

Requisitos de Compatibilidade Eletromagnética para Medidores de Umidade de Grãos

Juan Carlos Mateus Sánchez, D.Sc.

Chefe do Setor de Medição de Grandezas Elétricas – Segel/Dimel

Introdução

- A compatibilidade eletromagnética (EMC) é a habilidade de um dispositivo ou sistema de funcionar em seu ambiente eletromagnético de maneira satisfatória sem produzir ou ser susceptível à perturbações eletromagnéticas.
- Um sistema ou dispositivo é eletromagneticamente compatível com seu ambiente se satisfaz os seguintes 3 critérios:
 - Não causa interferência com outros sistemas.
 - Não é susceptível às emissões de outros sistemas.
 - Não causa interferência a si mesmo.



Introdução

- Os ensaios de EMC tem por objetivo determinar a susceptibilidade do instrumento de medição perante perturbações eletromagnéticas.
- Os ensaios de EMC são apenas uma parte da aprovação do modelo, sendo as perturbações eletromagnéticas consideradas como grandezas de influência.
- As perturbações eletromagnéticas já tem sido estudadas e classificadas para os mais variados ambientes eletromagnéticos, portanto, o projeto do instrumento de medição deve considerar este ambiente.
- Os comitês de produto especificam as perturbações eletromagnéticas às quais deve ser submetido o instrumento de medição.



Introdução

- Basicamente os ensaios de EMC consistem em levantar o erro de medição do instrumento quando aplicadas as perturbações eletromagnéticas.
- Para determinar se o instrumento é susceptível a uma determinada perturbação, basta comparar o erro obtido durante a aplicação do distúrbio com o erro obtido em condições normais.
- A variação do erro de medição (com e sem perturbação) deve estar dentro de limites estabelecidos pelos comitês de produto. O caso contrário é considerado “falha significativa”.
- Alguns comitês de produto consideram que o efeito da perturbação não deve produzir “falha significativa” ou pelo menos o instrumento deve detectar e reagir à falha.

Critérios para aplicação das perturbações

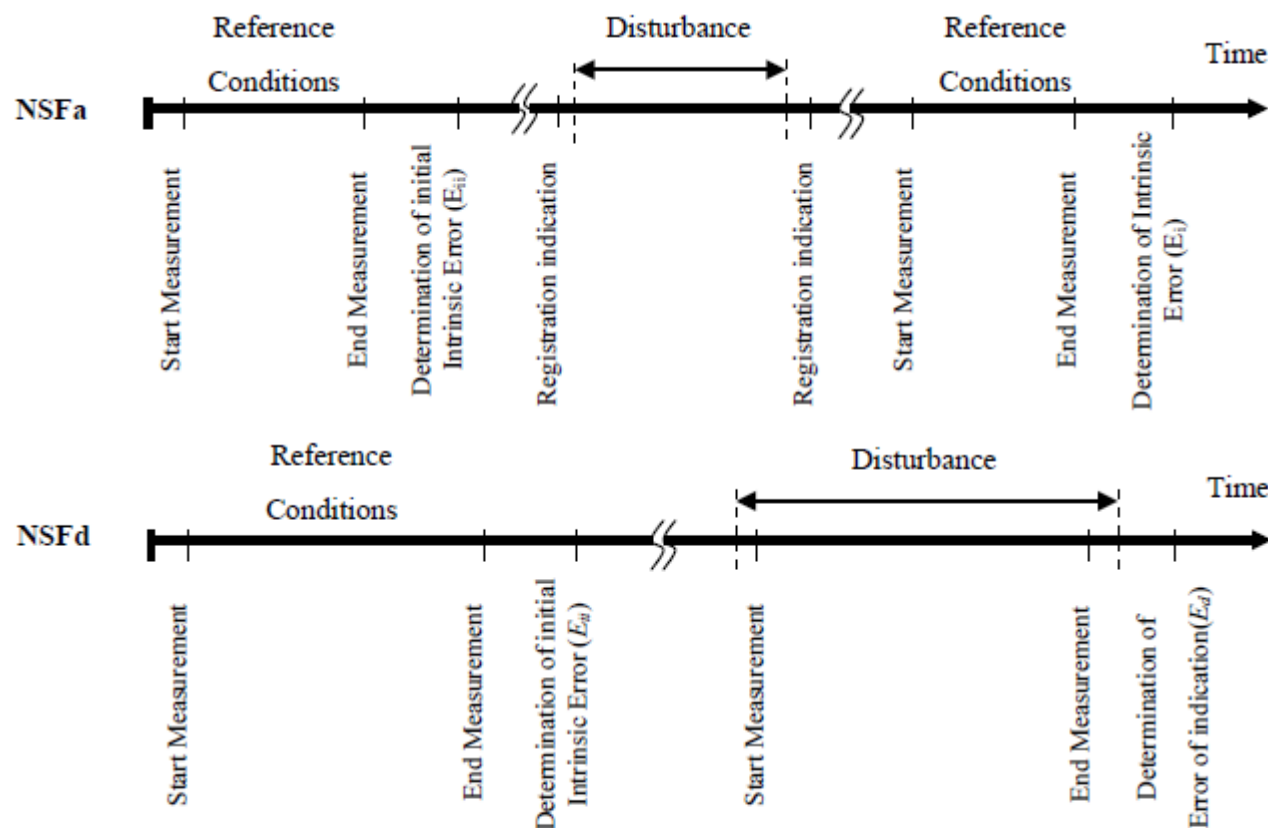


Figure 1 Time sequences for the two conditions:

NSFa (No Significant Fault shall occur after the disturbance), and

NSFd (No Significant Fault shall occur during the disturbance)

Critério depois da perturbação

Especificado quando as perturbações podem produzir mudanças na indicação ou degradação

Critério durante a perturbação

Amplamente especificado especialmente em instrumentos integradores onde não é possível repetir a medição

Perturbações Especificadas pela R59

- O Brasil segue as recomendações da OIML para instrumentos de medição, no caso específico dos medidores de umidade de grãos, o comitê de produto é o TC 17/SC 1 Humidity, que em 2016 publicou a recomendação R59 “*Moisture meters for cereal grain and oilseeds*”.
- Esta recomendação está dividida em 3 partes:
 - *Part 1: Metrological and technical requirements*
 - *Part 2: Metrological controls and performance tests*
 - *Part 3: Test report format*
- Entretanto, é frequente o uso do documento OIML D11:2013 que fornece requisitos gerais sobre as condições ambientais para instrumentos de medição.

