

ENSAIO DE PROFICIÊNCIA POR COMPARAÇÃO DE MEDIÇÕES DO ENSAIO DE EMISSÃO CONDUZIDA SEGUNDO A CISPR 22

Jorge Vallim Guimarães¹, José Carlos Araújo dos Santos², Celso Pinto Saraiva³

¹ Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, jorge@vallim.eng.br

² Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, araujo@ime.eb.br

³ CPqD - Laboratório de Calibração, Campinas, SP, celso@cpqd.com.br

Resumo: Este trabalho tem como objetivo documentar e apresentar os aspectos técnicos e administrativos relacionados o primeiro ensaio de proficiência realizado pela Subcomissão de Compatibilidade Eletromagnética, da Comissão Técnica 08 do INMETRO.

Palavras chave: Ensaio de proficiência, Comparação Interlaboratorial, Emissão Conduzida, EMC.

1 - MOTIVAÇÕES

Os requisitos técnicos preconizados na norma IEC/CISPR 22 são de fundamental importância na preservação da integridade do espectro radioelétrico, e servem de base para os ensaios de Emissividade, que dizem respeito à medição das perturbações eletromagnéticas em radiofrequência, a partir dos equipamentos, seja ela radiada ou conduzida. Neste contexto, a reprodutibilidade de ensaios de emissão conduzida, requeridos pela ANATEL no processo de certificação de produtos, assume grande relevância para a sociedade, uma vez que irá quantificar a uniformidade dos resultados obtidos pelos principais laboratórios brasileiros que executam estes ensaios.

Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho é a apresentação dos resultados técnicos obtidos no ensaio de proficiência conduzido pelos autores. Complementarmente são apresentados os problemas encontrados no desenrolar da comparação.

De forma complementar as lições aprendidas neste ensaio, podem ser utilizadas como base para a realização de futuros ensaios de proficiência.

2 – PLANEJAMENTO

2.1 – O ensaio

Em função da experiência do grupo, foi consenso que o tipo ideal de ensaio para uma primeira rodada de ensaios de proficiência na área de compatibilidade eletromagnética é o ensaio de emissão conduzida em cabos de alimentação, e o item a ser ensaiado, também de forma consensual, foi definido como sendo ideal uma fonte chaveada.

Em se tratando de uma primeira atividade, foi acordado que a coordenação das atividades e o tratamento dos dados seria realizado pelo coordenador da sub-comissão,

com a participação de todos do grupo, o que permitiu a realização dos diversos estudos paralelos, até que o ensaio fosse concluído.

Método de ensaio selecionado é o apresentado no item 9 da CISPR22, Emissão de perturbações conduzidas nas linhas de alimentação. Em função das características particulares de fontes chaveadas foram consensadas as seguintes condições para a realização dos ensaios:

- Realizar pré-condicionamento de 1 hora (equipamento desligado) e um warm-up de 15 minutos antes da realização do ensaio.
- Utilizar a tensão de alimentação de 220 Vca. Cabendo aos laboratórios de ensaio medir e garantir o valor real medido desta alimentação.
- Para verificar as condições iniciais do equipamento, realizar até 30 medições
- Realização da medição considerando duas faixas: 150 kHz a 10 MHz e de 10 MHz a 30 MHz selecionando em as seis frequências mais significativas em cada faixa.

2.2 – O Equipamento Sob Ensaio (ESE)

O ESE é uma fonte chaveada, desenvolvida pela UFSC. O ESE foi considerado adequado para o ensaio de proficiência em função de já ter sido utilizado anteriormente para ensaios internos similares.

2.3 – A logística

A UFSC realiza os ensaios de controle, antes de cada etapa, a partir de quando o ESE é remetido a cada um dos laboratórios, ou região, retornando para a revalidação dos resultados, Os custos relativos ao transporte serão dos laboratórios de ensaio.

3 - RESULTADOS INICIAIS

Após a validação inicial realizada pela UFSC O equipamento foi enviado a Campinas, para ser ensaiada pelos laboratórios da região. Em função da falta de repetitividade dos resultados obtidos, foi decidido que deveria ser revisado todo o processo.

Foram realizados estudos para identificar as causas da diversidade de resultados, sendo identificados como

críticos o ESE e o arranjo para a realização do ensaio. Os estudos foram realizados com o próprio ESE, com uma fonte de um notebook Toshiba e uma fonte utilizada para controladores, fornecida pela Jonfra Automação e Controle.

