

Influência da MER vs. Área de Cobertura

Newton Martins Stori¹, José Frederico Rehme²

¹Londrina, Brasil, newton@rpc.com.br, RPC

²Curitiba, Brasil, fred@rpc.com.br, RPC e Universidade Positivo

Abstract - *In this paper are presented theories and technical tests on terrestrial Digital TV transmission, in which the MER (Modulation Error Rate) parameter was altered on the transmitter, and analysis was conducted on the impact that this variation causes on Digital TV reception. MER is one of the main parameters analyzed at the transmitter specification stage, and it strongly affects equipment price and energy efficiency; therefore, the study of the effects that the value of MER measured at the output of the transmission device has on the reception of the TV devices is extremely important. This paper describes laboratory and field tests and results, suggesting which transmission MER value is optimal for good reception in a desired coverage area, even in the presence of noise and degradation (especially channel contributions).*

Resumo - Neste trabalho são apresentados teorias e ensaios técnicos de transmissão terrestre de TV Digital, em que o parâmetro MER (*Modulation Error Rate*) foi alterado no transmissor; a análise foi realizada sobre o impacto que essa variação faz na recepção de TV Digital. MER é um dos principais parâmetros analisados na fase de especificação do transmissor, e afeta fortemente o preço dos equipamentos e a eficiência energética; logo, o estudo dos efeitos que o valor de MER medido na saída do transmissor tem sobre a recepção dos aparelhos de TV é extremamente importante. Este artigo descreve os testes e resultados de laboratório e de campo, sugerindo o valor de MER de transmissão ótima para uma boa recepção em uma área de cobertura desejada, mesmo na presença de ruído e degradação (especialmente por conta das contribuições de canal).

1 – INTRODUÇÃO

O sistema de comunicação de radiodifusão de televisão aberta é formado por transmissão, canal de comunicação e muitos receptores. O sucesso do sistema depende de parâmetros destas três partes. Somente a transmissão está sob controle das estações de televisão. Geralmente as escolhas das especificações técnicas são rigorosas e conservadoras: para garantir bons resultados de todo o sistema, muitas vezes tais especificações são exageradas (e portanto de custo elevado), mesmo sem se conhecer a real eficácia desta estimativa. Quando as consequências e as causas não são muito bem conhecidas ou determinadas, na maioria dos casos são aplicadas as melhores, mais rigorosas, mais caras soluções técnicas vigentes oferecidas pelo mercado e pela tecnologia. No entanto, as outras duas partes podem ter uma

influência muito significativa na degradação do desempenho do sistema, e grandes esforços na transmissão não necessariamente refletem em um melhor desempenho para obter a meta final, que é a recepção correta na casa do telespectador.

A relação entre os parâmetros de transmissão e a facilidade que estes causam na recepção de sinal de tv é o objeto desta pesquisa. Especialmente, é investigada a influência do quesito MER do transmissor, sugerindo-se de forma matemática e numérica a otimização deste parâmetro, para que seja obtida uma relação custo-benefício adequada na definição do equipamento transmissor e os resultados de sua aplicação. Na era da ainda jovem televisão digital, há poucas pesquisas científicas comprovadas para determinar com certeza qual é o melhor equipamento para cada situação, considerando os recursos de otimização e desempenho técnico de um subsistema de transmissão específica. Além do fato de que muitos sites de transmissão digital nas grandes cidades já estão definidos e implantados, agora é tempo no Brasil (e em muitos outros países) de expandir a área de cobertura. As redes de TV precisam criar sites de retransmissão em locais de baixa densidade demográfica, com aumento "per capita" de custos. A otimização do sistema significa "recuperação econômica" da cobertura de sinais digital. A adoção de características menos exigentes e sistemas mais simples, sem afetar significativamente a capacidade de recepção, favorecem as empresas a implantar mais sites com o mesmo investimento, trazendo maior público para o sinal digital.

O foco do trabalho descrito neste artigo é exatamente definir uma MER de transmissão. A ideia é encontrar o valor mais baixo para a MER de transmissão, com custo do equipamento reduzido, que não diminua a confiabilidade do sistema em um ambiente real, onde as características do receptor não são ideais.

Questões teóricas

1. MER

As informações transportadas pela TV digital são codificadas em palavras binárias e modulam as portadoras dos canais de transmissão. O sinal resultante de RF (rádio frequência) do presente processo é amplificado para alimentar a antena do transmissor. Estes tratamentos de sinal não estão livres de ruídos e distorções, e as informações enviadas para

o ar através das portadoras tem algumas diferenças entre conteúdo desejado e transmitido.

No padrão ISDB-Tb, a modulação de vídeo de alta definição (juntamente com sinais de áudio e de dados relacionados) é feita por um processo conhecido como OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*), com QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) em 16-QAM ou 64-QAM. As portadoras na faixa de UHF (*Ultra-High Frequency*) são alteradas em fase e amplitude de acordo com a palavra binária: no caso da modulação 16-QAM, a cada quatro bits há um par de amplitude e fase exclusiva e, para 64-QAM, estas duas características são resultado de uma palavra de seis bits. Assim, o fluxo de bits gera uma constelação, mostrada na Figura 1 [1].

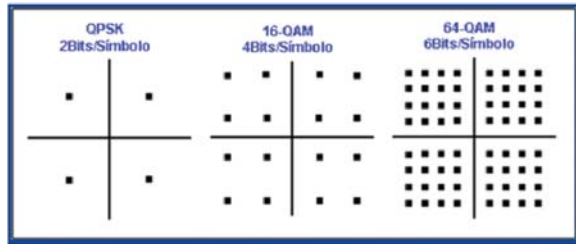


Figura 1: Diagrama de Constelação

Para cada palavra binária, existe uma posição muito bem definida do símbolo. Um símbolo representa uma mudança específica, única da portadora em amplitude e fase. No caso ideal, ele é um ponto exato na constelação, e pode ser descrito como um vetor a partir da origem. Quando os símbolos são construídos pelo modulador e demais etapas, oferecendo amplitude e fase instantânea para representar uma palavra, podem ocorrer erros e, a mesma sequência de bits pode resultar em um pequeno desvio entre o ponto real e o esperado. Um novo vetor, aqui chamado de "transmitido", está próximo, mas diferente do desejado, e um terceiro vetor, "vetor de erro" é criado. EVM (*Error Vector Magnitude*) é uma métrica que pode medir o tamanho do desvio em relação à posição ideal. A Figura 2 mostra os vetores citados [2].

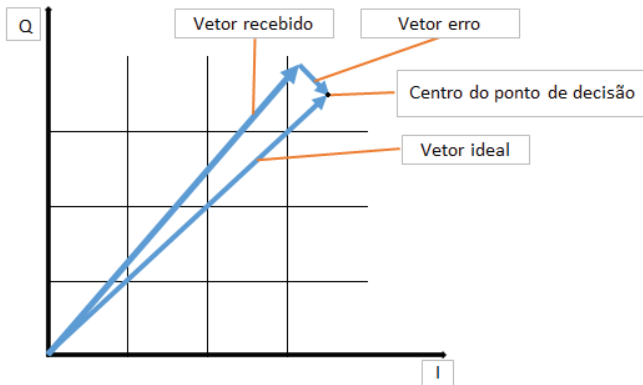


Figura 2: EVM

A MER é outra ferramenta matemática para demonstrar a distância entre o símbolo real e ideal, traduzindo em números a mesma ideia do EVM. Quando um único número representa todos os símbolos da constelação, a medição é chamada "MER (rms)". Segundo [3], pode ser calculada pela equação mostrada adiante (1), em escala logarítmica. O numerador indica vetores ideais, ao passo que o denominador expressa vetores de erro. Portanto, 0 é o resultado mais baixo possível, com erros tendendo a infinito. Alto valor de MER (por exemplo, 40 dB) significa erros menores, uma condição boa e esperada.

$$MER (dB) = 10\log_{10} \frac{\sum_{j=1}^N Ij^2 + Qj^2}{\sum_{j=1}^N \delta Ij^2 + \delta Qj^2} \quad (1)$$

Um fluxo grande de bits gera uma constelação que repete os mesmos símbolos várias vezes na tela do instrumento. Os mesmos símbolos devem ser sobrepostos em um ponto exato e fino. A condição real são pontos espalhados em torno da posição central. O ponto, idealmente sem dimensões, torna-se uma mancha, e quanto maior for o seu diâmetro, menor será a MER percebida. A comparação entre a Figura 3 e Figura 4 explica essa ideia.