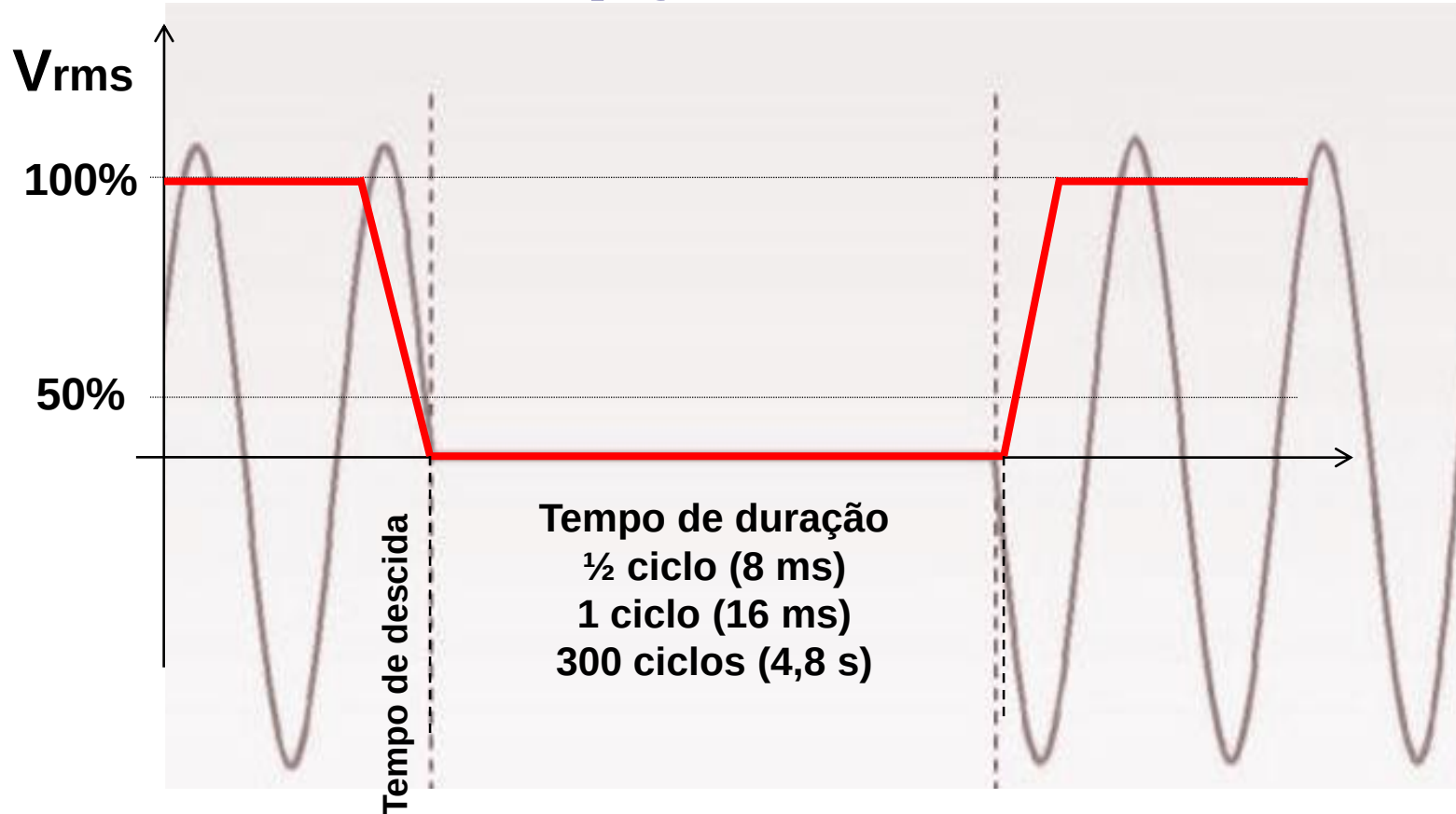
Perturbações Especificadas pela R59

- A Recomendação OIML R59, considera que as seguintes perturbações eletromagnéticas, são comumente encontradas nos ambientes onde os medidores de umidade de grãos serão usados:
 - *Curtas interrupções, variações e quedas de tensão na alimentação CA*
 - *Transientes elétricos na linha de alimentação CA*
 - *Descargas eletrostáticas*
 - *Campos eletromagnéticos de RF irradiados*
 - *Campos eletromagnéticos de RF conduzidos*
- A seguir será explicado em que consiste cada um destes ensaios, qual é a norma de referência, quais são os níveis de severidade especificados, quais são os requisitos de aprovação e quais são as dificuldades encontradas na sua realização.