3.1 - Estudo da fonte Toshiba

A fonte de um notebook Toshiba foi ensaiada em três laboratórios acreditados em Campinas-SP (NMI, CPQD e IEP), sendo que um deles realizou o ensaio com dois arranjos diferentes, totalizando quatro conjuntos de resultados.

Foi realizada uma rodada de ensaios em cada um dos laboratórios, conforme o procedimento estabelecido na CISPR 22, e os resultados comparados entre si.

Da mesma forma que a fonte da UFSC, a fonte do notebook apresentou resultados dispersos, que não permitiram a identificação de pontos coincidentes, nem próximos o bastante para permitir a definição de classes, o que, mesmo se considerando a variabilidade, possibilitaria a definição de tendências.

3.2 - Estudo da fonte Jonfra

Com a finalidade de comprovar estatisticamente as características da fonte, foram realizadas diversas séries de medição no IEE-USP.

Os valores obtidos para esta fonte também se mostraram bastante variáveis; Porém, foram observados alguns valores onde ocorriam possíveis repetições nas frequências 193 kHz; 255kHz; 385,5 kHz e 9,35MHz.

Nestes pontos foram realizados testes t e F, que confirmaram a inadequação da fonte como equipamento de referência para ensaios de proficiência. Os resultados obtidos para a frequência de 193 KHz podem ser vistos na Tabela 1.

3.3 - Estudo do ESE da UFSC

Identificada a dificuldade no uso de fontes comerciais como padrão, foi retomado o estudo do ESE da UFSC onde foram comprovadas duas causas para a variabilidade dos resultados: a posição do cabo de alimentação e o tempo entre a ativação do ESE e a medição.

Foi constatado que a posição do cabo é capaz de alterar substancialmente o resultado, em função da variação do nível do sinal medido. Para a reprodução deste ensaio é necessário que se garanta que a posição do cabo de alimentação é a mesma. Esta restrição foi identificada em todos os laboratórios.

Outra condição crítica, também identificada por todos os laboratórios é o aquecimento interno do ESE. Assim, o tempo entre a ativação do ESE e a medição dos valores foi estudado para três momentos distintos: ao ativar, após quinze minutos e após duas horas.

O gráfico 1 apresenta a variação em frequência e em amplitude decorrentes das medições realizadas ao longo do tempo. Estas medições foram realizadas no IEP.

Identificadas as restrições a fonte foi então reenviada para a UFSC onde foram realizadas novas medições.

Como resultado foram identificados pontos de repetição nas frequências (0,7440; 1,0005; 1,9995; 2,9985 e 15,9990)Mhz.

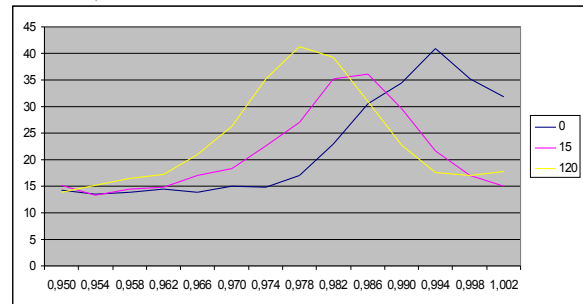


Gráfico 1 – Análise do comportamento no tempo

Tabela 1 – Cálculo de estabilidade da fonte Jonfra em 193 MHz

	Teste t	Teste F	Resultado
Dias (03,06)	1,07517292	1,12	Aprovado nos testes t e F
Dias (16,19)	1,2909889	ND	Aprovado nos testes t e F
Dias (14,21)	6,80267311	ND	Reprovado no teste t
Dias (03,21)	5,47720202	ND	Reprovado no teste t
Dias (03,19)	14,4417708	2,469136	Reprovado em ambos os testes
Dias (03,16)	2,73860101	ND	Reprovado no teste t
Dias (03,14)	4,32603155	1,923077	Reprovado no teste t e aprovado no teste F
Dias (19,21)	11,6189001	ND	Reprovado no teste t
Dias (16,21)	ND	ND	Reprovado nos testes t e F
Dias (06,21)	4,14037555	ND	Reprovado no teste t
Dias (14,19)	9,59517192	1,283951	Reprovado no teste t e aprovado no teste F
Dias (06,19)	4,52576532	2,765432	Reprovado nos testes t e F
Dias (14,16)	44,2173752	ND	Reprovado no teste t
Dias (06,16)	19,6536844	ND	Reprovado no teste t
Dias (06,14)	3,06994636	2,153846	Reprovado nos testes t e F
	Teste t	Teste F	1-α= 95%
Limites	2,4620	2,09	ND = não definido para o cálculo

