

## *Compatibilidade Eletromagnética*

### *Ensaio de Imunidade Radiada*

*Portaria INMETRO n° 115 – Radares*

*Portaria INMETRO n° 236 – Balanças*

Docto. n.º TEM025 Rev. 2.0

Este documento contém 10 páginas e só pode ser reproduzido com autorização formal prévia do IBEC.

**Instituto Brasileiro de Ensaios de Conformidade Ltda.**

Rod. Jorn. Francisco Aguirre Proença (SP-101), km 09, s/nº – Cond. Tech Town, Prédio 32  
Bairro Chácaras Assay – Hortolândia – SP – Brasil – CEP 13186-904

Telefone: (19) 3845-5965 / Fax: (19) 3845-5964 / E-mail: [contato@ibec.com.br](mailto:contato@ibec.com.br) / Site: [www.ibec.com.br](http://www.ibec.com.br)

## **Sumário**

---

<b>1. OBJETIVO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ENSAIO DE IMUNIDADE RADIADA.....</b>	<b>1</b>
2.1. Portaria INMETRO nº 236 – Instrumentos de pesagem .....	2
2.2. Portaria INMETRO nº 115 – Radar .....	3
<b>3. CUIDADOS COM O PROJETO PARA ESTE ENSAIO.....</b>	<b>4</b>
3.1. Circuito.....	4
3.2. Aterramento.....	4
3.3. Filtros .....	6
3.4. Blindagem .....	8

## **1. OBJETIVO**

---

O objetivo desta apostila é descrever e explicar os ensaios de compatibilidade eletromagnética solicitados ao IBEC na área de metrologia legal, realizados principalmente em instrumentos de pesagem (balanças) e medidores de velocidade de veículos automotivos (radares de trânsito).

Dentre os ensaios na área de compatibilidade eletromagnética solicitados para metrologia legal, o IBEC é reconhecido pelo INMETRO para realização do ensaio de Imunidade Radiada.

## **2. ENSAIO DE IMUNIDADE RADIADA**

---

Este ensaio tem como objetivo demonstrar a imunidade do equipamento eletro-eletrônico quando sujeito a campos eletromagnéticos de rádio-freqüência. Muitos equipamentos eletrônicos são, de alguma forma, afetados por radiação eletromagnética. Esta radiação é freqüentemente gerada por fontes, tais como, um pequeno rádio transceptor manual como aqueles usados por operadores, pessoal de manutenção e seguranças, estação de transmissão fixa de rádio e televisão, rádio transmissor em veículos, e várias outras fontes eletromagnéticas industriais.

Em adição à energia eletromagnética efetivamente gerada, também há radiação espúria causada por dispositivos, tais como, soldadores, tiristores, luzes fluorescentes, interruptores que operam cargas indutivas, etc. Na maior parte, esta interferência se manifesta como interferência elétrica conduzida e, como tal, é tratada por outras normas (e.g., IEC 61000-4-6).

O ensaio de imunidade radiada tem a finalidade de garantir o funcionamento do normal do equipamento quando ele é exposto a uma campo eletromagnético, visando garantir seu correto funcionamento junto a outros equipamentos como celulares, estações de rádio e TV, etc. Dessa forma o equipamento recebe um “bombardeio” de rádio-freqüência.

O equipamento é colocado de frente a uma antena através da qual a interferência é emitida, e seu funcionamento é monitorado, na maiores das vezes através de uma câmara de vídeo.

## 2.1. Portaria INMETRO nº 236 – Instrumentos de pesagem

Esta portaria solicita o ensaio de imunidade radiada com intensidade de campo de 3 V/m, na faixa de frequência de 26 MHz a 1000 MHz, e tem base na norma IEC 801-3.

Para garantir a total imunidade do equipamento ao campo eletromagnético, o mesmo é exposto em suas quatro faces para a antena. Para cada face, o equipamento é submetido a interferências com a antena nas polarizações vertical e horizontal.

A balança é ensaiada com sua carga mínima e durante a exposição ao campo não deve ocorrer uma variação no display de  $\pm$  uma divisão.

Exemplo: Para uma carga mínima de 100 g, com divisão de 5 g, a variação máxima permitida é de 95 g a 105 g.

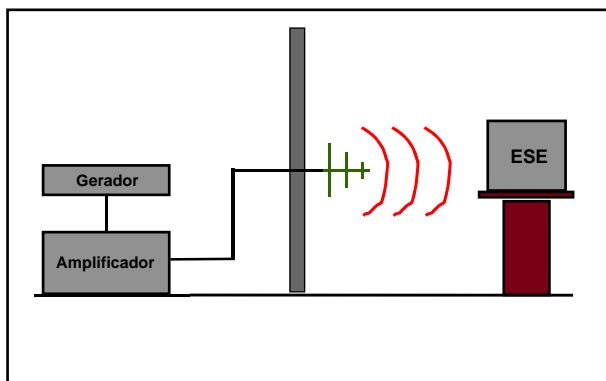


Figura 1 – Diagrama do ensaio de imunidade radiada

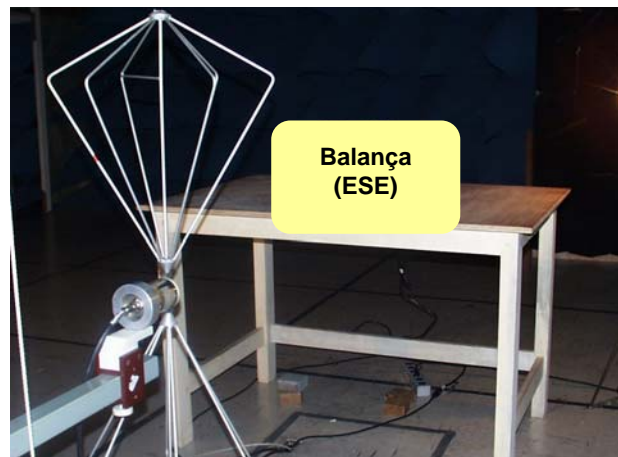


Foto 1 – Setup de imunidade radiada

## 2.2. Portaria INMETRO nº 115 – Radar

Esta portaria solicita o ensaio de imunidade radiada com intensidade de campo de 10 V/m, na faixa de frequência de 80 MHz a 1000 MHz, e tem base na norma IEC 801-3.

Para garantir a total imunidade do equipamento ao campo eletromagnético, o mesmo é exposto em suas quatro faces para a antena. Para cada face, o equipamento é submetido a interferências com a antena nas polarizações vertical e horizontal. Além das quatro faces do radar, o laço indutivo também é submetido a interferência.

O radar é ensaiado em duas condições de operação: radar com simulação de velocidade abaixo da velocidade de infração e radar simulando velocidade de multa.

Durante os ensaios não deve haver registro de infração sem velocidade de multa. As imagens registradas devem estar legíveis e não deve haver alteração de velocidade no indicador de  $\pm 1$  km/h para valores medidos até 100 km/h e  $\pm 2$  km/h para valores medidos superiores a 100 km/h.

