

Comparação interlaboratorial de interferência eletromagnética.

Interlaboratory comparison of the electromagnetic interference.

Gilberto Vilas Boas Magalhães¹, Rômulo Mota Volpato¹, Ednaldo Ferreira Marques²

¹ Instituto Nacional de Telecomunicações INATEL; ² SENAI CIMATEC – Laboratório de Dispositivos Eletromagnéticos

E-mail: gilberto@inatel.br

Resumo: Um fator relevante nos programas de intercomparação laboratorial é a determinação do valor de referência. Geralmente são usados geradores de rádio frequência raiados como amostra e o valor de referência em geral é determinado pela média dos valores dos participantes do programa excluindo valores atípicos. Caso ocorra tendência de resultados pode haver desvio da média e conseqüentemente avaliação errônea do laboratório no programa. O uso de valor teórico para comparar os níveis de emissão conduzida e radiada pelos laboratórios é demonstrado e validado experimentalmente através do erro normalizado e pode reduzir o efeito das tendências.

Palavras-chave: Compatibilidade eletromagnética; comparação interlaboratorial; EMI.

Abstract: A relevant factor in interlaboratory comparison programs is the reference value determination. Generally comb generators are used as the sample and the reference value is generally determined by the average of the program participants excluding outliers values. If there is a trend of results, there may be deviations from the mean and consequently erroneous evaluation of the laboratory in the program. The use of theoretical value to compare the levels of emission conducted and radiated by laboratories is demonstrated and validated experimentally through the normalized error and can reduce the effect of trends.

Keywords: Electromagnetic compatibility; interlaboratory comparison; EMI.

1. INTRODUÇÃO

Os laboratórios de ensaio e calibração acreditados e postulantes à acreditação devem ter procedimentos de controle da qualidade para monitorar a validade dos ensaios realizados, conforme os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [1] sendo estes complementados

pela norma do INMETRO NIT-DICLA-026 [2]. A participação satisfatória em ensaios de proficiência demonstra a competência técnica na realização dos ensaios e calibrações sendo uma ferramenta importante para o monitoramento contínuo do desempenho dos sistemas de medição de interferência eletromagnética.

O Laboratório de Ensaios e Calibração do INATEL e o Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética do SENAI CIMATEC organizaram o programa de ensaio de proficiência para emissão conduzida e radiada, sendo o valor de referência determinado de forma teórica

Utilizou-se como artefato no ensaio de emissão radiada o conjunto formado por uma antena corneta, cabo coaxial e um gerador de rádio frequência (RF) (figura 1) todos caracterizados de forma a ser possível a determinação do valor teórico. No ensaio de emissão conduzida utilizou-se o gerador de RF, com cabo do laboratório para conexão à rede de estabilização de impedância de linha (LISN) do laboratório sendo este devidamente caracterizado.



Figura 1. Conjunto de equipamentos utilizados como artefato no ensaio de emissão radiada.

Os laboratórios realizaram as medidas sendo os valores comparados aos valores de referência utilizando erro normalizado.

2. METODOLOGIA

Os laboratórios acordaram premissas para a realização dos ensaios, sendo as condições ambientais uma delas. A temperatura do ensaio foi mantida entre 20°C e 23°C e a umidade relativa do ar entre 55% e 76% nos dois laboratórios. Para estabilização do gerador este deve ser mantido ligado por 30 minutos antes de realizar qualquer medição utilizada portadora sem modulação e nível de 107dBµV.

2.1. Emissão radiada

Para o ensaio de emissão radiada acordou-se utilizar polarização horizontal, altura e distância entre as antenas de um metro (figura 2). O ensaio deve ser realizado dentro de uma câmara semi anecóica configurando-se a da largura de banda do filtro (RBW) para 120kHz sendo as medidas realizadas nas frequências de 450MHz, 600MHz, 800MHz, 900 MHz e 1GHz utilizando-se detector de quase pico.

É importante destacar que antenas utilizadas em ensaio de interferência geralmente demarcam a posição de referência para a medida, no entanto os laboratórios devem se atentar qual foi o ponto utilizado na calibração. Como geralmente é utilizado o método de 3 antenas para calibração, antenas log periódicas ou biconilogs os laboratórios utilizam como referência a ponta da antena, pois se for utilizado a posição central, as antenas estariam sobrepostas ou quase sobrepostas durante a calibração. A figura 2 destaca a posição geralmente demarcada na antena e a configuração utilizada.