Curtas interrupções, quedas e variações de tensão na alimentação CA

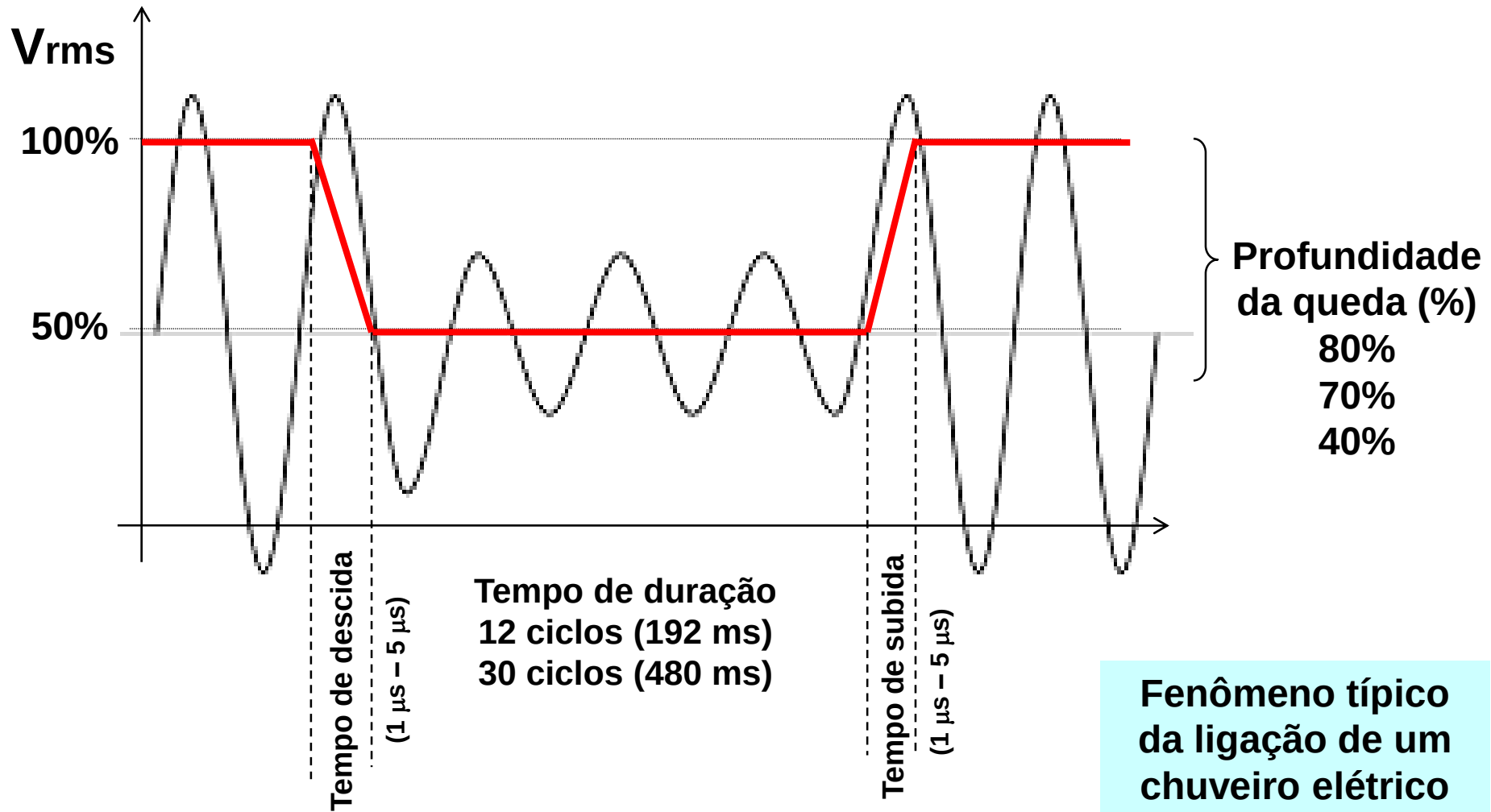
- 1. Características da perturbação (O que é?):** São 3 tipos de distúrbios na tensão de alimentação CA:
 - Curta interrupção (Short interruption)
 - Queda súbita de tensão (Dip)
 - Variação rápida de tensão (Voltage variation)
- 2. Causas:**
 - Curtos circuitos.
 - Rápidas mudanças na carga da instalação.
 - Partida de motores
- 3. Norma de referência:** IEC 61000-4-4:2004.

Curtas Interrupções

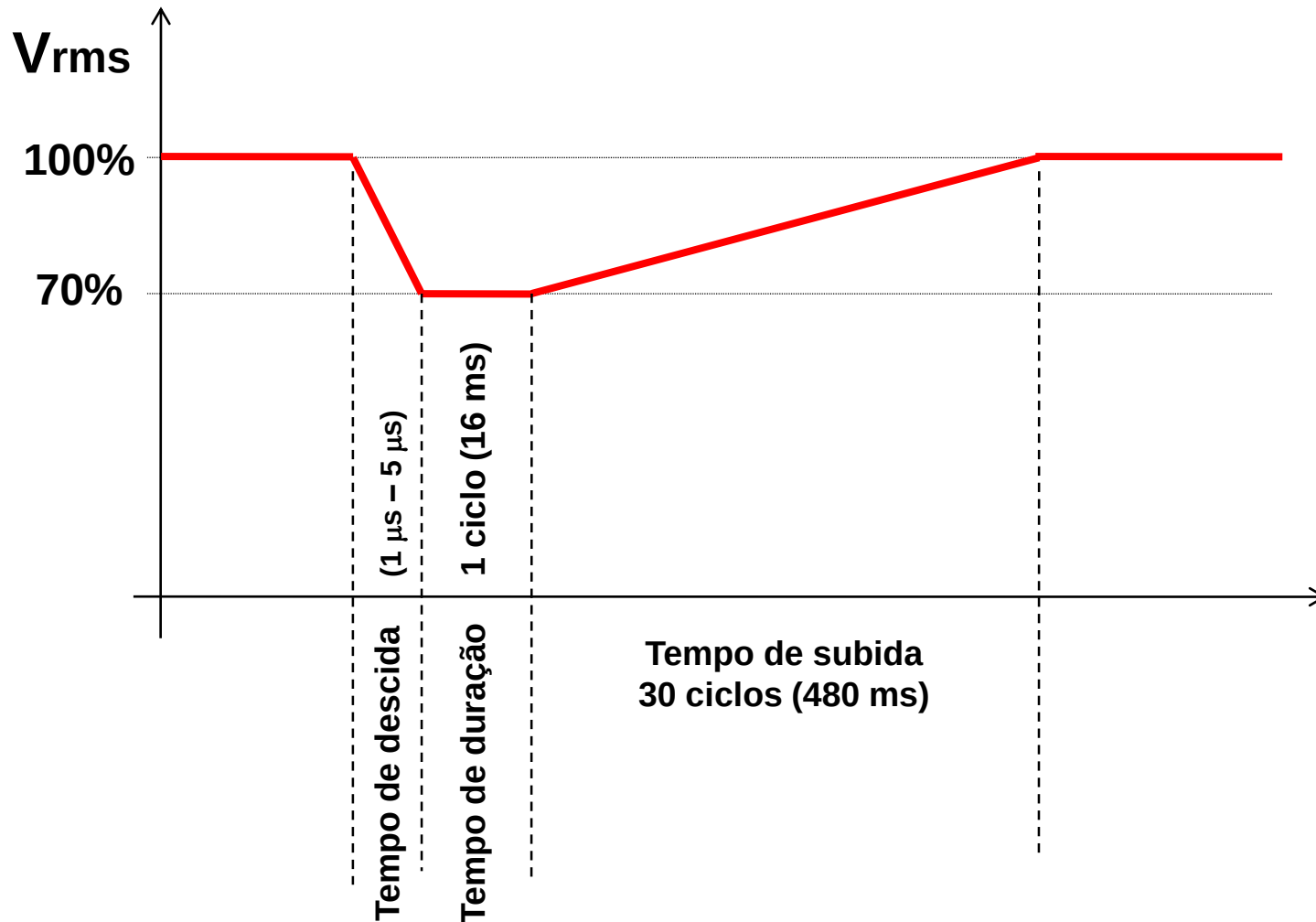


Fenômeno típico de um
curto-circuito em MT

Quedas de tensão (Dip)