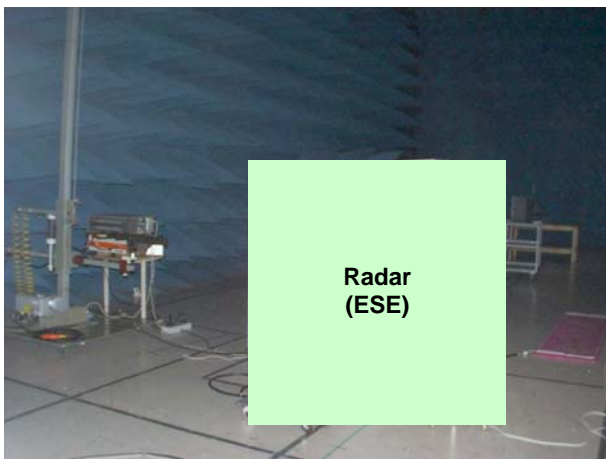


Foto 2 – Ensaio de imunidade radiada – Equipamento

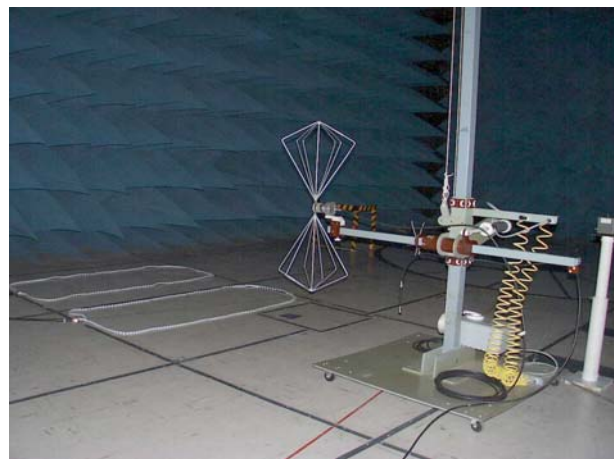


Foto 3 – Ensaio de imunidade radiada – Laço

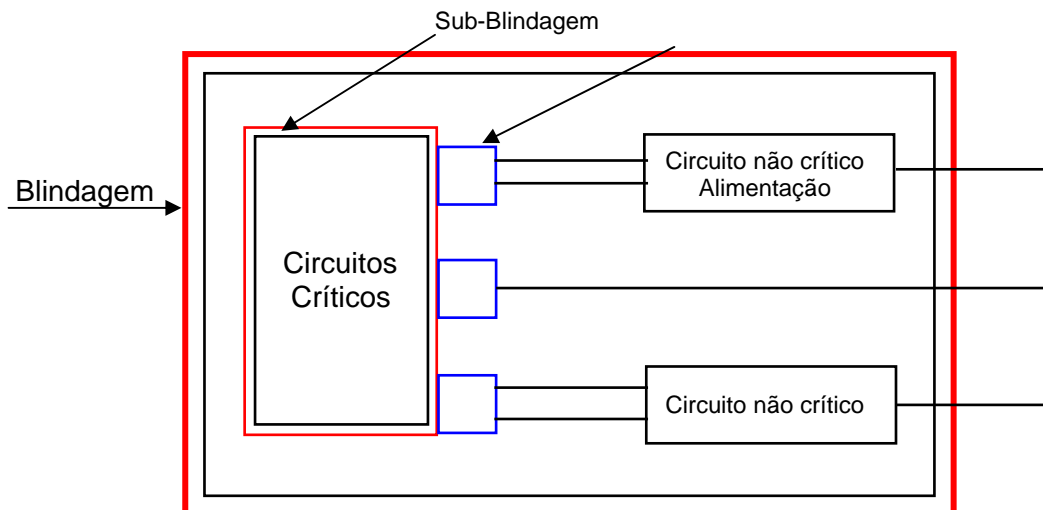
### 3. CUIDADOS COM O PROJETO PARA ESTE ENSAIO

---

#### 3.1. Circuito

A maior parte das interferências são ocasionadas por indução nos cabos de conexão do equipamento. Estes cabos tornam-se transdutores, particularmente próximo as frequências ressonantes (comprimento do cabo é múltiplo de um quarto do comprimento de onda).

O primeiro passo para o desenvolvimento é particionar o sistema. A maioria dos sistemas possuem componentes e sub-sistemas separados em diferentes áreas da placa ou blindados porém, as interfaces que são conectadas a portas externas são afetadas através dos periféricos. O sistema deve ser particionado em **circuitos críticos**: circuitos microprocessados, vídeo, circuitos analógicos que operam com baixos níveis e tensão e **circuitos não críticos**: fontes lineares, circuitos que não operam com *clock*.



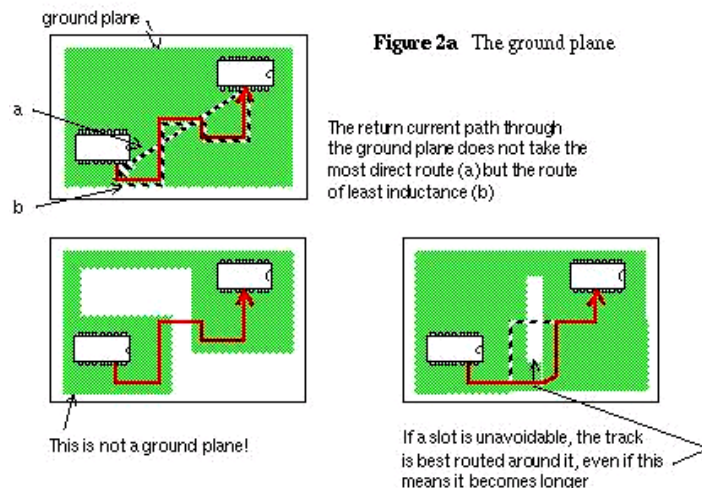
#### 3.2. Aterramento

A definição clássica de terra é: ponto equipotencial que serve de referência para um circuito ou sistema. Mesmo quando a corrente é insignificante, induzida devido aos campos elétricos ou ambientes magnéticos, causará deslocamentos no potencial de terra. Uma definição alternativa para terra: caminho de baixa impedância por onde a corrente retorna a fonte.