4 – REDEFINIÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES

As lições aprendidas com a primeira etapa do ensaio de proficiência permitiram a redefinição dos critérios, com embasamento prático. Assim, foram estabelecidos as seguintes especificações para o ensaio:

- Utilizar para a alimentação 220Vac.
- Realizar o ensaio duas etapas: uma de medição da amplitude do sinal, em frequências pré definidas (0,7440; 1,0005; 1,9995; 2,9985 e 15,9990)Mhz e

outra com a pesquisa da frequência que apresente pontos máximos.

- Utilizar o arranjo apresentado na figura 1, mantendo o cabo de alimentação reto ;
- Utilizar o relatório modelo do laboratório
- Iniciar cada série de medições entre quinze e trinta minutos após ligada a fonte, realizar o ciclo completo de medições. Desligar e aguardar um tempo suficiente para a estabilização da temperatura do ESE antes de realizar o outro ciclo.

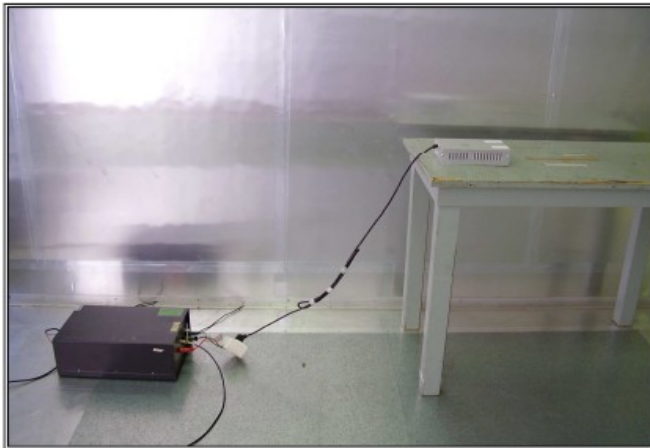


Figura 1 – Arranjo de teste

5 – REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Redefinidas as especificações, foram realizados, durante o ano de 2006, ensaios nos seguintes laboratórios:

- MAGLAB – UFSC
- IEE – USP
- CIENTEC
- CPQD
- NMI Brasil
- IEP - Instituto Eldorado de Pesquisas
- INTI - Argentina

Um dos laboratórios utilizou três arranjos distintos, proporcionando então a análise de nove conjunto de resultados.

6– METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Os resultados foram analisados de acordo com o método de Dixon para a determinação de outlier. Para a pesquisa de outlier foram utilizadas as fórmulas 1 e 2 para sete amostras ou 3 e 4 para oito ou nove amostras.

Foi considerado o nível de significância de 5%.

$$Q = (X_2 - X_1) / (X_n - X_1), \text{ Para } X_1 \quad (1)$$

$$Q = (X_n - X_{n-1}) / (X_n - X_1), \text{ para } X_n \quad (2)$$

$$Q = (X_2 - X_1) / (X_{n-1} - X_1), \text{ Para } X_1 \quad (3)$$

$$Q = (X_n - X_{n-1}) / (X_n - X_2), \text{ para } X_n \quad (4)$$

Tabela 2 – Critério de aceitação de outlier (Dixon)

n	10%	5%	1%
7	0,434	0,51	0,64
8	0,479	0,55	0,68
9	0,441	0,51	0,64

Para os valores não considerados outliers foram determinados os erros normalizados, de acordo com o estabelecido no Guia 43, utilizando a fórmula 5.

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (5)$$

Onde x é o resultado do laboratório e X o "valor designado", U_{lab} a incerteza declarada pelo laboratório e U_{ref} a incerteza do valor designado.

Foi adotado como Valor Designado a média dos valores obtidos, excluídos os outliers.

A incerteza do Valor Designado foi definida como a combinação das incertezas dos valores considerados.