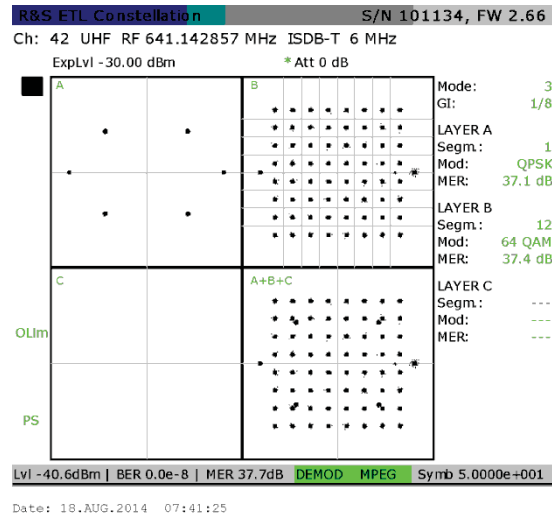


Figura 3: Constelação: MER = 37.4 dB

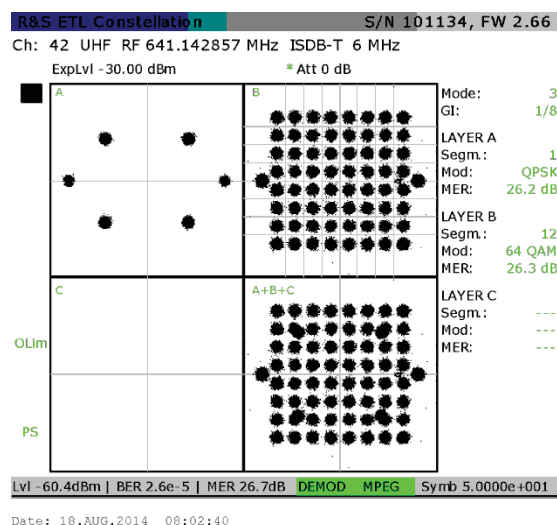


Figura 4: Constelação: MER = 26.3 dB

II. Ruído e Distorção

O modulador não cria um símbolo perfeito, e a MER no transmissor é uma consequência de alguns ruídos e distorções presentes no sistema; por exemplo, são originados pela não linearidade e pela figura de ruído dos amplificadores. A MER do transmissor é um número finito, geralmente cerca de 30 a 45 dB.

Ruídos são sinais indesejáveis, não deliberadamente criados, e por causa da dificuldade de expressão algébrica (características aleatórias), eles são tratados estatisticamente. Em sistemas de comunicação eletrônicos, ruído térmico e ruído de fase do oscilador estão presentes e adicionados ao sinal. Ambos modificam a posição correta do símbolo. De acordo com [4], o ruído térmico é uma fonte de sinal aleatório e contínuo gerado pelo movimento de elétrons em um material condutor. Assim, é inerente de todo o processamento eletrônico. O ruído de fase é o desvio instantâneo e aleatório da frequência e fase do sinal gerado pelo oscilador. Quando o ruído ocorre dentro da faixa de frequência do sinal, a sua separação é muito complexa e reduz a MER. A métrica *C/N* (*Carrier to Noise*) indica a relação de amplitude existente entre sinal e ruído e, quanto menor este parâmetro, pior é a MER.

Diferente do ruído, as distorções não são adicionadas como componente espectral (apesar de resultarem em espalhamento espectral), mas são o resultado da incapacidade dos sistemas em manter suas características de amplitude em toda faixa de frequência. Distorções não-lineares são muito comuns devido à saturação dos amplificadores.

III. Eficiência Energética

Segundo [5], os custos com o consumo de energia representam mais da metade das despesas operacionais dos sites de transmissão de alta potência. Porém, essa questão também é muito relevante quando se deseja ampliar a

quantidade de locais de transmissão, aumentando a área de cobertura, mas sem um incremento proporcional de pessoas. A busca por uma utilização racional dos recursos energéticos é uma atividade contemporânea e que não pode ser negligenciada.

Eficiência energética significa ter um melhor desempenho de um bem ou serviço consumindo menos energia [6]. Não é o foco deste artigo discutir como ela pode ser obtida. Muitos autores, como [7], [8] e [9] demonstram algumas opções no transmissor para se ter uma boa relação entre Potência de RF / Consumo de Energia: expandindo a região linear de amplificadores, controlando a pré-distorção para tornar linear a resposta global de um transmissor, ou reduzindo o fator de pico. Outra forma de contribuir com a eficiência energética é através de um bom projeto de cobertura, com base no estudo da altura e localização da torre, além do diagrama de antena.