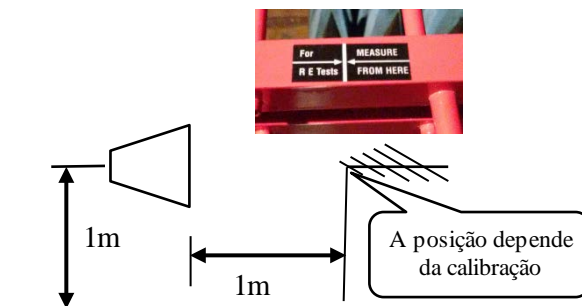


Figura 2. Distância entre antenas e altura relativa ao chão da câmara.

2.2. Emissão conduzida

Para o ensaio de emissão conduzida o medidor (*receiver*) deve ser configurado com RBW de 9kHz utilizado o detector de quase pico. Cada laboratório deve fazer uma conexão entre o gerador e à rede de estabilização de impedância de linha (LISN). A figura 3 mostra a conexão utilizada pelo laboratório do SENAI CIMATEC e

a figura 4 mostra a conexão efetuada pelo laboratório do INATEL.

Selecionaram-se as frequências de 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz e 25MHz e para não haver dano no gerador, o ponto de conexão da LISN foi mantido sem alimentação.



Figura 3. Conexão entre o gerador e o LISN do laboratório SENAI CIMATEC.

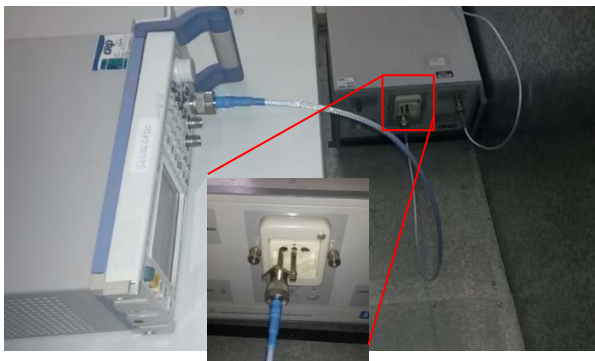


Figura 4. Detalhe de conexão entre o gerador e o LISN do laboratório INATEL.

2.3. Determinação teórica da intensidade de campo elétrico a certa distância da antena.

A densidade de potência da onda plana S pode ser calculada conforme a equação 1, sendo E o valor eficaz do campo elétrico em regime harmônico no tempo, η a impedância intrínseca do meio ($\eta = 120\pi$), G_t o ganho da antena transmissora, P_t a potência transmitida e r a distância para a qual se deseja calcular o campo.

$$S = \frac{E^2}{\eta} = \frac{G_t.P_t}{4\pi r^2} \quad (1)$$

Na equação 2 apresenta-se o cálculo do campo elétrico a partir da equação 1.

$$E = \sqrt{\frac{120\pi.G_t.P_t}{4\pi r^2}} = \sqrt{\frac{30.G_t.P_t}{r^2}} = \sqrt{30.G_t.P_t} \quad (2)$$

A perda no cabo P_d utilizado na configuração foi medida utilizando um analisador de rede Agilent modelo 4396A, sendo os resultados apresentados na tabela 1 em função da frequência. Conhecendo-se a potência do gerador P_t , o ganho da antena G_t determina-se o campo Elétrico E a um metro da antena transmissora que é o valor de referência utilizado no ensaio de emissão radiada (V_D). Os valores G_t foram obtidos do certificado de calibração número DS1004069120E452 para a antena BBHA 9120 E 452 de 06 de abril de 2010.

Tabela 1. Determinação do valor de referência do campo elétrico.

f (MHz)	P_t (dB μ V)	P_d (dB)	G_t (dBi)	E (dB μ V/m)
450	107	0,70	4,32	108,39
600	107	0,83	7,11	111,05
800	107	0,98	9,03	112,83
900	107	1,05	10,01	113,73
1000	107	1,12	11,06	114,71

A incerteza combinada uc (equação 3) do campo elétrico foi calculada em função das incertezas do gerador U_G (0,9dB), incerteza da medida da atenuação do cabo U_{AT} (0,5dB) e incerteza especificada no certificado da antena U_{AN} (0,7dB).

$$uc = \sqrt{\left(\frac{U_G}{2}\right)^2 + \left(\frac{U_{AT}}{2}\right)^2 + \left(\frac{U_{AN}}{2}\right)^2} \quad (3)$$

A incerteza expandida U_D foi determinada por $U_D = k.uc$, sendo k o fator de cobertura resultando em 1,25dB.

