

# Aspectos da Compatibilidade Eletromagnética em Cabinas

**Rogério Jacques de Moraes (in memoriam) e Marcus Barthus Azevedo, NMI Brasil Ltda.**

Rodovia SP-101, km 09 – CEP 13185-900, Hortolândia, SP, Brasil

Fone: (19) 3845-5965 / Fax: (19) 3845-5964 / E-mail: nmibrasil@mpc.com.br

*Cabinets, shelters, containers, chambers and enclosures may or may not present shielding effects against electromagnetic radiation. When they have no shielding effects, equipment and devices installed inside must comply with standard recommendations on electromagnetic compatibility (EMC). As an example, the Brazilian standard NBR 12304 applies to information technology equipment (ITE), where limits for emission of radio disturbance are established. The shielding effect can be verified by measurement of the cabinet shielding attenuation in accordance with the European standard EN 50147-1, for example. This standard also establishes limits of shielding attenuation for high performance shielded enclosures and standard performance shielded enclosures. Some comments about cabinets utilization and measurement method of shielding attenuation are presented.*

## 1 Introdução

As cabinas, abrigos, câmaras e recintos fechados são construídos para proteção dos equipamentos elétricos e eletrônicos instalados no seu interior contra as intempéries climáticas, descargas elétricas atmosféricas, sinais de radiofrequência e para proteção física. Também servem para atenuar as emissões radioelétricas não intencionais geradas pelos equipamentos instalados no seu interior.

A compatibilidade eletromagnética é conseguida quando os equipamentos instalados no seu interior funcionam satisfatoriamente sem introduzir perturbações eletromagnéticas intoleráveis no ambiente externo da cabina. O efeito de blindagem das cabinas é avaliado pela atenuação dos sinais externos à cabina quando medidos no seu interior, e vice-versa.

Normas nacionais e internacionais estabelecem limites e métodos de medição para as emissões de perturbação de radiofrequência e para imunidade às perturbações.

O local de instalação da cabina pode estar sujeito a perturbações eletromagnéticas de elevada intensidade e espectro amplo, como 30 V/m para o campo elétrico, desde 9 kHz a 1000 MHz e 3 V/m de 1 GHz a 40 GHz, para locais industriais e de tráfego intenso de veículos [1]. Por outro lado a maioria dos equipamentos elétricos toleram um campo elétrico perturbador de 0,3 V/m. Assim sendo a cabina que atenua as perturbações externas de 100:1 na intensidade de campo elétrico, ou 40 dB, de 9 kHz a 1000 MHz, e de 10:1, ou 20 dB de 1 GHz a 40 GHz, já apresenta o efeito de blindagem de forma satisfatória. Pode-se acrescentar 10 dB na atenuação como fator de tolerância. Há casos especiais nos quais o ambiente eletromagnético é bem mais agressivo do que o citado aqui, e também nos quais os equipamentos instalados no interior da cabina são bem mais suscetíveis, e nesses casos a atenuação de blindagem da cabina deve ser bem maior.

A cabina pode também ser utilizada para blindar equipamentos instalados no seu interior que geram níveis altos de perturbação de forma que tais perturbações se tornam toleráveis no exterior da cabina. Quando for necessário o acesso ou permanência de pessoas para operação ou manutenção no interior da cabina com equipamentos energizados, deve ser respeitado também o limite máximo de exposição ocupacional a campos eletromagnéticos de alta frequência, mostrado na Tabela 1, abaixo [2]:

Níveis de referência para exposição ocupacional a campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo			
Faixa de frequência	Intensidade de campo elétrico eficaz, $E$ (V/m)	Intensidade de campo magnético eficaz, $H$ (A/m)	Densidade de potência onda plana equivalente $Seq$ ( $W/m^2$ )
9 kHz - 65 kHz	610	24,4	—
0,065 MHz - 1 MHz	610	$1,6/f$	—
1 MHz - 10 MHz	$610/f$	$1,6/f$	—
10 MHz - 400 MHz	61	0,16	10
400 MHz - 2000 MHz	$3\sqrt{f}$	$0,008\sqrt{f}$	$f/40$
2 GHz - 300 GHz	137	0,36	50

**Notas:** 1 – ‘ $f$ ’ em MHz  
 2 – Para frequências entre 100 kHz e 10 GHz, deve-se calcular o valor médio de  $Seq$  ou os valores eficazes de  $E$  e  $H$ , raiz quadrada da média dos quadrados, em qualquer período de 6 minutos. Para frequências superiores a 10 GHz, o período é  $68 \cdot fg^{1,05}$  minutos, com  $fg$  em GHz.

Tabela 1 – Níveis de referência para exposição ocupacional a campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo

## 2 Ensaio da Cabina

A medição da atenuação de blindagem pode ser realizada tendo como base a norma EN 50147-1 [3], que estabelece os métodos e os instrumentos de medição para a faixa de 9 kHz a 40 GHz, aplicáveis a câmaras anecóicas, cabinas, câmaras e salas blindadas.

A atenuação de blindagem é expressa por:

$$as = 20 \cdot \log \left( \frac{E_0}{E_1} \right) \text{ para campo elétrico, e } as = 20 \cdot \log \left( \frac{H_0}{H_1} \right) \text{ para campo magnético}$$

onde  $as$  é a atenuação de blindagem em dB,

$E_0$  e  $H_0$  são as intensidades dos campos elétrico  $E$  e magnético  $H$ , num local sem a blindagem e distância de medição  $d_0$  entre as antenas emissora e receptora.

$E_1$  e  $H_1$  são as intensidades dos campos  $E$  e  $H$  no mesmo local porém com a parede da cabina entre as antenas e a mesma distância  $d_0$ .

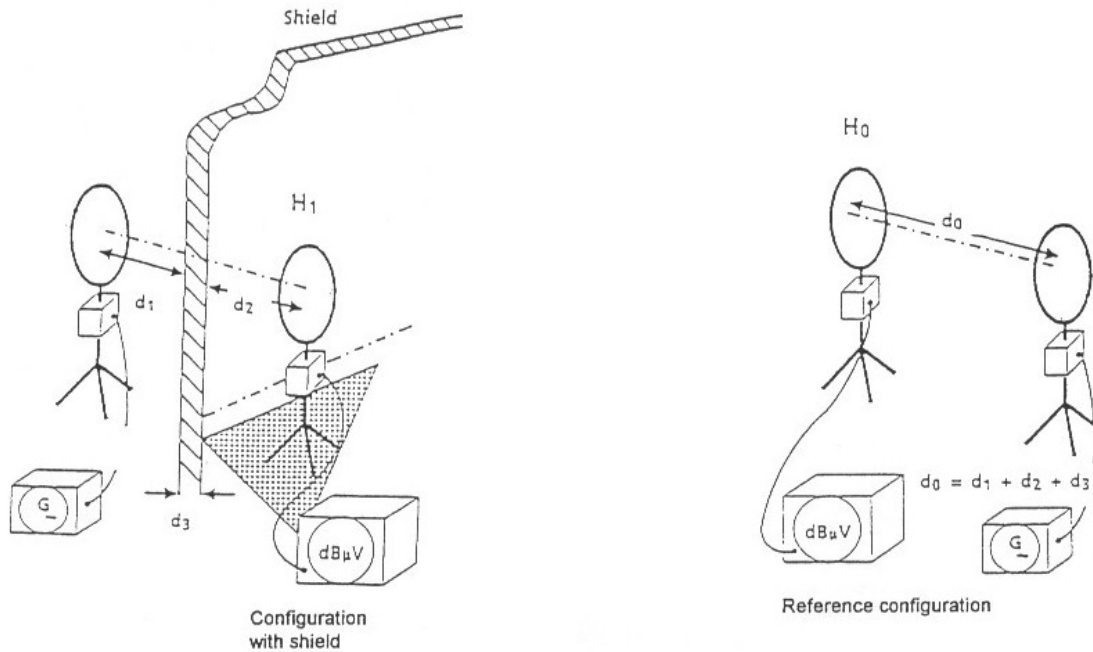
$$d_0 = d_1 + d_2 + d_s$$

$d_1$  = distância da antena emissora à parede da cabina,

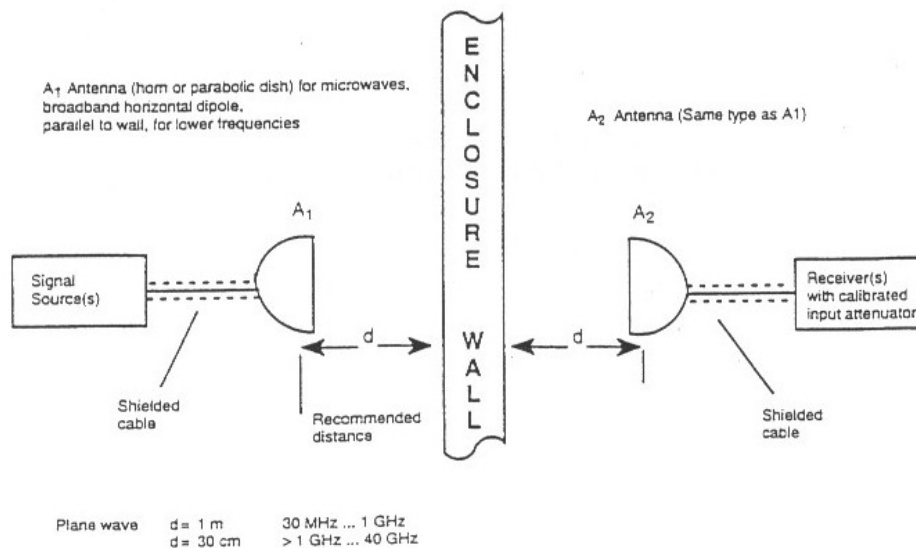
$d_2$  = distância da antena receptora à parede da cabina,

$d_s$  = espessura da parede da cabina.

A Figura 1 mostra a montagem para medição dos campos  $E$  e  $H$ .



Test set-up for magnetic field measurements



Test set-up for plane wave measurements (30 MHz - 40 GHz)

Figura 1 – Montagem para medição do campos  $E$  e  $H$

Na medição do campo  $H$  as antenas são circulares com diâmetro variando entre 30 cm e 70 cm, preferencialmente 70 cm, paralelas à parede da cabina, diretamente oposta uma à outra, as distâncias são  $d_1 = d_2 = 30\text{ cm}$ , e as frequências recomendadas de medição são: 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz, 10 MHz e 30 MHz.

Na medição do campo  $E$  as antenas podem ser dipolos ou monopolos com plano terra, as distâncias de medição são as mesmas e as frequências recomendadas de medição são: 10 MHz e 30 MHz.

Na medição de onda plana, na faixa de 30 MHz a 1 GHz, as antenas são dipolos horizontais faixa larga, e as distâncias de medição são  $d_1 = d_2 = 1\text{ m}$ ; e na faixa de 1 GHz a 40 GHz, as antenas podem ser cornetas ou discos parabólicos, e as distâncias de 30 cm. As frequências recomendadas são: 100 MHz, 400 MHz, 1 GHz, 10 GHz e 40 GHz, ao menos, dependendo da faixa de frequência especificada para a cabina.

Medições preliminares com sensores de campo devem ser realizadas ao redor da armação da porta, das juntas de acesso, de filtros, de dutos de ar, com todos os elementos utilizados normalmente instalados, principalmente os que influenciam na blindagem com o intuito de identificar os locais de maior nível de sinal,

A Figura 2 apresenta os valores típicos de atenuação de blindagem.

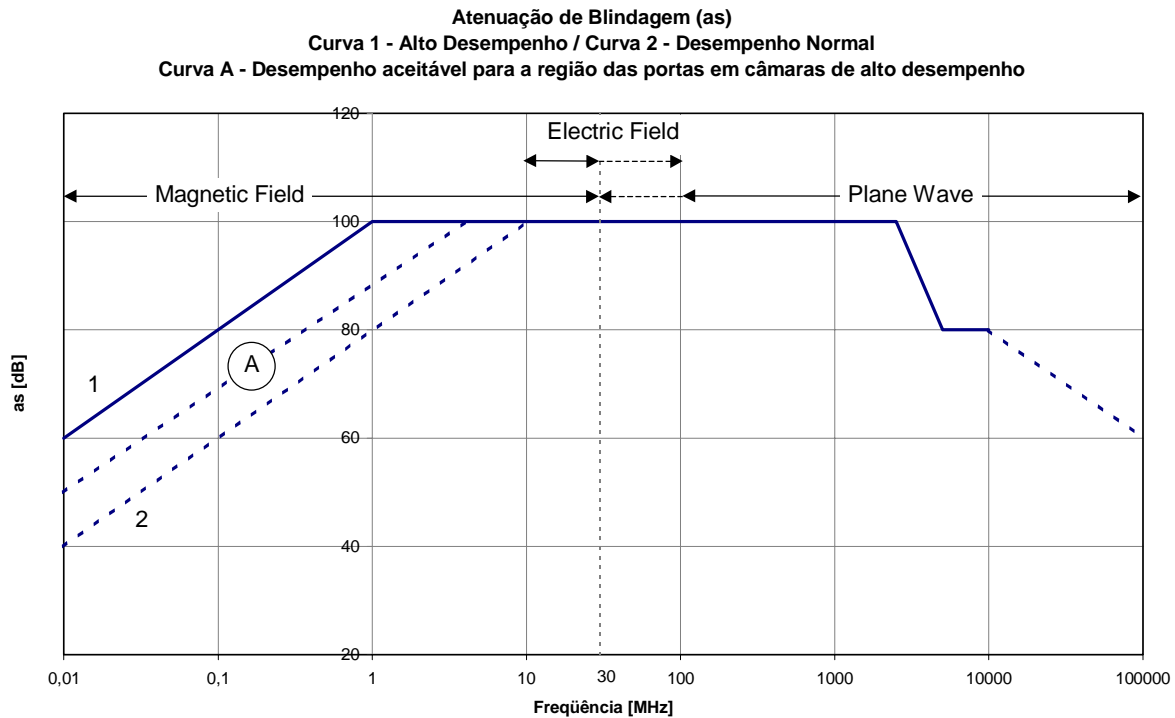


Figura 2 – Valores típicos de atenuação de blindagem

## 2.1 Cabina com equipamento de tecnologia de informação

Os equipamentos de tecnologia da informação, tais como processadores de dados e de telecomunicações, com exceção de radiotransmissores e receptores e com sistema de alimentação de energia que não excede 600 V estão sujeitos às normas NBR 12304 [4] ou CISPR 22 [5] quanto as emissões radiadas e conduzidas.

Quanto à emissão radiada, a NBR 12304 especifica limites para o campo elétrico medido com detetor quase-pico, de 30 dB $\mu$ V/m entre 30 MHz a 230 MHz e de 37 dB $\mu$ V/m entre 230 MHz a 1000 MHz. A distância de proteção é de 10 m para equipamento classe B, residencial, e de 30 m para classe A, não residencial. A CISPR 22 apresenta os mesmos limites e distância de medição de 10 m para classe B e para classe A os limites são acrescidos de 10 dB e a distância de medição é de 10 m. Os limites das duas normas são equivalentes quando se adota o critério que o campo elétrico varia inversamente com a distância de medição.

No método de medição recomendado, a antena de medição é dipolo elétrico, as medições devem ser realizadas com polarização horizontal e vertical, a altura da antena de medição é variada de 1 m a 4 m, e o azimute do equipamento sob ensaio é variado de 0 a 360 graus. O intuito é obter o maior nível do campo elétrico emitido pelo equipamento. Devido à presença do plano de terra, o campo elétrico medido é o resultado da onda direta e da refletida pelo plano terra. O medidor utilizado detecta o valor quase-pico.

## 2.2 Ensaio alternativo

Uma cabina com equipamentos de tecnologia da informação instalados no seu interior pode estar sujeita às normas aplicáveis a equipamentos de tecnologia da informação.

O efeito de blindagem da cabina para as emissões radiadas na faixa de 30 MHz a 1000 MHz pode ser avaliada utilizando-se o método de medição descrito anteriormente e utilizando-se uma antena monopolo curto como antena emissora, instalada no interior da cabina. A distância de medição é de 10 m e a atenuação de blindagem é dada por:

$$as = 20.\log\left(\frac{E_0}{E_1}\right) = 20.\log\left(\frac{E_0}{1\mu\text{V/m}}\right) - 20.\log\left(\frac{E_1}{1\mu\text{V/m}}\right) = E_0 - E_1 \text{ (dB}\mu\text{V/m)}$$

onde  $E_0$  é medido com a antena emissora fora da cabina e  $E_1$  com a antena emissora no interior da cabina. A distância de medição é de 10 metros, sendo que para o primeiro caso, entre as duas antenas e para o segundo caso, entre a antena de medição e a parede externa da cabina.

O medidor mantém na tela o valor máximo para cada frequência enquanto se varia a altura da antena de medição entre 1 m a 4 m, e se varia o azimute da antena emissora quando for a da cabina, ou se varia o azimute da cabina quando a antena emissora está dentro da cabina. O ensaio é repetido com a antena emissora alinhada com cada uma das direções principais do interior da cabina.

Este método de ensaio apresenta as vantagens:

- Utiliza os mesmos procedimentos de ensaio que os da norma aplicada,
- Permite identificar as regiões da cabina que apresenta menor atenuação, pela variação do azimute quando se gira o piso de sustentação da cabina,
- Permite identificar a polarização da antena emissora que corresponde à menor atenuação,
- Permite identificar frequências de ressonâncias internas, quando se varia a frequência dentro da faixa de medição e não apenas nas frequências recomendadas,
- A antena de medição não é influenciada pela proximidade das paredes da cabina.

## 3 Conclusão

Foram apresentados um método normalizado de medição de atenuação de blindagem e um método alternativo, a comparação entre os dois métodos e comentários sobre a utilização de cabinas. A Figura 3 mostra os limites de exposição, de emissão e de suscetibilidade.

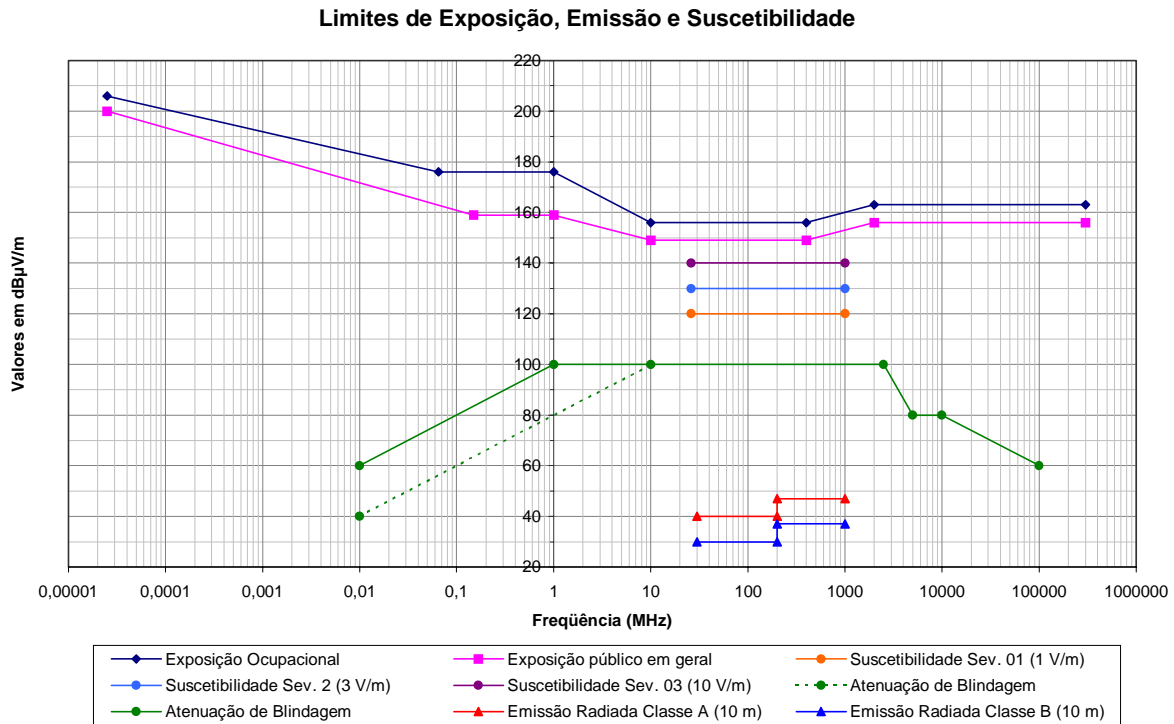


Figura 3 – Curva composta de limites de exposição, de emissão e de suscetibilidade

## 4 Referências

1. IEC 1000-2-1, First Edition, 1990 – Description of the environment – Electromagnetic Environment for Low-Frequency Conducted Disturbances and Signalling in Public Power Supply Systems.
2. Diretrizes para Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos, variáveis no tempo (até 300 GHz ), ABRICEM, dezembro 1999.
3. EN 50147-1, March 1996: Anechoic Chambers – Part 1: Shield Attenuation Measurement.
4. NBR-12304: 1992 – Limites e Métodos de Medição de Radioperturbação em Equipamentos para Tecnologia da Informação.
5. CEI/IEC CISPR 22: 1997 – Information Technology Equipment – Radiodisturbance Characteristics – Limits and Methods of Measurement.