Variação de tensão (opcional)



Fenômeno
típico da
partida de um
motor de
indução

Curtas interrupções e quedas de tensão

Níveis de Severidade (IEC 61000-4-11:2004)

Nível	Evento A	Evento B	Evento C	Evento D	Evento E	Evento F	Tipo de Ambiente
1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	No-Break
2	0%; ½ ciclo (8 ms)	0%; 1 ciclo (16 ms)	70%; 30 ciclos (500 ms)	N/A	N/A	0%; 300 ciclos (5 s)	Residencial, Comercial e Industrial
3	0%; ½ ciclo (8 ms)	0%; 1 ciclo (16 ms)	40%; 12 ciclos (200 ms)	70%; 30 ciclos (500 ms)	80%; 300 ciclos (5 s)	0%; 300 ciclos (5 s)	Industrial pesado

- Cada evento deve ser repetido 10 vezes com um intervalo de tempo de no mínimo 10 s entre eventos.
- Duração da sequência: Nível 2 $\approx$ 1,6 minutos; Nível 3 $\approx$ 2,8 minutos.

Especificação da R59 para curtas interrupções e quedas de tensão

- 1. Nível de Severidade 2 da IEC 61000-4-11**
- 2. Fazer 10 medições para cada evento**
 - Dependendo do Instrumento pode ser necessário fazer entre 50 e 90 medições durante este ensaio.
- 3. Critério de aprovação:**
 - Todas as funções deverão operar como projetado (por exemplo, o mostrador).
 - O efeito da perturbação nas medições de umidade não deve exceder os limites da falha significativa ou o instrumento deve detectar e reagir à falha.

Discussão Curtas interrupções

1. Quando o fabricante especifica faixa nominal de tensão

- Por exemplo: 90 V – 240 V

Neste caso deve-se repetir o ensaio 2 vezes!

2. O evento F no limite inferior desliga o equipamento

- Uma interrupção de 5 s é suficiente para desligar o equipamento. Neste caso a medição fica interrompida, não sendo possível obter um resultado da medição nem as 10 medições solicitadas pela recomendação.
- Critério de aprovação:
 - Todas as funções deverão operar como projetado (por exemplo, o mostrador).
 - O efeito da perturbação nas medições de umidade não deve exceder os limites da falha significativa ou o instrumento deve detectar e reagir à falha.

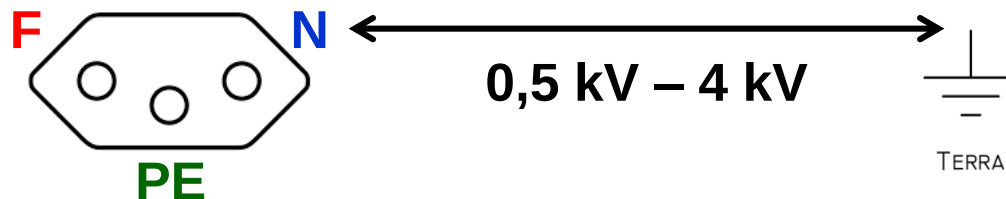
Transientes Elétricos (EFT)

1. Características da perturbação (O que é?):

- Sobre tensão de alta amplitude (0,5 kV até 4 kV)
- Curto tempo de subida (5 ns)
- Rajadas de alta taxa de repetição (5 kHz, 100 kHz)

2. Tempo de ensaio:

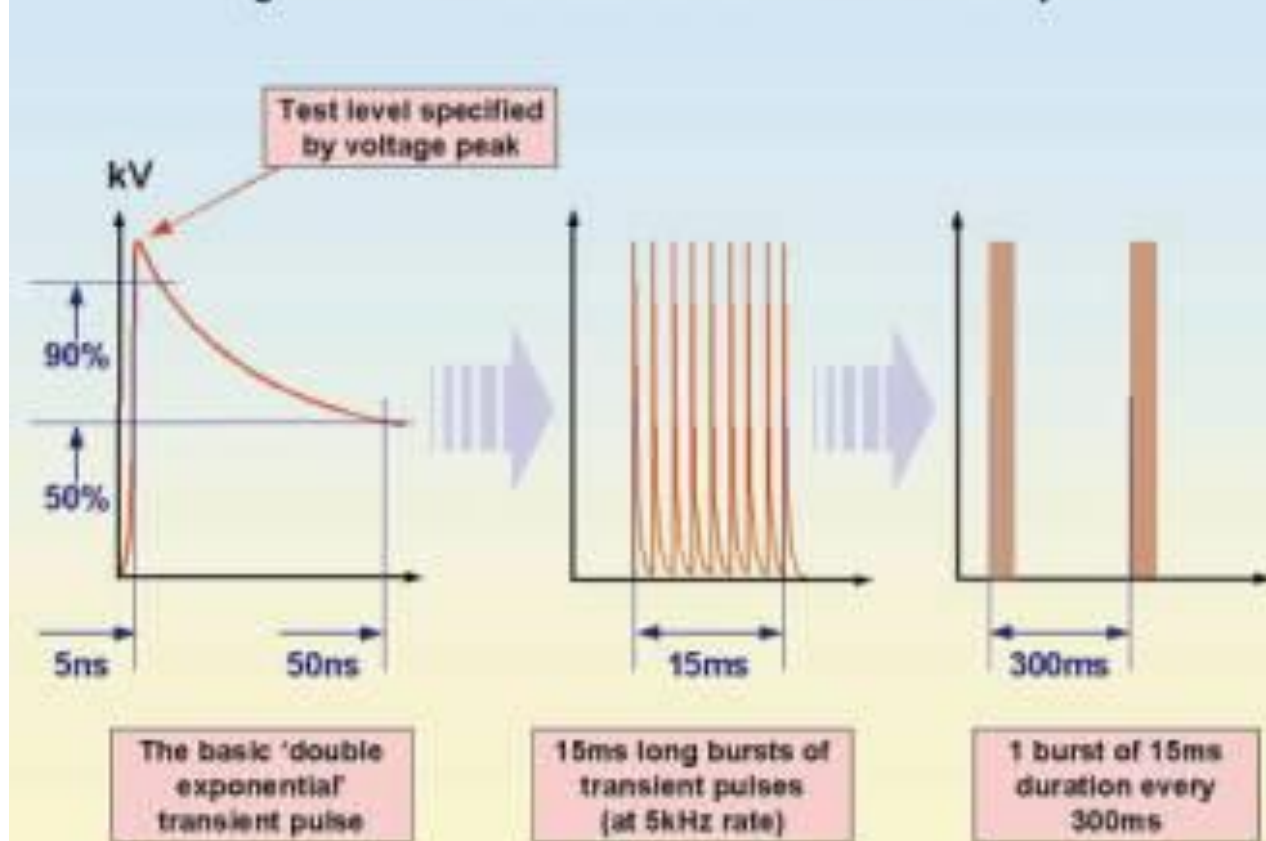
- Mínimo 1 minuto em cada polaridade.
- Aplica-se na polaridade positiva e negativa.
- Pode ser aplicada linha por linha (F-T; N-T e PE-T) ou em todas as linhas ao mesmo tempo (F,N,PE-T).