2.4. Determinação do valor designado para emissão conduzida.

O valor designado V_D para emissão conduzida foi o nível do gerador de 107dB μ V e a incerteza designada (U_D) determinada pela incerteza do gerador de 0,9dB.

2.5. Critério de avaliação de desempenho

A partir de VD e UD e dos valores medidos pelos laboratórios (LAB_x) e incertezas (ULAB_x) para as frequências determinadas para os ensaios de emissão conduzida e radiada calcula-se o erro normalizado (En) pela equação 4.

$$En = \frac{|(V_D - LAB_x)|}{\sqrt{(U_D)^2 + (U_{LAB_x})^2}} \quad (4)$$

É considerado satisfatório se o erro normalizado for menor ou igual a um para cada um dos pontos e medidas.

3. RESULTADOS

A figura 5 representa os valores medidos comparando-se aos valores designados.

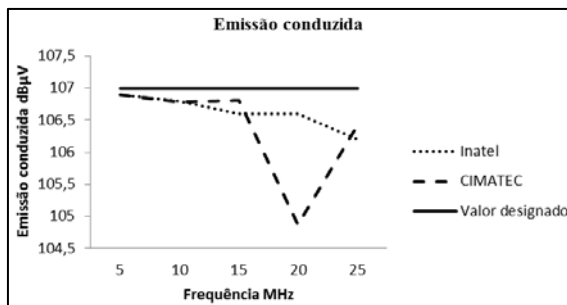


Figura 5. Resultados para o ensaio de emissão conduzida comparando-se ao valor designado.

A partir dos valores medidos e incertezas declaradas pelos laboratórios que foram de 3,5dB do Inatel e 4,4dB do CIMATEC foi calculado o erro normalizado em cada frequência sendo apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Erro normalizado para o ensaio de emissão conduzida.

Freq.(MHz)	5	10	15	20	25
Inatel	0,03	0,06	0,11	0,11	0,22
Cimatec	0,02	0,05	0,04	0,47	0,13

A figura 6 representa os valores medidos de emissão radiada comparando-se aos valores designados.

A partir dos valores medidos e incertezas declaradas pelos laboratórios que foram de 6dB

do Inatel e 6,1dB do CIMATEC foi calculado o erro normalizado para os laboratórios em cada frequência sendo apresentados na tabela 3.

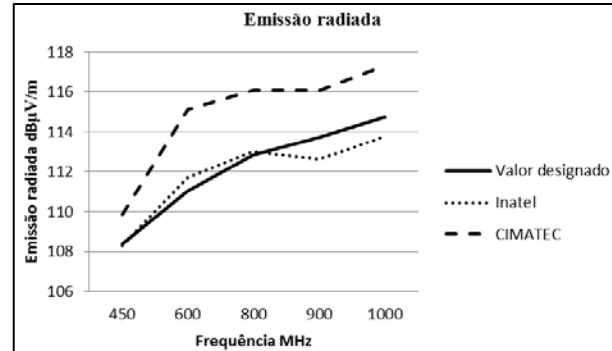


Figura 6. Resultados para o ensaio de emissão radiada comparando-se ao valor designado.

Tabela 3. Erro normalizado para o ensaio de emissão radiada.

Freq.(MHz)	450	600	800	900	1000
Inatel	0,02	0,10	0,03	0,18	0,16
Cimatec	0,24	0,65	0,52	0,37	0,41

4. CONCLUSÃO

Através do critério de avaliação de Erro Normalizado, nota-se que os resultados de ambos os laboratórios participantes encontram-se satisfatórios para os ensaios de emissão conduzida e radiada em todas as frequências. Comprovando, portanto, não só a validade e importância dos métodos utilizados para a comparação, como também o valor de referência calculado.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) *Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração* NBR ISO/IEC 17025, 2005
- [2] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO) *Requisitos para participação de laboratórios em ensaios de proficiência* NIT-DICLA-026, Rev. Nº 10, 2016