Geralmente, a eficiência energética é obtida com o custo de um dos três critérios seguintes: a) o sacrifício de alguns parâmetros técnicos, especialmente a MER do transmissor; b) com o aumento da complexidade do circuito; c) com a redução da confiabilidade do equipamento. Enquanto as pesquisas com foco em eficiência energética são realizadas para minimizar a degradação da MER com uso de amplificadores mais complexos ou sistemas de pré-distorção, as investigações apresentadas neste artigo desejam oferecer um número de referência para MER que pode ser aceitável e suficiente para os símbolos transmitidos, sem afetar a área de cobertura e facilidade de recepção. Em muitos casos, onde a quantidade de ruído do canal reduz muito a MER recebida, grandes esforços para se ter um alto valor de MER no transmissor podem não trazer resultados significativos na MER de recepção.

IV. MER Recebida vs. MER Transmitida

A importância da métrica MER está na essência do processo de comunicação: se o símbolo corretamente gerado no lado do transmissor pode ser interpretado no lado do receptor, consequentemente a mensagem foi enviada e compreendida. É importante definir agora a diferença entre MER transmitida e MER recebida. A primeira é um número associado com a qualidade de construção do símbolo pelo processamento de transmissão, e a segunda, na verdade, explica a possibilidade ou não de receber a mensagem corretamente. Assim, o mais importante é a MER recebida. O valor da MER recebida depende da MER transmitida, mas também está relacionado com erros introduzidos pelo canal de comunicação e com o desempenho do receptor.

A área de cobertura é proporcional à potência transmitida e à MER transmitida, porém não de forma linear. Entretanto, a relação entre MER e potência de saída em um mesmo transmissor é inversamente proporcional, ou seja, se um determinado equipamento fornecer a maior potência possível, está abrindo mão de uma boa MER. Da mesma forma, caso o amplificador opere de forma a gerar baixa distorção e consequentemente elevada MER, a potência de RF será menor. Então, conhecendo-se o comportamento e

contribuição da MER e da potência de RF na área de cobertura, sugere-se que exista um ponto ótimo de operação de um equipamento. Os estudos realizados por [10] apresentam testes de laboratório que estimam o ganho de potência de um amplificador em detrimento da MER, assim como também demonstram ensaios da redução do limiar de recepção quando a MER de transmissão é reduzida. Desta forma, tendo as duas expressões que modelam as curvas que relacionam os três parâmetros (potência, MER, limiar de recepção), há como calcular o ponto otimizado do equipamento. Por outro lado, o presente artigo apresenta de forma conclusiva o comportamento da MER de recepção em função da MER transmitida.

Considerando apenas as contribuições do canal e do transmissor, a MER recebida é uma soma dos efeitos destas duas partes. A fim de ter um melhor resultado final, parece ser natural tentar aumentar um dos termos, e isso explica por que a maior parte das equipes técnicas prefere ter uma MER transmitida elevada, apesar de gerar custos mais elevados ou o aumento do consumo de energia. Mas, quando os dois termos estão muito longe em magnitude, mudar apenas um deles pode ser quase em vão. Estas considerações são ainda mais importantes quando a escala é logarítmica, como o caso da medida de MER.

Baseado nesta teoria e estudos feitos por [11], uma expressão matemática (2) foi desenvolvida.

$$MER(RX) = 10 \log \left(10^{\frac{-MER(TX)}{10}} + 10^{\frac{-Referência}{10}} \right)^{-1} \quad (2)$$

MER (RX): MER recebida

MER (TX): MER transmitida

Referência: influência do canal de comunicação

A primeira parcela da soma representa a qualidade do transmissor, e que pode ser facilmente preenchida, mas a segunda parcela (Referência) consiste na contribuição da degradação do canal de comunicação e, deve ser calculada por uma MER de recepção estimada em qualquer ponto. O cálculo é feito por (3):

$$Referência = 10 \log \left(10^{\frac{-MER(RX)}{10}} - 10^{\frac{-MER(TX)}{10}} \right)^{-1} \quad (3)$$

Válido para MER (RX) < MER (TX)

A variável "Referência" mostra a relevância do canal de comunicação na deterioração da MER recebida: quanto menor for o valor absoluto, maior será a degradação gerada pelo canal de comunicação. Como o objetivo deste trabalho é comparar a mudança da MER recebida dependendo das variações da MER transmitida, o valor de recepção pode ser arbitrado.

Essas equações permitem calcular a influência da MER transmitida através da MER recebida. Para 64-QAM, é usual um limiar de 18 dB de MER, e 4 dB pode ser uma boa margem.

Exemplo:

Transmissor A:

MER (TX) = 40dB

MER (RX) = 22dB

Transmissor B:

MER (TX) = 33dB

MER (RX) = ???

$$Referência = 10 \log \left(10^{\frac{-22}{10}} - 10^{\frac{-40}{10}} \right)^{-1} = 22.07 \text{ dB}$$

Retornando para (1):

$$MER(RX/TXB) = 10 \log \left(10^{\frac{-33}{10}} + 10^{\frac{-22.07}{10}} \right)^{-1} = 21,7 \text{ dB}$$

Depois de estabelecer a "referência" para o ponto a ser estudado, basta apenas definir a MER (TX) em (1) e estimar a nova MER (RX) para qualquer valor de transmissão.

Neste exemplo, uma variação de 7 dB na MER transmitida (40 para 33 dB) implica apenas em uma redução de 0,3 dB para a MER recebida.

Uma MER transmitida aceitável influencia apenas com uma pequena redução na MER recebida, quando em condições extremas de recepção e se comparada com uma MER transmitida elevada. É claro que, se as características de propagação são muito boas e o canal não contamina muito o sinal, a MER transmitida será o fator principal, mas se o valor ainda é muito mais elevado do que o limite mínimo de recepção, a meta final será alcançada.

Metodologia de Investigação

1. Experiência em laboratório

Os principais objetivos dos ensaios em laboratório foram: 1) verificar como diminuir a MER transmitida sem afetar outros parâmetros do tx e 2) observar e medir a variação da MER recebida quando a MER transmitida for alterada em alguns passos, em um ambiente com diferentes níveis de sinal recebido (e, junto com a MER, altera-se o C/N). Em laboratório, algumas inclusões de ruído, interferências e multipercursos não estão presentes.

O diagrama da Figura 5 ilustra a plataforma de teste de laboratório.

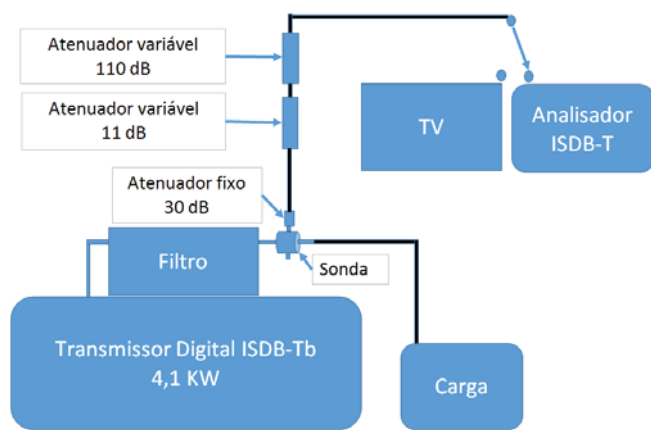


Figura 5: Diagrama em Blocos da Plataforma de Ensaio em Laboratório

O transmissor usado durante os ensaios possui ajuste de pré-correção de linearidade; mudando este parâmetro, a MER resultante é modificada, mantendo-se a potência e a resposta em frequência. A tabela foi preenchida com medições informadas em um analisador ISDB-T, com cinco diferentes valores de MER (o máximo, 37,8 dB e 36, 34, 32, 30 dB), todos eles em cinco condições de atenuação diferentes. Assim, vinte e cinco medições foram preenchidas.

Os gráficos de resultados são apresentados em outra seção do artigo.

II. Testes de Campo

Para verificar a influência real da MER transmitida sobre a capacidade do aparelho de televisão em receber e decodificar os sinais, considerando-se agora as condições de canal (especialmente modificadas pela presença de multipercursos), foram realizados testes de campo. As medidas foram coletadas na cidade de Arapongas, no Estado do Paraná, com população de cerca de cem mil habitantes, onde há regiões com alta densidade de edifícios, e regiões suburbanas, longe da torre de transmissão. Em um ambiente urbano, além de obstáculos naturais ou artificiais, existem muitas fontes de ruído (por exemplo, sinais de outros sistemas de comunicação ou ruído impulsivo por causa de motores), interferências em frequências próximas ou idênticas, e multipercursos.

As cinco opções de MER transmitida eram controladas e verificadas no local da transmissão, utilizando o analisador ISDB-T, incluindo o máximo do TX (39.6 dB) e o mínimo (33 dB). O diagrama de blocos do teste de campo é apresentado na figura 6.

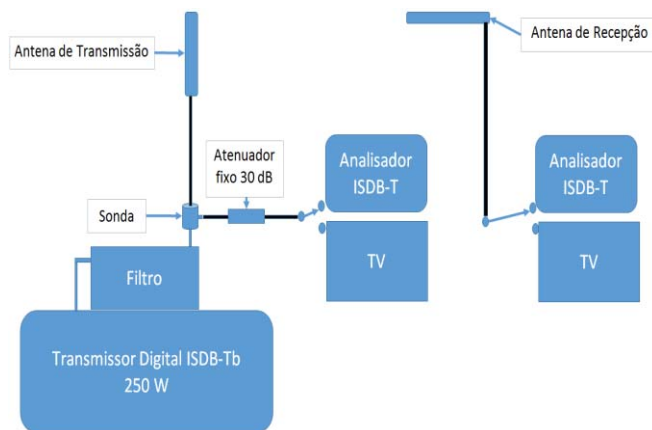


Figura 6: Diagrama em Blocos da Plataforma de Ensaio em Campo

O sinal foi transmitido no ar através de uma antena a trinta e cinco metros do solo. A MER transmitida é medida por uma amostra da saída do TX, e que pode ser considerada "sem contribuição do canal".

Em cinco pontos da cidade, com níveis e condições específicas, cada uma das cinco variações de MER transmitidas foi utilizada. Com o mesmo analisador ISDB-T foram recebidas então vinte e cinco medidas de MER RX, possibilitando a criação de uma nova tabela. Os testes foram realizados em cinco condições particulares de recepção, com alterações devido a edificações, distância do ponto de transmissão, proximidade de fontes de ruído, procurando-se demonstrar situações reais, desde excelentes recepções até condições mínimas dentro da área de cobertura.

Resultados

O Gráfico 1 demonstra os resultados dos testes em laboratório.

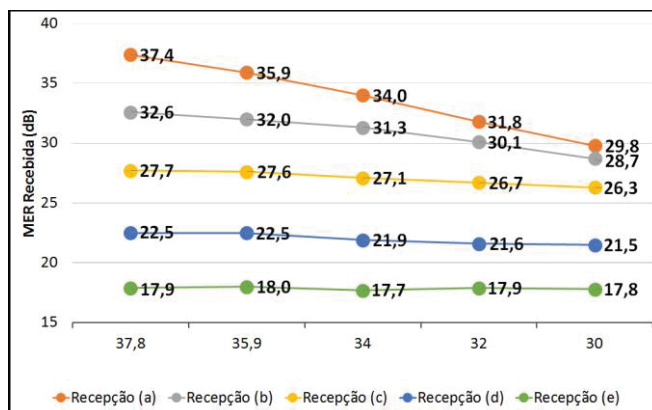


Gráfico 1: MER (RX) VS MER (TX) – Laboratório

Cada linha corresponde a um estado do nível de sinal. A linha superior, em cor laranja, foi obtida em cinco condições de MER (TX) diferentes (eixo horizontal), mas em um nível muito elevado de sinal recebido (o sinal recebido era maior do que -30 dBm), e também com uma boa relação C/N. A perda de MER (RX) para valores superiores a 30dB não afeta a facilidade de recepção do sinal em receptores domésticos, pois segundo [10] a máxima MER (RX) mensurável nesses equipamentos é de 30 dB; logo, não há motivo de se trabalhar com MER (RX) superior a 30dB. Vale ressaltar a importância de sempre trabalhar com o conceito de MER recebida, pois é ela que possibilita ou não o sucesso na recepção.

A linha inferior, em verde, é o resultado de um nível muito baixo de recepção de sinal (cerca de -77 dBm), e uma pobre C/N. Pode-se notar que, quando as condições de recepção são ruins, perto do limite de sensibilidade, não importa a MER (TX), pois a MER (RX) é quase constante. Observe a condição d), com uma linha azul: mesmo reduzindo-se em 7,8 dB a MER (TX) (37,8 a 30 dB), a MER (RX) diminuiu apenas 1 dB (22,5 a 21,5 dB).

Comparando a figura da resposta espectral entre os testes de laboratório e de campo (Figura 7 e Figura 8), com o mesmo nível rms, pode-se notar uma degradação do sinal recebido no segundo caso, pois em condições de ambientes não controlados ocorrem fortes contribuições do meio. A figura 8 mostra a presença de uma base de ruído mais elevada, e ainda alterações de resposta em frequência, provavelmente por conta de multipercursos.

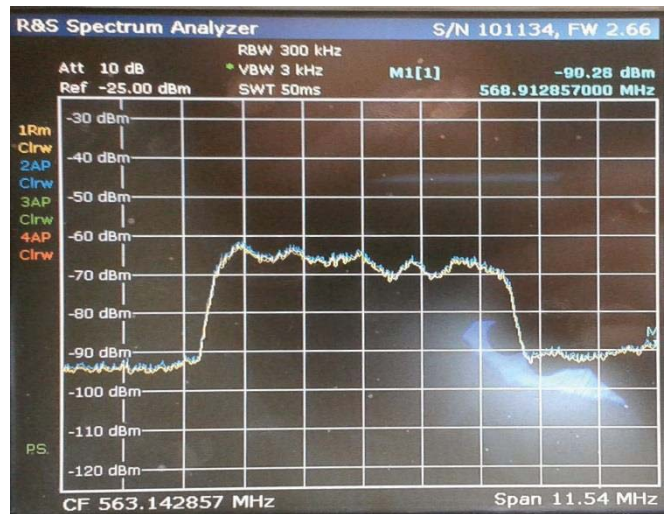


Figura 8: Espectro de frequência do sinal em Campo

Apesar da recepção mais crítica, os resultados em um ambiente urbano foram consistentes com os encontrados em laboratório e com os cálculos teóricos. Mesmo com outros tipos de degradações, a MER (RX) sofre influência muito similar da MER (TX) em um espaço controlado.

O Gráfico 2 é formado pelas vinte e cinco medições feitas em campo:

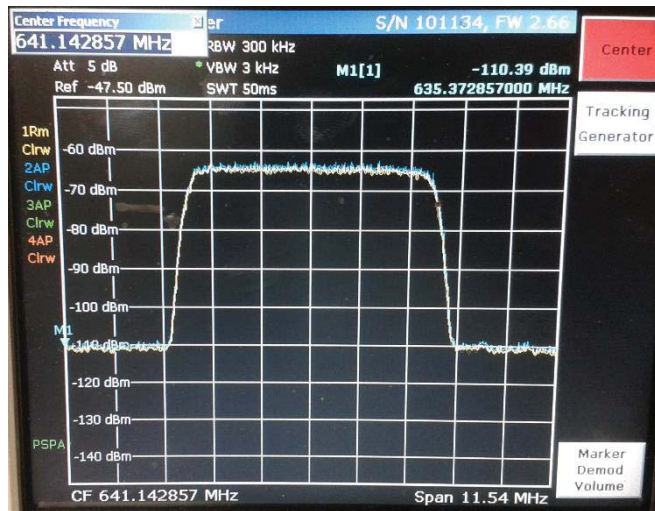


Figura 7: Espectro de frequência do sinal em laboratório

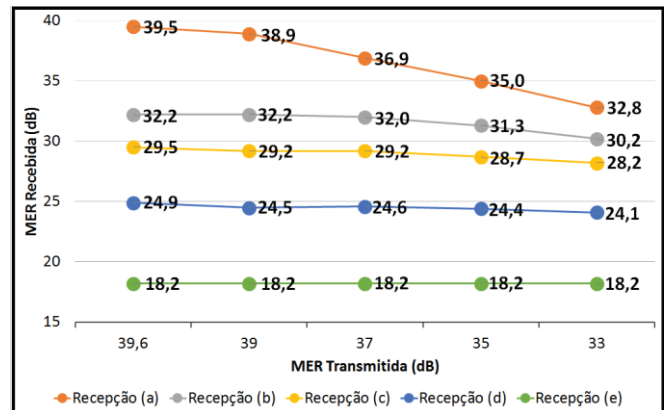


Gráfico 2: MER (RX) VS MER (TX) – Campo (Arapongas)

O Gráfico 3 apresenta os resultados teóricos utilizando as equações apresentadas neste artigo para as variações da MER transmitida na cidade de Arapongas.

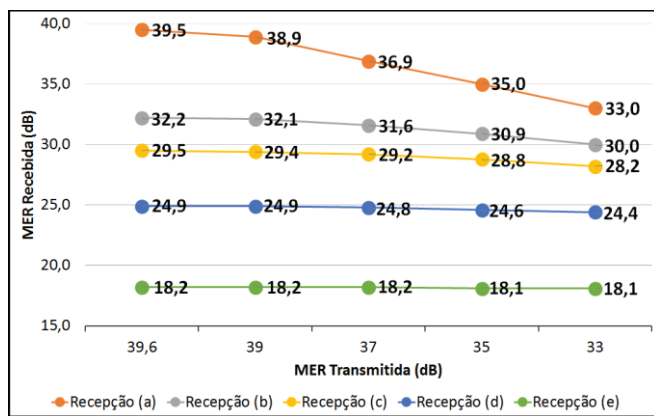


Gráfico 3: MER (RX) VS MER (TX) – Teórica (Arapongas)

Conclusões

A transmissão em todos os sistemas de comunicação sem fio é altamente afetada por características do canal, e é importante ter métricas com limites matemáticos específicos para evitar gastar recursos que não trazem melhor desempenho.