3. Acoplados nos cabos de alimentação ou de sinais

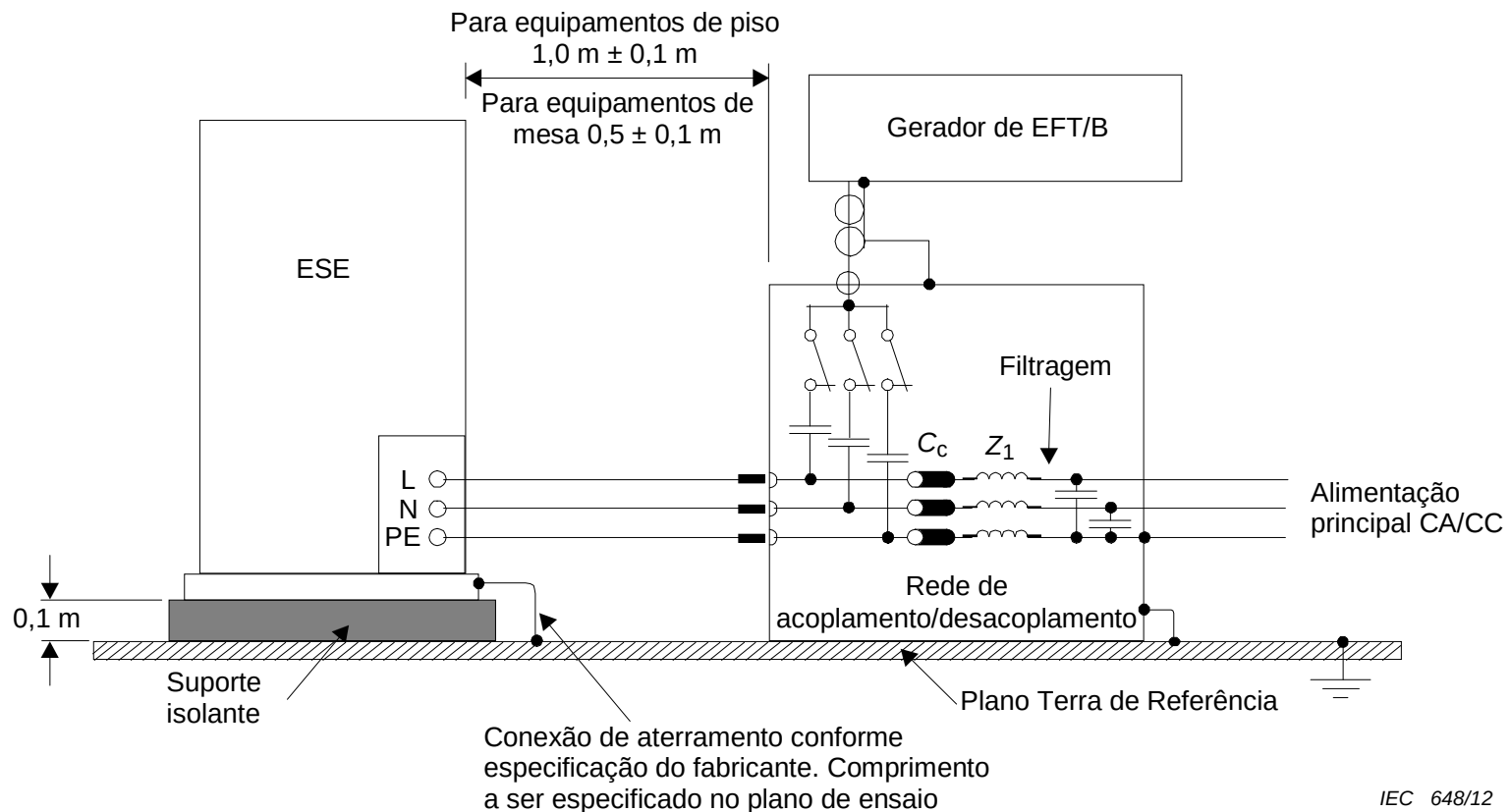
Transientes Elétricos (EFT)

Figure 3C The standard EN 61000-4-4 waveshape



- Acontece na abertura e fechamento de interruptores e disjuntores de cargas indutivas.
- Exemplo típico é o funcionamento um motor de liquidificador, furadeira ou aspirador de pó.

Montagem ensaio EFT (Inst. De mesa)



Montagem ensaio de EFT nas linhas de sinal

Figure 3E EN 61000-4-4 test set-up

EUT > 500mm from any other conductive structures

Capacitive clamp 100mm above reference plane
and applied to each signal cable in turn

To auxiliary equipment
or terminations

To mains
supply

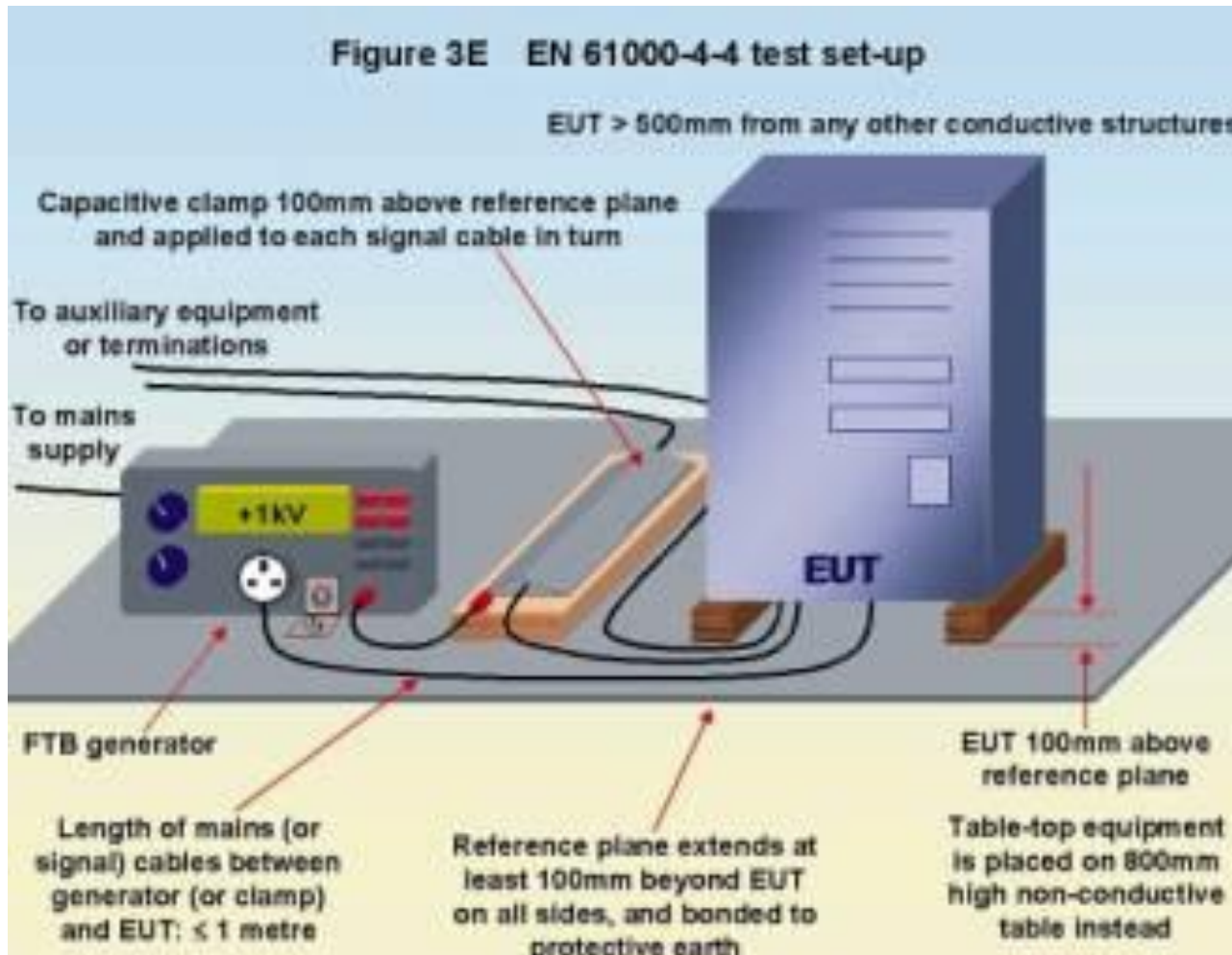
FTB generator

Length of mains (or
signal) cables between
generator (or clamp)
and EUT: < 1 metre

Reference plane extends at
least 100mm beyond EUT
on all sides, and bonded to
protective earth

EUT 100mm above
reference plane

Table-top equipment
is placed on 800mm
high non-conductive
table instead



Transientes Elétricos

Níveis de Severidade (IEC 61000-4-2:2008)

Nível	Pico de tensão (kV)		Recomendação para seleção dos Níveis de severidade (Ver anexo B da IEC 61000-4-4)
	EFT em cabos de alimentação	EFT em cabos de sinais/controle	
1	0,5	0,25	Ambiente bem protegido
2	1	0,5	Ambiente protegido
3	2	1	Ambiente industrial típico
4	4	2	Ambiente industrial severo
X	Especial	Especial	A critério do comitê do produto

O nível X 'Especial' é qualquer nível diferente dos mencionados, deverá ser especificado pelo comitê dedicado do produto.

A frequência de repetição tradicional é 5 kHz, contudo, 100 kHz é mais perto da realidade. O comitê do produto deve especificar qual frequência de repetição deve ser usada.

Especificação da R59 para Transientes Elétricos

1. Nível de Severidade 2 da IEC 61000-4-4

- O nível de severidade 2 pode não ser representativo da realidade de uso do instrumento.

2. Fazer 10 medições para cada evento

- 10 medições sem perturbação
- 60 medições na linha de alimentação
- 10 medições nas linhas de sinal.

3. Critério de aprovação:

- Todas as funções deverão operar como projetado (por exemplo, o mostrador).
- O efeito da perturbação nas medições de umidade não deve exceder os limites da falha significativa ou o instrumento deve detectar e reagir à falha.

Discussão sobre Transientes Elétricos

Nível 2: Ambiente protegido

Atributos da instalação:

- Supressão parcial da perturbação na fonte de alimentação
- Circuitos de controle que são chaveados apenas por relés (sem contadores);
- Separações pobres dos circuitos industriais pertencentes ao ambiente industrial de outros circuitos associados a ambientes de níveis de maior severidade;
- Separação física de cabos de alimentação não blindados, cabos de controle de sinal e cabos de comunicação.

Uma sala de controle pode representar este ambiente.