O critério de aceitação adotado foi:

$$|E_n| \leq 1 = \text{satisfatório}$$

$$|E_n| > 1 = \text{insatisfatório}$$

Os valores não declarados também foram considerados como insatisfatórios

Para o teste de homogeneidade t foi utilizada a fórmula 6

$$t = \frac{|\mu - \mu_{(VAL)_p} - d|}{s_0 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (6)$$

Onde:

μ - valor de referência

$U_{C(R)}$ – Incerteza do valor de referencia μ

$\mu_{(VAL)_p}$ – valor de medição p variando de 1 até i, sendo i = numero de medições.

$U_{C(VAL)_p}$ – Incerteza do valor $\mu_{(VAL)_p}$

d – diferença das médias populacionais, d = 0.

s_0 - desvio padrão ponderado, fórmula 7;

$$s_o^2 = \frac{(n_1 - 1)U_{C(R)}^2 + (n_2 - 1)U_{C(VAL)P}^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (7)$$

n_1 - número de amostras de μ .

n_2 - número de amostras de $\mu_{(VAL)P}$.

Para o teste F foi utilizada a fórmula 8.

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad (8)$$

Nota: O valor do desvio padrão s_1 pode ser tanto $U_{C(R)}$ quanto $U_{C(VAL)P}$, o numerador na formula será sempre o que tiver maior valor numérico.

7- RESULTADOS

7.1 – Valores determinados

As tabelas a seguir apresentam os resultados obtidos para cada uma das frequências designadas e os erros normalizados, por laboratório.

A notação utilizada é a seguinte:

OL – Outlier – Valores considerados outlier no teste de Dixon

ND – Não declarado – Valores não fornecidos pelo laboratório.

Tabela 3 – Resultados Quase pico para a frequência de 0,7440 MHz

Laboratório.	Medida	Erro	Status
1	48,800	OL	INSATISFATÓRIO
2	40,680	-0,10595	
3	39,430	-0,27184	
4	33,880	OL	INSATISFATÓRIO
5	43,100	0,180775	
6	ND	ND	INSATISFATÓRIO
7	39,900	-0,19378	
8	43,600	0,237972	
9	42,600	0,121794	

Tabela 4 – Resultados Quase pico para a frequência de 1,0005 MHz

Laboratório	Medida	Erro	Status
1	46,83	0,62417071	
2	43,92	0,26463238	
3	38,46	OL	INSATISFATÓRIO
4	30,190	OL	INSATISFATÓRIO
5	43,600	0,2181764	
6	ND	ND	INSATISFATÓRIO
7	43,400	0,19626943	
8	44,200	0,28527202	
9	42,900	0,13766859	

Tabela 5 – Resultados Quase pico para a frequência de 1,9995 MHz

Laboratório	Medida	Erro	Status
1	39,150	-0,25645	
2	36,350	-0,55146	
3	41,780	0,03115	
4	27,140	-1,47905	INSATISFATÓRIO
5	42,300	0,083156	
6	27,750	-1,34118	INSATISFATÓRIO
7	38,100	-0,35409	
8	41,900	0,04148	
9	39,700	-0,18595	

Tabela 6 – Resultados Quase pico para a frequência de 0,7440 MHz

Lab.	Medida	Erro	Status
1	37,490	0,32251	
2	40,960	0,723589	
3	34,790	-0,00293	
4	22,470	OL	INSATISFATÓRIO
5	32,500	-0,26228	
6		ND	INSATISFATÓRIO
7	38,400	0,408399	
8	35,900	0,122562	
9	36,000	0,133845	

Tabela 6 – Resultados Quase pico para a frequência de 15,9990 MHz

Laboratório	Medida	Erro	Status
1	28,060	-1,59454	INSATISFATÓRIO
2	46,100	0,358802	
3	48,360	0,621001	
4	32,430	-1,05093	INSATISFATÓRIO
5	48,300	0,575103	
6	38,860	-0,41232	
7	47,900	0,535805	
8	47,500	0,490529	
9	47,100	0,449356	

Os valores Average apresentaram características similares aos de quase pico.

7.2 – Valores pesquisados

Os dados obtidos na segunda etapa do ensaio, a prospecção de picos que não os pré-definidos, não apresentaram repetitividade que permitisse estabelecer uma relação entre os laboratórios

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT ISO/IEC 43-1 – Ensaio de proficiência por comparações interlaboratoriais
- [2] CISPR 22 - Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement