

PARTE II

**PROCEDIMIENTO
DE MEDIDAS**

1 INTRODUÇÃO

Na primeira parte deste compêndio foi apresentado o aspecto conceitual do sistema de televisão com enfoque maior na TV Digital expondo as informações sobre os conceitos de transmissão e recepção.

Esta “TV Digital – Parte II” foi elaborada com a finalidade de ajudar os profissionais que atuam na área de televisão a realizar medições e avaliações das características dos sistemas de TV Digital de forma objetiva, rápida, eficaz e compatível com as necessidades e condições de contorno envolvendo estas atividades.

Todas as informações contidas neste compêndio estão em conformidade com as principais recomendações, normas, regulamentos nacionais e internacionais pertinentes, bem como são baseadas em experiências de institutos internacionais que desenvolveram os padrões de TV Digital somadas às experiências dos pesquisadores da Universidade Presbiteriana Mackenzie que primeiro desenvolveram os trabalhos de avaliação dos sistemas de TV Digital no Brasil.

Este trabalho foi escrito para preencher uma lacuna que existe em nível de bibliografia nacional e mesmo internacional para orientar de forma objetiva e prática a execução de medidas em sinais complexos como os da TV Digital. Ele foi estruturado para não ser somente um roteiro prático, com características de “receita de bolo”. Ele fornece ao leitor de todos os níveis, incluindo estudantes de Engenharia Eletrônica e Telecomunicação, profissionais iniciantes e mesmo para profissionais com vasta experiência na área de televisão, todo o subsídio técnico necessário para perfeita compreensão dessa nova tecnologia que vem surgindo na área de mídia, bem como o entendimento do processo de avaliação do sistema. O próximo capítulo desta parte comenta sobre as condições gerais e o ambiente de teste de TV Digital.

Os testes de laboratório destinados à avaliação dos sistemas de TV Digital estão agrupados em famílias, caracterizadas pela sua funcionalidade e numeradas nos capítulos 2 a 8. Do Capítulo 9 em diante é descrito o teste de campo.

1.1 Condições gerais e ambiente de teste

Para que os testes tenham validade legal, a sua execução deve preencher alguns requisitos mínimos tais como:

- a) Execução em ambientes controlados em que cada sinal envolvido no processo seja de característica conhecida e perfeitamente controlável.
- b) Os testes devem ter repetitividade isto é, se o mesmo evento for repetido, o resultado deve se repetir.
- c) Os instrumentos de medida devem estar aferidos e controlados.

- d) Os procedimentos de teste devem estar claramente definidos.
- e) Antes de iniciar os testes, todos os instrumentos de medida devem estar ligados por pelo menos trinta minutos, para se assegurar que já atingiram a estabilidade.
- f) Nenhuma medida deve ser descartada ainda que o resultado seja discrepante. Nesse caso, o experimento deve ser repetido e as causas investigadas.

1.1.1 Ambiente de teste

Para uma boa execução de teste convém que os ambientes de transmissão e recepção estejam afastados um do outro, como mostra a Figura 1, para que o sinal que chega ao receptor seja bem controlado, isto é, um eventual sinal de fuga do transmissor não interfira sobre o receptor em teste.

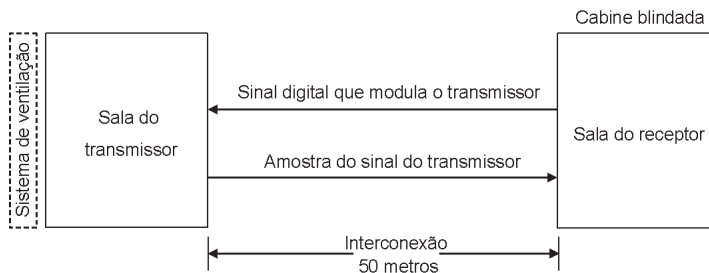


Figura 1 Interconexão entre a sala de transmissão e a de recepção

Por outro lado, o receptor e os instrumentos que compõem o conjunto de mediadores necessitam preferivelmente estar confinados em uma cabine blindada (Gaiola de Faraday) para evitar que sinais de outras emissoras presentes no local, bem como os ruídos de ignição, ruído impulsivo ou qualquer outro sinal presente, interfiram nas medidas, uma vez que os níveis de sinais de recepção em jogo são extremamente baixos.

1.1.2 Sala da transmissão

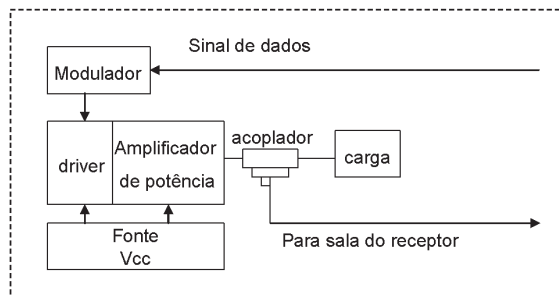


Figura 2 Diagrama em blocos da sala de transmissão

Como o transmissor consome potências elevadas e também gera potências da ordem de KW, há a tendência de aquecimento da sala do transmissor. Em virtude desse fato, uma boa ventilação ou refrigeração é recomendada.

Todos os amplificadores e filtros, inclusive o estágio de potência do transmissor de TV Digital, devem ser bastante lineares em amplitude e fase, pois, caso contrário, podem provocar a degradação do sinal e conseqüente introdução de erros nos dados transmitidos. O sinal do amplificador de potência passa por um acoplador e é dissipado numa carga para que este sinal não vá para o ar. A carga deve ser dimensionada de acordo com a potência máxima do transmissor. Do acoplador é extraída uma amostra do sinal o qual é enviada de volta para a sala de recepção para ser analisada. Para isso é recomendado a utilização de um cabo coaxial de dupla blindagem. A Figura 2 ilustra os componentes da sala de transmissão.

A título de exemplo, sugerem-se os seguintes equipamentos para compor a sala de transmissão (se houver a intenção de fazer testes de convivência co-canal e adjacente com sinal de TV Digital).

Equipamentos: os principais equipamentos ou equivalentes que devem compor a sala do transmissor são:

- a) Geração de sinal de TV analógico PAL-M:
 - a1) Vídeo
 - Programmable Generator TSG1001, Tektronix
 - Digital Variacomb Coder V4238, Vistek
 - Modulador Pulsar, Barco
 - Transmissor de UHF, canal (a ser definido)
 - a2) Som
 - Programmable Generator TSG 95, Tektronix
 - Stereo generator MTS, Leaming Industries
 - BTSC SAP Generator
- b) Geração de sinal digital para HDTV
 - b1) Vídeo
 - Programmable generator TSG1001, Tektronix
 - Encoder MPEG2 e Multiplexer MPEG2
 - Modulador 8VSB, Modulador DVB-T e Modulador ISDB-T
 - Transmissor de HDTV na banda de UHF, equipado com moduladores que possam ser chaveados para 8VSB, DVB-T e ISDB-T
 - Monitor Plasmasync 4200W NEC ou equivalente
 - b2) Som do HDTV
 - Programmable generator TSG95, Tektronix
 - 2 CH AD Converter AD2X Yamaha
 - ZX Resound Audio Encoder (AC3 Dolby), Zapex Encoder MPEG2

1.1.3 Sala de recepção

A Figura 3 mostra a sala de recepção. A principal característica da sala de recepção é ser blindada (Gaiola de Faraday) com o objetivo de abrigar todos os recursos de medição sensíveis a interferências. Isso é necessário porque os sinais envolvidos numa recepção de TV Digital são extremamente baixos (podem chegar a ordem de -90dBm), e qualquer perturbação de campos eletromagnéticos externos pode falsear os resultados da medida.