Nível 3: Ambiente industrial típico

Atributos da instalação:

- Sem supressão da perturbação na fonte de alimentação
- Circuitos de controle que são chaveados apenas por relés (sem contadores);
- Separação pobre entre os cabos de alimentação, controle, sinais e comunicação;
- Disponibilidade de sistema de aterramento constituído por tubos condutores, condutores de terra nas bandejas de cabos (conectado ao sistema de terra de proteção) e por uma malha de terra.

Uma área de equipamentos de processo industrial pode representar este ambiente.

Descarga Eletrostática (ESD)

Segundo IEC 61000-4-2:2008

1. Características da perturbação (o que é):

- É uma descarga repentina de eletricidade estática para o solo (2 kV até 8 kV)
- Curtíssimo tempo de subida (0,7 a 1 ns)
- Baixa Energia

2. Descargas Diretas (mínimo 10)

- Por contato: Aplicadas em superfícies metálicas***.
- Pelo ar: Aplicadas em superfícies isolantes.

3. Descargas Indiretas (mínimo 10)

- No plano Horizontal
- Nos 4 planos verticais (LE, LD, F e T)



Seminário Desafios e Impactos no Controle Metrológico de Medidores de Umidade de Grãos

Foz de Iguaçu, 7 – 9 Agosto de 2017



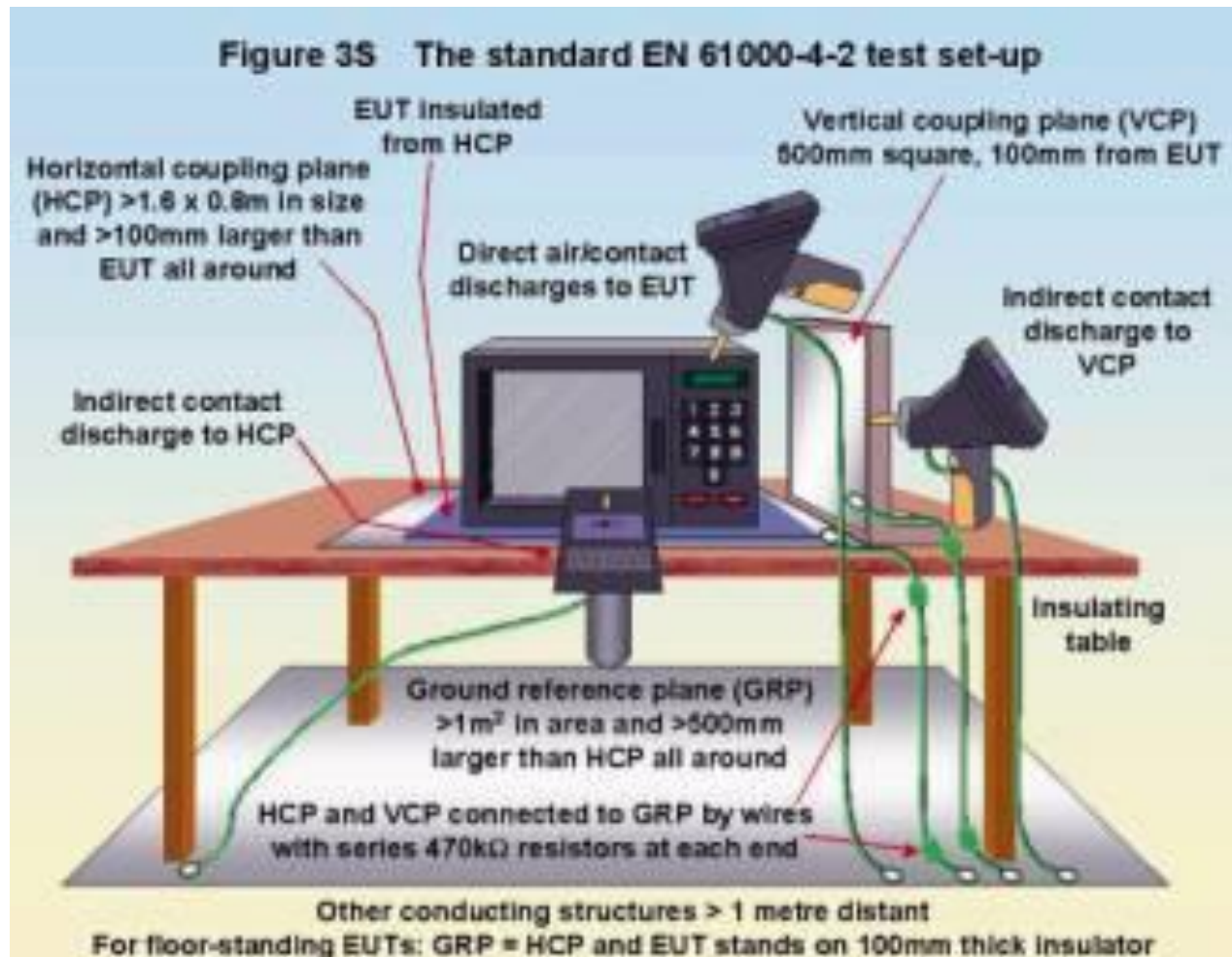
MINISTÉRIO DA
INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR
E SERVIÇOS



**Ponta para descargas
diretas e indiretas**

**Ponta para descargas
diretas pelo ar**

Descarga Eletrostática



Descarga Eletrostática

Níveis de Severidade (IEC 61000-4-2:2008)

Nível	Descargas por contato (kV)	Descargas pelo Ar (kV)	Umidade relativa do ar (%)	Material do EUT
1	2	2	35	Anti-estático
2	4	4	10	Anti-estático
3	6	8	50	Sintético
4	8	15	10	Sintético
X	Especial	Especial	--	---

O nível X 'Especial' é qualquer nível diferente dos mencionados, deverá ser especificado pelo comitê dedicado do produto.

Especificação da R59 para Descargas Eletrostáticas

1. Nível de Severidade 3 (?) da IEC 61000-4-2

- A R59 deixa dúvidas com relação ao nível de severidade.

Test severity	Air discharge voltage: 2, 4, 6, 8 kV Contact discharge voltage: 2, 4, and 6 kV
---------------	---

2. Fazer 1 medição antes e 1 medição depois

- 40 medições por nível de severidade para descargas diretas
- Em total 120 medições para descargas diretas
- 40 medições por plano de acoplamento
- El total 200 medições para descargas indiretas

3. Critério de aprovação:

- Todas as funções deverão operar como projetado (por exemplo, o mostrador).
- O efeito da perturbação nas medições de umidade não deve exceder os limites da falha significativa ou o instrumento deve detectar e reagir à falha.