As equações 2 e 3 são maneiras de somar duas parcelas dadas em escalas logarítmicas e ter um valor preciso dos resultados, o que pode ser provado por experimentos em laboratório e em campo.

Os testes de laboratório e de campo mostraram resultados semelhantes em relação à variação MER (RX) vs. MER (TX). Além disso, as ferramentas matemáticas apresentadas neste artigo também se mostraram muito eficientes. Não importa se a deterioração da MER causada pela influência do canal tem origem em ruídos, multipercursos ou outro tipo de distúrbios, as fórmulas matemáticas podem dar o valor correto para a MER recebida. Quando os testes de campo e os valores teóricos foram comparados, a diferença máxima obtida foi de 0,4 dB.

Nota-se que, em qualquer ambiente, com níveis de sinal elevados, a MER (RX) é muito afetada pela MER (TX). Mas, mesmo na menor MER (TX) testada, a MER (RX) é muito maior do que o mínimo necessário para uma demodulação correta. Por outro lado, quando o nível do receptor ou C/N é muito baixo e a MER (RX) é de cerca de 21 dB, por exemplo, a MER (TX) quase não tem influência no resultado, ou no máximo 0,3 dB de variação.

Os testes de campo realizados na cidade selecionada foram muito conclusivos e, em condições similares de canal e parâmetros técnicos, uma MER de transmissão em torno de 31 a 33 dB não traz qualquer deterioração da capacidade de

demodulação. Os resultados podem ser estendidos para algumas outras áreas urbanas e suburbanas.

É importante salientar que este valor mínimo proposto para MER (TX) deve estar presente no final de um sistema de transmissão, ou seja, na antena de transmissão do sinal a ser recebido numa determinada área de cobertura. Se este sinal for recebido em um sistema de repetição em gap filler, por exemplo, e a partir dele um novo sinal de RF é gerado, recomenda-se que sejam tomadas as devidas técnicas e outros valores para MER (TX), para que não haja uma redução sucessiva na qualidade do sinal modulado. Neste caso de repetição, novamente sugere-se que o valor mínimo na saída deste novo sistema seja acima de 31 dB para a MER (TX).

References

- [1] TELECO.2014. “Tutoriais Banda Larga”, [Online], Available: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialhspaplus/pagina_2.asp [11 AGO 2014].
- [2] FISCHER, W, “Digital Video and Broadcasting Technology”, *Springer*, Vol, No 3., 2010, pp.337.
- [3] JUNIOR, R.A, S, “TV Digital: Conceitos de Telecomunicações”, *Inatel*, 2012, pp.46.
- [4] HAYKIN, S and MOHER, M, “Introdução aos Sistemas de Comunicação”, *Bookman*, Vol, No 2., 1983.
- [5] ROHDE&SCHWARZ, “Efficiency is the Key Factor When Choosing a High-Power Broadcast Transmitter”, 2014.
- [6] CELPE. 2013. “O que é eficiência energética”, *Neoenergia*, [Online], Encontrado em: <http://www.celpe.com.br/Pages/Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica/o-que-e-ef-energetica.aspx> [05 JAN 2015].
- [7] RODRIGUES, H.D., “High Efficiency Transmission – Green Amplification”, *2012 NAB BEC Proceedings*, abril 2012, pp292-295 .
- [8] BORGES, R.M., DAMASCENO, P.M., “Compensação Não Linear Adaptativa Aplicada à Otimização de Transmissores de TV Digital”, *2014 SET Congress, São Paulo*, agosto/2014.
- [9] OLIVEIRA, V, “Desafios da Interiorização: Como conciliar os parâmetros MER, Eficiência e Intermodulação em Transmissões Digitais”, *2014 SET Congress, São Paulo*, agosto/2014.
- [10] RODRIGUES, H.D., “Influence of Modulation Error Rate (MER) on Transmitter Coverage Area”, *2015 NAB BEC Proceedings*, abril 2015, pp265-268
- [11] ROHDE&SCHWARZ, “Influence of Transmitter MER to Digital Television Coverage Area”, *White Paper Rohde Schwarz*, may 2010.

Cite this article:

Martins Stori, N., Rehme, J.F.; 2015. Influência da MER vs. Área de Cobertura. SET EXPO PROCEEDINGS. ISSN Print: 2447-0481.ISSN Online: 2447-049X. v.1. doi: 10.18580/setep.2015.1.14. Web-link: <http://dx.doi.org/10.18580/setep.2015.1.14>