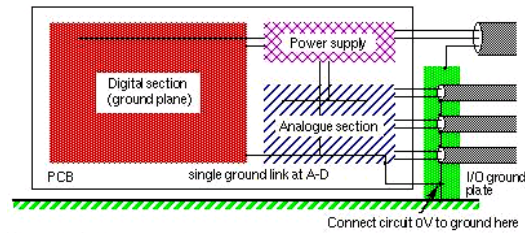
Isto enfatiza o fluxo da corrente e a necessidade conseqüente de uma baixa impedância que torna-se ainda mais apropriada quando as altas frequências são envolvidas.

A impedância de terra é determinada por sua indutância em frequências um pouco maiores que kHz, e a indutância das trilhas da placa depende principalmente de seu comprimento. Por exemplo: 10 cm de comprimento e 0.5 mm de espessura corresponde a aproximadamente 60 nH, enquanto 2 cm de comprimento correspondem a 12 nH. Trilhas paralelas podem reduzir a indutância contanto que estejam separadas o bastante para neutralizar o efeito da indutância mútua. O caminho das trilhas de terra paralelas devem dar forma ao layout do aterramento, tornando uma estrutura em forma de grade. Isto maximiza o número de diferentes caminhos para circulação da corrente minimizando a indutância para toda rota dada ao sinal. Quando um número infinito de trajetos paralelos é fornecido e o condutor de terra é contínuo o aterramento passa a ser chamado de plano terra. Isto é fácil de se obter em uma placa multilayer e possibilitar uma baixa indutância de terra, utilizando-se de trilhas não interrompidas. Note que a finalidade do plano terra não é a blindagem mas sim dar um caminho de baixa impedância para as altas frequências.

A regra importante a ser lembrada é que não deve haver nenhuma ruptura na camada plana abaixo das trilhas críticas, as quais desviariam o fluxo da corrente de retorno e aumentaria a área eficaz de loop (Figura 2), esta trilhas também não devem estar situadas próximas às bordas do plano.

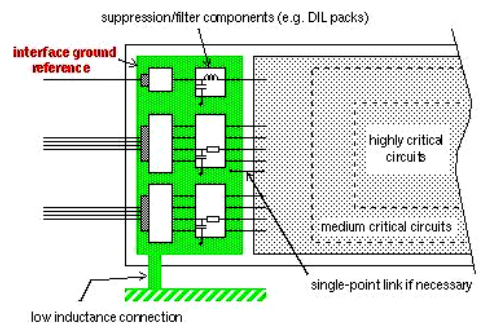


O efeito de reduzir a indutância de terra dentro do circuito deve minimizar o ruído deste que é auto-gerado nos circuitos digitais e para minimizar as tensões de terra diferenciais geradas pela interferência. Mas estes pontos não podem ser inteiramente eliminados, as correntes da interferência devem ser desviadas afastando-a do circuito de entrada e dos cabos de saída. O plano de terra da seção digital deve ser separado do analógico e as seções de I/O, e o terra digital somente deve ser conectado as interfaces com referência de terra (veja texto abaixo) em um único ponto. Os cabos de I/O (incluindo os de alimentação) devem ser agrupados juntos e o terra do circuito, se necessário, deve ser conectado neste ponto (Figura 3). Cabos blindados não devem ser conectado ao 0 V da placa mas diretamente ao terra de referência através da rota a mais curta.



**Figure 3** I/O ground configuration

Uma ameaça principal de EMC a todo o equipamento ocorre em suas interfaces, e tratar das correntes da interferência em modo comum nestas interfaces é essencial. Isto é obtido criando-se uma estrutura de terra com baixa impedância de transferência onde ocorra o desacoplamento de RF de todas as linhas de interface. Os efeitos de interferência e diferença de potenciais através das portas devem ser minimizados utilizando metal ou placa metálica na montagem dos conectores, ou designando uma parte do placa como um plano de terra da interface para a mesma finalidade (Figura 3a). Esta referência de terra da interface deve sempre ser uma parte integral do projeto mesmo que não apareça em um diagrama de circuito funcional.

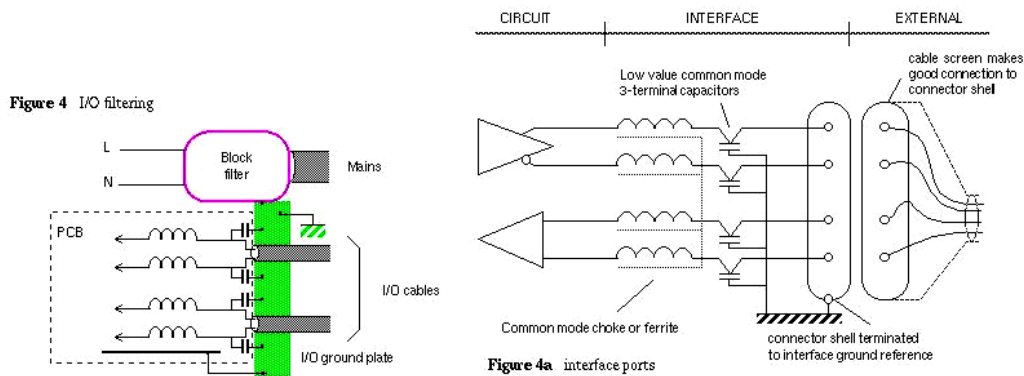


**Figure 3a:** the interface ground reference

### 3.3. Filtros

As linhas I/O não blindadas devem ser filtradas desacoplando-se o ruído ao terra de referência da interface no ponto em que entram ou saem da blindagem (Figura 4). A finalidade desta é desviar correntes da interferência de modo que não fluam nos circuitos ou para fora deste através dos cabos. Os capacitores e os indutores de filtro de RF são necessários para este caso. Os capacitores devem ser montados com ligações curtas e perto do terra para minimizar sua indutância, e os indutores devem ser montado de modo a minimizar a capacitância através do espaçamento existente no enrolamento. Os ferrites da supressão são úteis para reduzir correntes no cabo da em altas freqüências. Um filtro na alimentação é essencial se você estiver usando uma fonte chaveada.

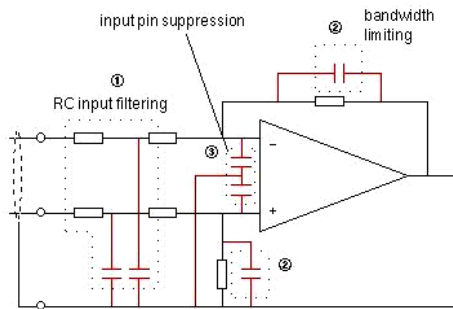
O mais importante é assegurar-se de que o filtro tenha bom desempenho em alta frequência e está instalado corretamente. A conexão de terra do filtro deve fazer um bom contato (baixa impedância) ao terra de referência da interface e mesmo um comprimento curto de fio (maior de 5 cm) pode ter um efeito desagradável no desempenho do filtro. O contato metal-metal é altamente desejável.



Há duas maneiras de solucionar o problema de correntes de modo comum em cabos do sinal: selecione-os ou filtre-os (Figura 4a).

A técnica pressupõe a existência de interface aterrada. Utilizando-se de cabos blindados: determine qual impedância de transferência é necessária para o próprio cabo, e certifique-se de que você utiliza cabos do desempenho igual ou melhor. Crucialmente, o desempenho do cabo é irrelevante se a blindagem for degradada por uma conexão de má qualidade ao terra da interface. Evite emendas e se certifique de que a blindagem está íntegra, em caso de emendas faça-as curtas. Se a interface puder ser filtrada, um cabo blindado pode ser desnecessário. Todas as linhas na interface devem ser filtradas, incluindo as linhas 0 V. Os filtros podem consistir em um paralelo de capacitores 3-terminal diretamente ligados ao terra da interface, e indutores ou ferrites, ou a uma combinação de ambos. A configuração dependerá do impedância de modo-comum em cada lado da interface.

Ou, filtrando no nível do circuito: muitos circuitos analógicos não têm nenhuma dificuldade com interferências, contanto que sua largura de faixa de operação seja controlada corretamente. Deve-se incluir um filtro RC passa baixa na linha, em especial entradas; adicionar capacitores de baixo-valor (por exemplo 47 pF) diretamente através dos pinos da entrada do amplificador e circuitos como comparadores, caso os capacitores comprometam a estabilidade do circuito pode-se adicionar ferrites em série com as entradas.



**Figure 5** Circuit bandwidth

### 3.4. Blindagem

Ou, realizar uma blindagem especial para o circuito mais crítico. Para circuitos muito ruidosos ou muito suscetíveis esta pode ser uma parte necessária da estratégia total, mas é ineficaz a menos que todas as aproximações restantes forem também seguidas. As aberturas e outras discontinuidades também podem ser ponto de entrada para ruído e devem ser tratadas. Cabe ressaltar que preferencialmente nenhuma abertura deve exceder a dimensão de 3 cm (comprimento de onda em 1 GHz). Os furos de ventilação ou as grades são aceitáveis contanto que sejam constituídas de diversos furos ou pequenos entalhes. As aberturas, em teclados por exemplo, causam geralmente a maioria de problemas.