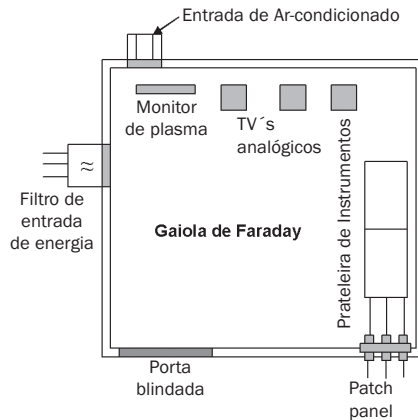


Figura 3 Sala de Recepção

- **Gaiola de Faraday** é um ambiente construído de material bom condutor (cobre) desde o teto, paredes e piso, preferencialmente com parede dupla. Assim a porta deve ter as frestas vedadas com peças de contato com características condutoras tipo “contato elétrico”.
- **Entrada de energia** deve ter filtro de linha para evitar entrada de sinal interferente externo pela linha de alimentação.
- **Entrada de sinal** deve ser por meio de *patch panel* que provê a terminação e passagem de sinais de tráfego pelos cabos coaxiais de interconexão entre a sala de recepção e sala de transmissão. Esse *patch panel* é acoplado à gaiola e permite que os sinais de alta frequência entrem e saiam da gaiola sem prejudicar a isolamento eletromagnética. Ele deve prover a possibilidade de terminar em ambas as faces (face interna e face externa) com conector tipo N para cabo coaxial tipo RG213 e conector tipo BNC para cabo coaxial RG58.
- **Entrada de ar-condicionado** deve isolar a passagem de campo eletromagnético interno e externo por meio de tela de cobre de malha fina.
- **Interconexão de instrumentos.** A lista de instrumentos e as respectivas interconexões para cada tipo de medição serão apresentadas no Capítulo 2 em diante.

1.1.4 Interconexão

A interconexão entre a sala do transmissor e a sala do receptor é realizada por cabos coaxiais tipo RG213 com máximo de 50 metros de comprimento terminados com conectores tipo N em ambos os terminais cuja função é a seguinte:

- **Cabo 1** – Cabo coaxial RG213 com terminação tipo N para transporte de sinal de dados (*Tx data*) constituída por uma seqüência PRBS 2¹⁵-1 (Pseudo Random Binary Sequence). Essa seqüência é gerada pelo circuito gerador de dados de medida de taxa de erro (por exemplo, PB200 da Tektronix) e inserido no cabo coaxial através de um circuito *line drive*. Na extremidade do cabo no lado do transmissor, a seqüência é inserida num conversor série/paralelo, cujos dados paralelizados são convertidos do modo TTL (*Transistor Transistor Logic*) para LVDS (*Low Voltage Differential Signaling*) por uma interface apropriada, antes de serem injetados no modulador (ATSC, DVB-T ou ISDB-T).
- **Cabo 2** – Cabo coaxial RG213 com terminação tipo N para transporte do sinal de *clock* (*Tx clock*) ao qual está sincronizando o *Tx data*. O sinal de *clock* é gerado pelo gerador de dados de medida de taxa de erros (por exemplo, PB200 da Tektronix) e inserido no cabo coaxial através de um circuito *line drive*. Na outra extremidade do cabo coaxial o sinal *Tx clock* é inserido no conversor série/paralelo cuja saída de *clock* paralelizada é convertida no modo TTL para LVDS antes de ser injetado no modulador (ATSC, DVB-T ou ISDB-T).
- **Cabo 3** – Cabo coaxial RG213 com terminação tipo N para transporte do sinal de *Tx synch*. O *Tx synch* é gerado pelo gerador de dados de medida de taxa de erros (por exemplo, PB200 da Tektronix) e tem por função indicar o começo do pacote de transporte pela indicação da posição do byte de sincronismo. Esse sinal é inserido no cabo coaxial através de um circuito *line drive*. Na outra extremidade do cabo coaxial, o sinal de *Tx synch* é inserido no conversor série/paralelo cuja saída de *Tx synch* paralelizado é convertida no modo TTL para LVDS antes de ser injetada no modulador (ATSC, DVB-T ou ISDB-T).
- **Cabo 4** – Cabo coaxial RG213 com terminação tipo N para transporte do sinal de TV Digital proveniente do acoplador localizado na saída do amplificador de potência do transmissor digital. Na outra extremidade do cabo coaxial, o sinal digital é inserido no *patch panel* da Gaiola de Faraday e daí vai para o *set up* de recepção. A banda de frequência de operação deve ser de 54MHz a 800MHz, conforme o canal utilizado no teste.
- **Cabo 5** – Cabo coaxial RG213 com terminação tipo N para transporte do sinal proveniente do acoplador, localizado na saída do amplificador de potência do transmissor analógico PAL-M. Na outra extremidade do cabo coaxial,

o sinal analógico é inserido no *patch panel* da Gaiola de Faraday e daí vai para o *set up* de recepção. A banda de frequência de operação deve ser de 54MHz a 800MHz, conforme o canal utilizado no teste.

Todos os cabos coaxiais deverão ser construídos utilizando-se materiais de melhores procedências e as características de atenuação e perda de retorno medidos em torno da faixa de frequência de utilização.

1.2 Padrões a serem avaliados

Considerando que até o presente momento só existem oficialmente três padrões de modulação para televisão digital terrestre (ATSC, DVB-T e ISDB-T), este compêndio trata com detalhes os testes considerados necessários e suficientes para avaliar o desempenho deles, diante de diversas circunstâncias de propagação e interferências que possam ocorrer nos ambientes em que os sistemas de TV Digital operam.

Assim sendo, os testes referem-se às configurações:

- a) Padrão Americano ATSC, com modulação 8VSB e largura de banda de 6MHz, taxa útil de transmissão 19,38Mbps e FEC 2/3.
- b) Padrão Europeu DVB-T, com modulação COFDM e banda de 6MHz.

Na Tabela 1, são apresentadas as configurações do DVB-T normalmente usadas e portanto passíveis de serem testadas.

TABELA 1

Configurações do DVB-T a serem testadas

Configuração	Taxa de Código	K (*)	Modo	Taxa útil de Bits (Mbps)	Modulação
A	3/4	1/16	8K	19,76	64QAM
B	2/3	1/32	8K	18,1	64QAM
C	3/4	1/8	2K	18,66	64QAM
D	1/2	1/16	8K	8,78	16QAM
E	1/2	1/16	8K	4,39	QPSK

(*) K = razão de intervalo de guarda.

- c) Padrão Japonês ISDB-T com modulação COFDM e largura de banda de 6MHz. Na Tabela 2 são apresentadas as configurações do ISDB-T normalmente usadas e, portanto, passíveis de serem testadas.

TABELA 2

Configurações do ISDB-T a serem testadas

Configuração	Taxa de Código	K (*)	Modo	Time Interliaver	Taxa útil de Bits (Mbps)	Modulação
A	3/4	1/16	8K	430ms	19,33	64QAM
B	2/3	1/32	8K	110ms	17,70	64QAM
C	3/4	1/8	2K	110ms	18,25	64QAM
D	3/4	1/16	4K	110ms	19,33	64QAM
E	3/4	1/32	8K	110ms	19,91	64QAM
F	1/2	1/16	8K	430ms	8,59	16QAM
G	1/2	1/16	8K	430ms	4,30	QPSK

1.2.1 Padrões de imagem, som e seqüências digitais adotados

Os seguintes padrões de imagem poderão ser usados conforme o teste a ser executado:

- Testes que necessitam de imagem de TV Analógica, como por exemplo a interferência do sistema digital no sistema analógico, devem se feitos com padrão de 8 barras coloridas.
- Testes de receptores do sistema digital em que não se têm acesso a dados digitais devem ser feitos com imagem tipo *Zone Plate* (imagem de círculos concêntricos em movimento) como mostra a Figura 4.

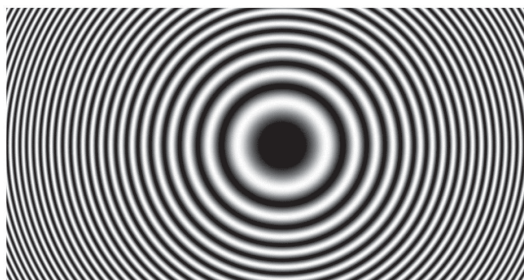


Figura 4 Zone plate usada no critério

O seguinte padrão de geração de som do sistema PAL-M deve ser utilizado:

- Gerador de varredura na frequência de 20Hz a 20KHz ajustado a um nível que provoque na frequência de modulação de 12,5KHz o desvio pico de:
 - Som mono: 25KHz
 - Som estéreo: 50KHz
 - Som estéreo + SAP: 75KHz

Os seguintes padrões de seqüências digitais e de taxa de erro devem ser usados:

- Para a seqüência digital de transmissão, deverá ser utilizada uma seqüência pseudo-aleatória (PRBS) de $(10^{15}-1)$ para os três sistemas de TV Digital.
- Para limiar de taxa de erro, utilizar o valor (3×10^{-6}) na saída de sinal do receptor para todos os três padrões de TV Digital. Esse valor só poderá ser utilizado se o receptor dispuser de acesso aos dados digitais. Caso contrário, deverá ser utilizado o processo do *Zone Plate* e a imagem deverá ser observada até o aparecimento de “artefatos” ou falhas.

1.3 Cuidados necessários com os recursos usados

1.3.1 Aferição de instrumentos em uso

Todos os instrumentos devem estar aferidos e dentro do prazo de validade. Para se ter um valor legal, a aferição dos equipamento de medição deve ser efetuada por um órgão oficial (por exemplo o Inmetro) ou entidades credenciadas. Normalmente, quando o instrumento é aferido, acompanha um documento atestando a aferição com data de validade claramente definida.

1.3.2 Medida de potência do sinal PAL-M

A medida de potência do sinal PAL-M deve ser feita no pico de sincronismo pelo uso de um *Vector Analyser* (por exemplo modelo 89441V da HP) que permite a leitura direta desta potência.

1.3.3 Medida de potência de sinal digital

A medida da potência de sinal digital deve ser feita com um *Vector Analyser* (por exemplo, o modelo 89441V da HP) que mede diretamente a potência média do sinal dentro da largura de banda de 6MHz.

1.3.4 Medida da potência de ruído gaussiano

A medida da potência de ruído gaussiano deve ser feita com um *Vector Analyser* (por exemplo, o modelo 89441V da HP) que mede diretamente a potência média do sinal dentro da banda de 6MHz.

1.3.5 Cuidados com os cabos

Todos os cabos devem ser confeccionados com materiais (cabos e conectores) de boa qualidade e, depois de montados, devem ter as medidas de atenuação e a perda de retorno para assegurar que eles não introduzam erros adicionais.

1.3.6 Estabilização dos instrumentos

Antes do início de cada jornada de medições, todos os instrumentos e equipamentos devem estar ligados por pelo menos 30 minutos para assegurar que atinjam a estabilização.

1.3.7 Medições duvidosas

Nenhuma medição deve ser descartada, por mais discrepante que seja. Em caso de dúvida, a medida deve ser repetida para analisar a causa do problema.

1.3.8 Intocabilidade dos equipamentos em teste

Nenhum equipamento que está sendo avaliado poderá ser modificado, reajustado ou reparado no decurso dos testes sob a pena da perda de validade dos resultados obtidos.

1.3.9 Medida de taxa de erro

Muitos procedimentos têm como referência a medida de taxa de erro para avaliar a qualidade de um sinal de TV Digital. Contudo, muitos receptores de TV Digital, principalmente aqueles vendidos no comércio, não permitem acesso aos dados digitais para medir a taxa de erro inserido nos dados. Nesse caso, o procedimento deve ser alterado, substituindo o medidor da taxa de erro por um gerador de imagem *Zone Plate* (círculos concêntricos móveis) a ser inserido no lado do transmissor e que apareça no vídeo a imagem a ser analisada visualmente. No caso da TV Digital, a taxa de erro de 3×10^{-6} equívale ao aparecimento de pequenos quadrados na tela (artefatos). Nesse caso, é recomendado que a análise seja feita por 3 pessoas treinadas e o valor final deve ser a média dos 3.

1.4 Aferição de instrumentos

Para que uma medição seja confiável e tenha credibilidade, todo instrumento utilizado para essa tarefa deve estar aferido, isto é, ser submetido ao processo de aferição por um órgão oficial (por exemplo o Inmetro) ou entidades credenciadas.

1.4.1 Objetivo

O objetivo deste tópico é fornecer algumas noções sobre controle e critérios de aceitação na calibração, ajuste e manutenção de instrumentos/equipamentos.

1.4.2 Definições/documentos complementares

- VIM – Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia.
- Ajuste (VIM 4.30) – Operação destinada a fazer com que um instrumento de medição tenha desempenho compatível com o seu uso.
- Calibração/Aferição (VIM 6.11) – Conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões.
- Correção (VIM 3.15) – Valor adicionado algebricamente ao resultado não corrigido de uma medição para compensar um erro sistemático.
- Desvio (VIM 3.11) – Valor menos seu valor de referência.
- Erro de medição (VIM 3.10) – Resultado de uma medição menos o valor verdadeiro do mensurando.
- Erro de indicação de um instrumento de medição (VIM 5.20) – Indicação de um instrumento de medição menos um valor verdadeiro da grandeza de entrada.
- Estabilidade (VIM 5.14) – Aptidão de um instrumento de medição em conservar constantes suas características metrológicas ao longo do tempo.
- Incerteza de medição (VIM 3.9) – Parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentalmente atribuídos a um mensurando.
- Rastreabilidade (VIM 6.10) – Propriedade do resultado de uma medição ou do valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, geralmente padrões nacionais ou internacionais, através de uma cadeia contínua de comparações, todas tendo incertezas estabelecidas.
- NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração.
- NBR ISO 10012-1 – Requisitos de garantia da qualidade para equipamento de medição – Sistema de comprovação metrológica para equipamento de medição.

- NBR ISO 10012-2 – Requisitos de garantia da qualidade para equipamento de medição – Diretrizes para o controle de processos de medição.

1.4.3 Procedimento operacional

1.4.3.1 Manutenção

Qualquer instrumento ou equipamento nas condições abaixo deve ser retirado da operação e enviado para manutenção:

- que tenha sofrido algum dano ou mau funcionamento;
- que tenha sido sobrecarregado ou manuseado imprópriamente;
- que apresente algum indício de mau funcionamento;
- que tenha ultrapassado o intervalo de sua faixa de medição;
- cujo funcionamento esteja sujeito a dúvidas.

O instrumento ou equipamento na condição acima não deverá ser utilizado, até que tenha sido realizada a sua devida manutenção.

O instrumento ou equipamento deverá ser enviado ao seu fabricante (assistência técnica), para realização do serviço de manutenção. Na falta do fabricante, enviar para empresas aptas à realização do serviço.

1.4.4 Calibração

A seguir listaremos algumas observações sobre a calibração de instrumentos de medição para TV Digital:

- A calibração deve ser realizada em pelo menos três pontos distribuídos (ex. 10%, 50% e 100% do valor da faixa), em no mínimo uma faixa de cada função a ser calibrada. As faixas restantes, quando existirem, devem ser calibradas em um ou mais pontos situados entre o meio e o final da faixa.
- Instruções declaradas no manual do fabricante podem também ser usadas como guia na escolha dos pontos a serem calibrados, desde que completem os requisitos mínimos do primeiro item. Em geral, é recomendável incluir os pontos de medição sugeridos pelo fabricante do instrumento em seu manual de instruções.
- Os pontos e faixas a serem calibrados devem ser estabelecidos levando-se em conta peculiaridades específicas, tais como as características específicas, as características construtivas do instrumento sob calibração e as necessidades do laboratório (calibração total, parcial, concentrada em certa faixa etc.). Tais particularidades podem implicar exceção aos requisitos previstos no primeiro item.