaralhamento)

Transforma o feixe randômico (aleatório) em um feixe com taxa de marcas igual a 1/2 (um meio). Isto garante a recuperação do *clock* e faz com que o espectro fique mais homogêneo. A taxa de marcas é igual à razão entre o número de marcas e o número total de *bits* transmitidos em uma certa unidade de tempo. Marca é um dos nomes que se dá aos níveis lógicos ALTOS (HIGH ou "1").

- Conversão de G Feixes em F Feixes (Conversão G -->> F)

Transforma o feixe de entrada em um número de feixes convenientes para a etapa de modulação. Para uma modulação 2-PSK temos 1 feixe, para uma modulação 4-PSK temos 2 feixes, para uma modulação 8-PSK temos 3 feixes, para uma modulação 16-QAM temos 4 feixes e assim em diante. É o que também se chama de "conversão série-paralelo".

- Codificação Diferencial

Procura eliminar a chamada “ambigüidade de fase”.

- Conversão Digital-Analógica (DAC)

Faz a transformação dos *bits* que formam os símbolos em níveis de tensão discretos.

- Formatação do Pulso Através do Filtro de *Nyquist*

Limita o sinal em banda e elimina a interferência inter-simbólica (interferência entre símbolos ou ISI). Isto é feito por meio da passagem dos pulsos em filtros passa-baixa de *Nyquist*. Este bloco está, na verdade, distribuído na transmissão e na recepção (usa-se a raiz quadrada da função em cada um dos lados).

- Modulação

Faz com que os ramos “I” (*In-Phase*) e “Q” (Quadratura) sejam modulados em amplitude e então somados. Isto gera a frequência intermediária (FI) do equipamento. No DAV usamos a modulação PSK de 4 fases (ou 4-PSK).

- Filtragem Combinadora (LPF e BPF) e Ajuste de Nível da BB (Parte Analógica)

Combina os espectros FDM-FM analógico e de dados por meio dos dois filtros (passa-baixa LPF para o FDM-FM e passa-banda para o sinal da subportadora de dados). A unidade filtro combinador também faz o ajuste do nível da banda base (para compensar a perda de inserção do filtro).

Na parte de recepção temos:

- Filtragem Separadora e Ajuste de Nível da BB;
- Demodulação;
- Recuperação da Portadora / Relógio;
- Formatação do Pulso de Recepção (Filtro de *Nyquist*);
- Conversão Analógica-Digital (ADC);
- Decodificação Diferencial dos Feixes;
- Conversão de F Feixes em G Feixes (Conversão $F \rightarrow G$);
- *Descrambling* (Desembaralhamento);
- Alinhamento do Quadro / Demultiplexação;
- Conversão Unipolar (Código de Equipamento) para Bipolar (Código de Linha).

O DAV também possui unidade para alarmes (TX e RX) e avaliação da taxa de erro de bits (TEB ou BER — *Bit Error Ratio*). A TEB é avaliada pelo *bit* de paridade (*parity bit*).

TESTES E INSTRUMENTAL NECESSÁRIO

A aceitação de um equipamento DAV em uma rota já instalada no campo pressupõe uma série de testes, a saber:

[A] Alarmes

— de manutenção

* ohmímetro

— de perda de sincronismo

* gerador de dados 2.048 kbit/s (formato HDB3)

* ohmímetro

— de falta de SPD no combinador

* ohmímetro

— de falta de SPD no separador

- * ohmímetro
- de falta de dados na entrada do combinador
- * gerador e medidor de dados 2.048 kbit/s (formato HDB3)
- * ohmímetro
- de falta de dados na saída do separador
- * gerador e medidor de dados 2.048 kbits/s (formato HDB3)
- * ohmímetro
- de taxa de erro de *bits* (TEB ou BER)
- * gerador de dados 2.048 kbit/s (formato HDB3)
- * ohmímetro
- * atenuador variável de radiofrequência
- * terminação ou carga
- * medidor de taxa de erro de *bits* (BER meter)
- [B] Forma de Onda na Interface 2.048 kbit/s (segundo máscara ITU-T)
- * gerador de dados 2.048 kbit/s (formato HDB3)
- * osciloscópio
- [C] Jitter na Entrada (*Input Jitter*)
- * gerador de nível (level generator)
- * gerador e medidor de *jitter* (*jitter generator / meter*)
- * medidor de taxa de erro de *bits*
- [D] Ganho de Jitter (Função de Transferência de *Jitter*)
- * gerador de nível
- * gerador e medidor de *jitter*
- [E] BER (*Bit Error Ratio*) versus SNR (*Signal-to-Noise Ratio*)
- * gerador de ruído (*noise generator*)
- * gerador de dados 2.048 kbits/s (formato HDB3)
- * terminação
- * atenuador variável de radiofrequência
- * medidor de ruído (*noise meter*)
- * medidor de taxa de erro de *bits*
- [F] Resposta da Amplitude versus Frequência de BB
- * gerador de nível
- * medidor de nível seletivo (SLM – *Selective Level Meter*)
- [G] Carregamento com Ruído Branco (telefonía)
- * gerador / medidor de ruído
- [H] Ruído Seletivo na BB (telefonía)
- * medidor de nível seletivo
- * terminação
- [I] Nível de Saída do Sinal Combinado (BB e dados)
- * gerador de nível
- * medidor de nível banda larga (WLM – *Wideband Level Meter*)
- [J] Precisão da Frequência da SPD
- * Freqüencímetro ou contador de freqüência
- [K] Nível de Saída do Sinal de BB
- * gerador de nível
- * medidor de nível seletivo

[L] Relação Sinal-Ruído Aleatório e Periódico (ambos televisão)

- * gerador de nível
- * medidor de nível banda larga
- * terminação
- * circuito de ponderação para televisão (filtro ponderador)
- * filtro passa-baixa (4 MHz)
- * filtro passa-baixa (1 kHz)
- * filtro passa-alta (10 kHz)
- * osciloscópio

Nem todos os itens de teste anteriores são aplicáveis a todos os DAVs existentes no mercado (existem diferenças de fabricante para fabricante).

INSTALAÇÃO

O equipamento DAV poderá ser instalado em diversos tipos de estações de microondas, a saber:

(a) ESTAÇÃO TERMINAL

— Com Multiplex Telefônico FDM-FM (Mux TF)

A figura 10 mostra uma estação terminal com o mux telefônico (MUX TF) e de dados (MUX DAT). O bloco COM/MOD simboliza a comutação/modulação do equipamento rádio analógico.

— Com CTV (Centro de Televisão)

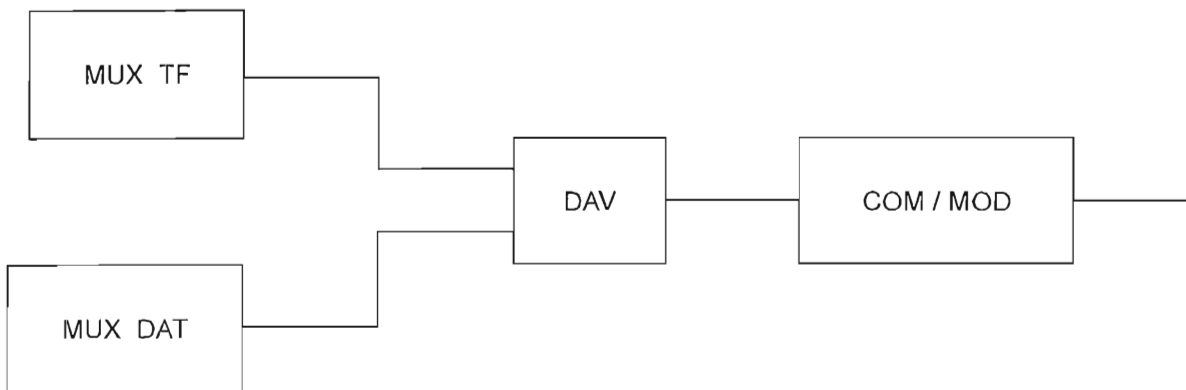


FIGURA 10: Estação Terminal de Telefonia com DAV

MUX TF: Mux Telefônico ou MUX-FDM
MUX DAT: Mux de Dados

A figura 11 mostra uma estação terminal com o mux de dados e o centro de televisão (CTV). Na saída do CTV temos os sinais de som e vídeo. A entrada analógica do DAV é ligada ao bloco C/SSV (Combinador/Separador de Som e Vídeo).

— Com Terminal de Linha (TL)

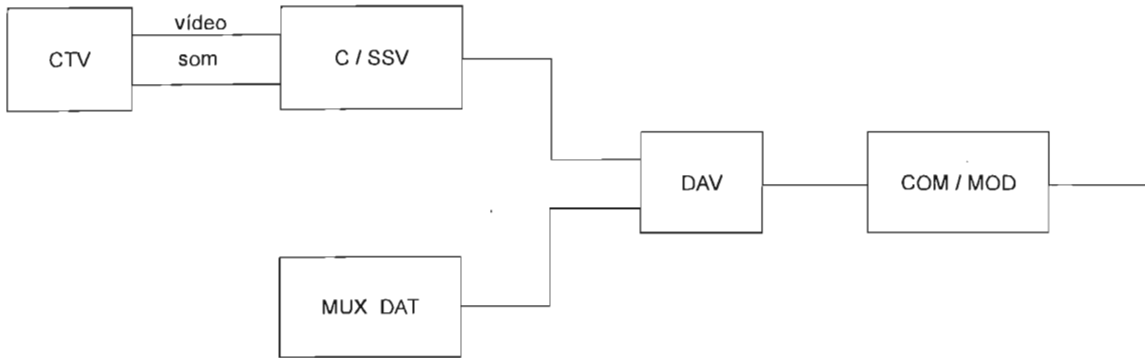


FIGURA 11: Estação Terminal de Televisão com DAV

CTV: Centro de Televisão
C / SSV: Combinador / Separador de Som e Vídeo

A figura 12 mostra uma estação terminal tendo dois tipos de terminal de linha: o de dados (TL DAT) e o analógico (TL puro).

(b) ESTAÇÃO REPETIDORA

— Com Mux e Com Troca de Sistema

Nesse caso temos um mux telefônico e dois sistemas (A e B).

— Com Mux e Sem Troca de Sistema

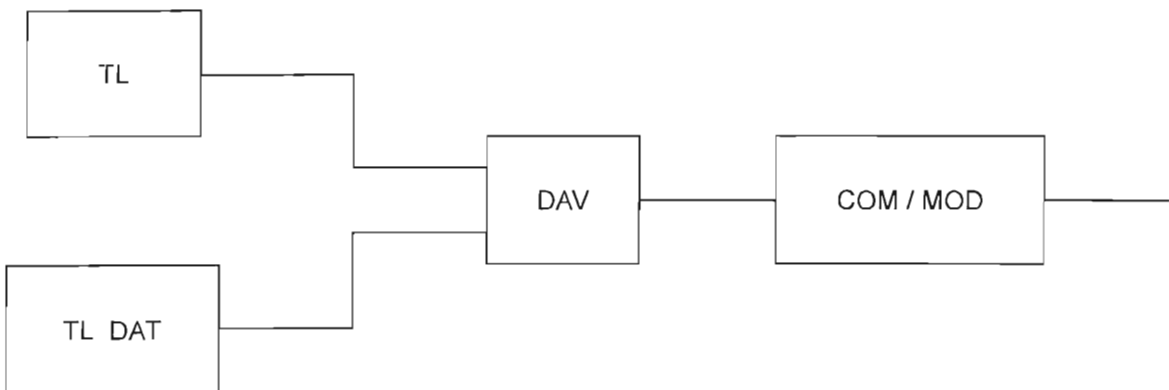


FIGURA 12: Estação Terminal com Terminal de Linha e DAV

TL: Terminal de Linha Analógico
TL DAT: Terminal de Linha de Dados

DAV — DADOS ACIMA DA VOZ

A figura 13 mostra uma estação repetidora com mux telefônico e onde não há troca de sistema. Note que o sinal digital sai de um DAV e entra diretamente no outro (sem passar pelo MUX TF). A letra “A” designa o sistema (que é o mesmo em ambos os lados).

— Sem Mux e Com Troca de Sistema

Nesse caso não existe mux telefônico havendo, porém, dois sistemas (A e B).

— Sem Mux e Sem Troca de Sistema

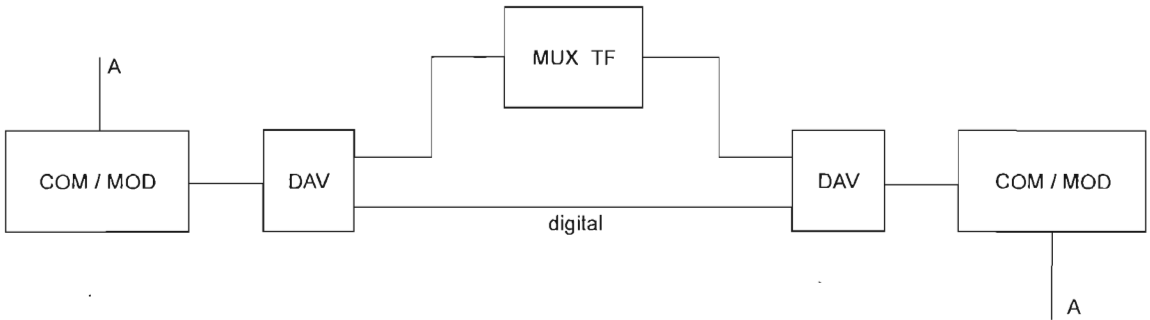


FIGURA 13: MUX TF Sem Troca de Sistema

A figura 14 mostra uma estação repetidora sem mux telefônico e onde não há troca de sistema. Nas portas analógicas dos DAVs temos um atenuador para compatibilizar níveis (simbolizado por ATEN).

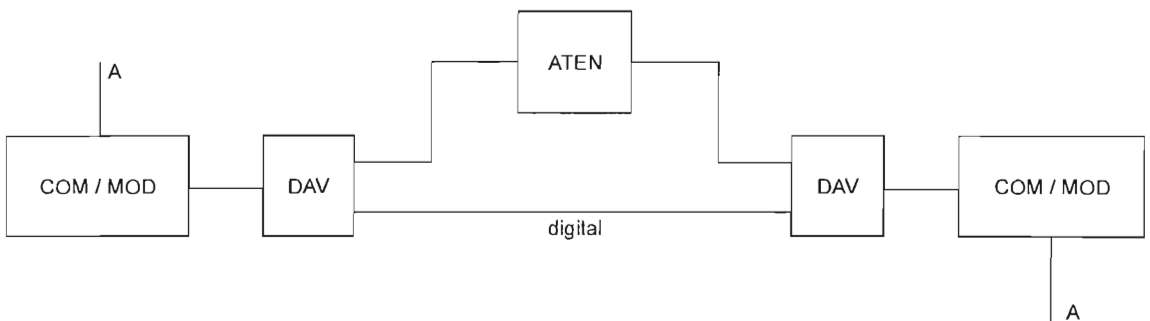


FIGURA 14: Sem MUX TF e Sem Troca de Sistema

ATEN = Atenuador

QUALIDADE EM SISTEMAS DAV

A equação genérica é dada por:

$$\text{CNR} = \text{SNR} - 20 \log \left(\frac{\text{F SPD}}{\text{F MED}} \right) - 10 \log \left(\frac{\text{B DAT}}{\text{B VOZ}} \right) + \text{Enf} + \text{Lev} \quad (1)$$

onde:

CNR = Relação portadora-ruído (*Carrier-to-Noise Ratio*). É também conhecida como C/N, P/R ou RPR (as duas últimas diretamente do português).

SNR = Relação sinal-ruído (*Signal-to-Noise Ratio*). É também conhecida como S/N, S/R ou RSR (as duas últimas diretamente do português).

F SPD = Frequência da subportadora de dados (em MHz).

F MED = Frequência de medida (em MHz).

B DAT = Banda passante do sinal de dados (em kHz).

B VOZ = Banda passante do canal de voz (em kHz).

Enf = Melhoria de ênfase entre F MED e F SPD.

Lev = Nível relativo da subportadora de dados na saída.

log = logaritmo de base dez (decimal, vulgar ou de *Briggs*).

CNR é calculada para uma BER 10 E-6. O seu valor é obtido de uma curva teórica BER *versus* CNR somando-se uma degradação de cunho prático (por causa de imperfeições diversas). O valor obtido depende do esquema de modulação usado e do fabricante do equipamento.

B VOZ é a chamada faixa efetiva de voz (FEV) para um canal multiplex padrão (4 kHz de banda). Para esse canal mux a FEV vale 3.100 hertz (de 300 até 3.400 hertz).

Calculando-se, portanto, a SNR para o DAV em sistema rádio de 1.800 canais telefônicos (1.800 CH), na BER 10 E-6, teremos:

* CNR = 16,5 decibéis

* F SPD = 10,3 MHz (ver a tabela 1)

* F MED = 7,6 MHz

É possível usar outra janela de medição contanto que se faça as devidas correções no termo relativo à banda de medida.

* B DAT

Com os bits de serviço temos:

$$2.048 \text{ kbit/s} \times \frac{63}{62} = 2.081 \text{ kbit/s (aproximadamente)}$$

Desta forma, a taxa de símbolos (SR — *Symbol Rate*) será dada por:

$$\text{SR} = \frac{2,081}{\log_2(4)} = 1,0405 \text{ megabauds}$$

onde $\log_2 ()$ é o logaritmo de base 2 do argumento ().
 B DAT é numericamente igual à taxa de símbolos SR.

$$B \text{ DAT} = SR = 1,0405 \text{ MHz}$$

A fração 63/62 é oriunda da formação do quadro do DAV. Esta fração irá variar de acordo com cada fabricante (cada um deles formará o quadro de uma determinada maneira).

- * B VOZ = 3.100 hertz
- * Enf = 2,4 decibéis (da curva de ênfase)
- * Lev = 10 decibéis

Substituindo os respectivos valores numéricos temos:

$$SNR = 16,5 + 20 \log \left(\frac{10,3}{7,6} \right) + 10 \log \left(\frac{1040,5}{3,1} \right) - 2,4 - 10$$

$$SNR = 32 \text{ decibéis}$$

Este é o valor mínimo aceitável para os sistemas de 1.800 canais com BER de $10 \text{ E-}6$. Na prática adota-se um valor mínimo mais elevado que é dito ser o valor limite (40 decibéis).

A SNR é medida no item de teste denominado “TAXA DE ERRO DE BIT *versus* RELAÇÃO SINAL-RUÍDO”.

A figura 15 mostra uma plotagem BER x SNR com a SNR teórica (32) e a SNR limite (40). Notar a abrangência da zona proibida.

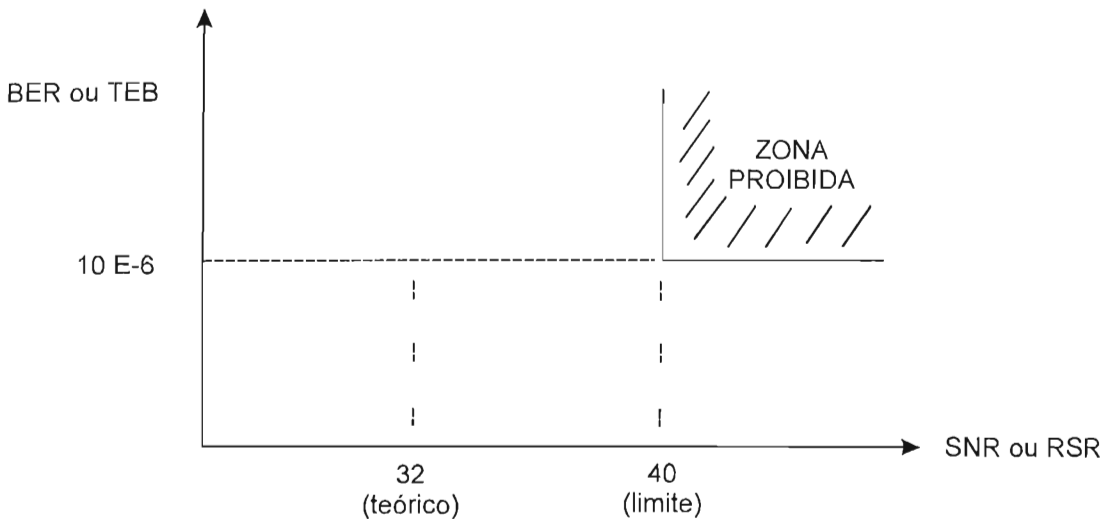


FIGURA 15: BER x SNR

INDICAÇÕES PARA LEITURA

- 1 – Apostila do Sistema de Inserção de Dados DAV 2/7 e DAV 2/10. EQUITEL.
- 2 – Curso Interno de DAV. EMBRATEL. Julho de 1992.
- 3 – Livro Texto para Treinamento do Equipamento/Sistema DAV. Segunda edição. NEC do Brasil S/A, Guarulhos, São Paulo.
- 4 – NETO, Vicente Soares. *Comunicação de Dados*. São Paulo, Editora Érica Ltda., 1993.
- 5 – Sistema de Práticas Telebrás, Procedimentos de Aceitação em Campo de Equipamentos de Dados Acima da Voz/Vídeo.
- 6 – TOMASI, Wayne e ALISOUSKAS, Vicent F. *Telecommunications Voice/Data with Fiber Optic Applications*. Prentice-Hall International Editions, 1988.

Reparando bem a Renave é a maior.



Há muito tempo a Renave conquistou o primeiro lugar como maior estaleiro especializado em reparos navais da América Latina, na área da iniciativa privada. Criando e desenvolvendo novos métodos de trabalho, a Renave visa sempre uma maior racionalização de serviços e elevação dos níveis de produtividade. Por isso vem conseguindo uma expressiva redução dos prazos e dos custos de seus serviços.

RENAVE — EMPRESA BRASILEIRA DE REPAROS NAVAIS S.A.

PRAÇA PIO X, 15 - 10º ANDAR - CENTRO
RIO DE JANEIRO - RJ - TELS.: (021) 263-5311
263-8614 / 263-8061 - FAX.: (021) 263-5092
TELEX: (21) 21993 FBRN BR

ESTALEIRO: ILHA DO VIANA - NITERÓI, RJ

markmen



RENAVE

em reparos navais, o maior é também o melhor.