Discussão sobre Descargas Eletrostáticas

1. Se justifica aplicar todos os níveis de ensaio?

For air discharge testing, the test shall be applied at all test levels in Table 1 up to and including the specified test level. For contact discharge testing, the test shall be applied at the specified test level only unless otherwise specified by product committees.

Para ensaio de descarga pelo ar, o ensaio deve ser aplicado em todos os níveis de ensaio da Tabela 1 até e inclusive o nível especificado. Para ensaio de descarga por contato, deve ser aplicado somente no nível de ensaio especificado, a menos que disposto o contrário pelo comitê de produto.

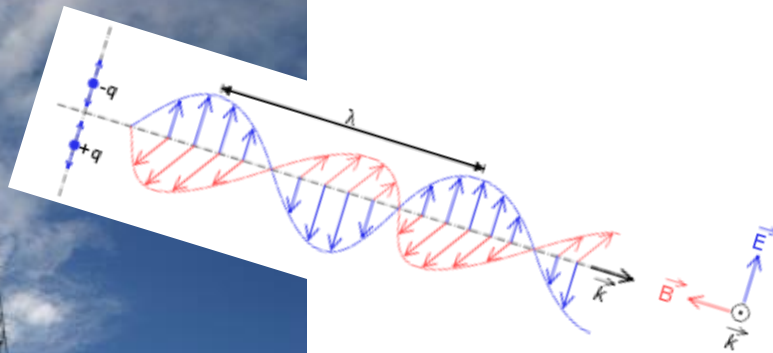
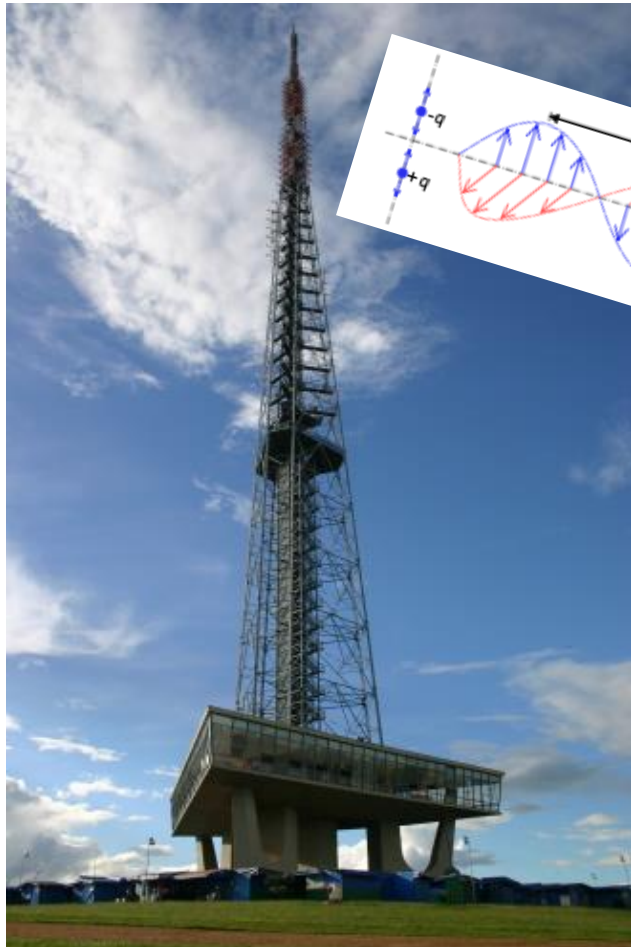
2. É excessivo o número de medições?

Imunidade à campos Eletromagnéticos

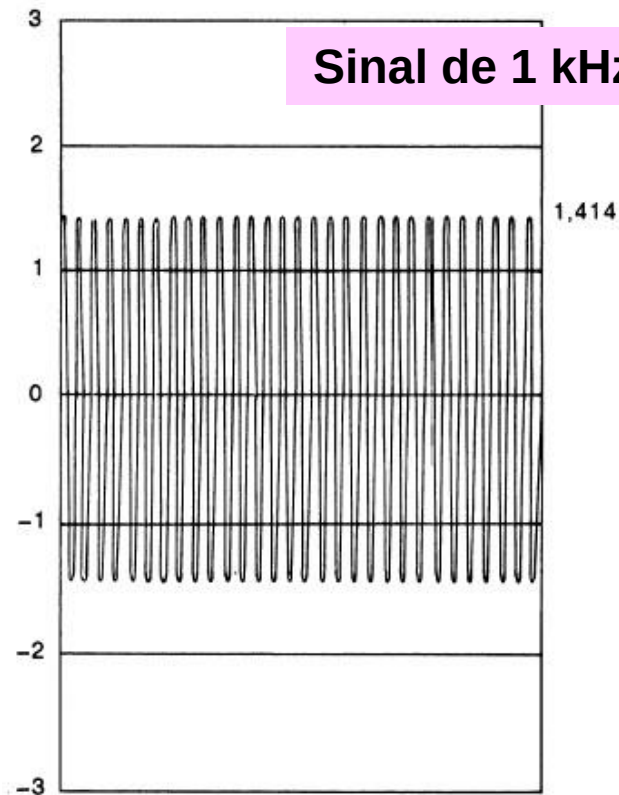
Segundo IEC 61000-4-3 e IEC 61000-4-6

1. Este ensaio de imunidade é feito através de dois métodos:
 - 150 kHz até 80 MHz: Ensaio de RF conduzida (IEC 61000-4-6).
 - 80 MHz até 2,2 GHz (ou mais): Ensaio de RF irradiada (IEC 61000-4-3).
2. A intensidade dos campos aplicados depende do ambiente EM no qual o instrumento normalmente funciona. Segundo o D11 esta intensidade pode ser 3 V/m, 10 V/m e 30 V/m para o ensaio de RF irradiada e para RF conduzida pode ser 1 V, 3 V e 10 V.
3. O sinal aplicado deve ser de 1 kHz modulado em amplitude com 80%.
4. A frequência da portadora deve ser aplicada em passos de 1%.

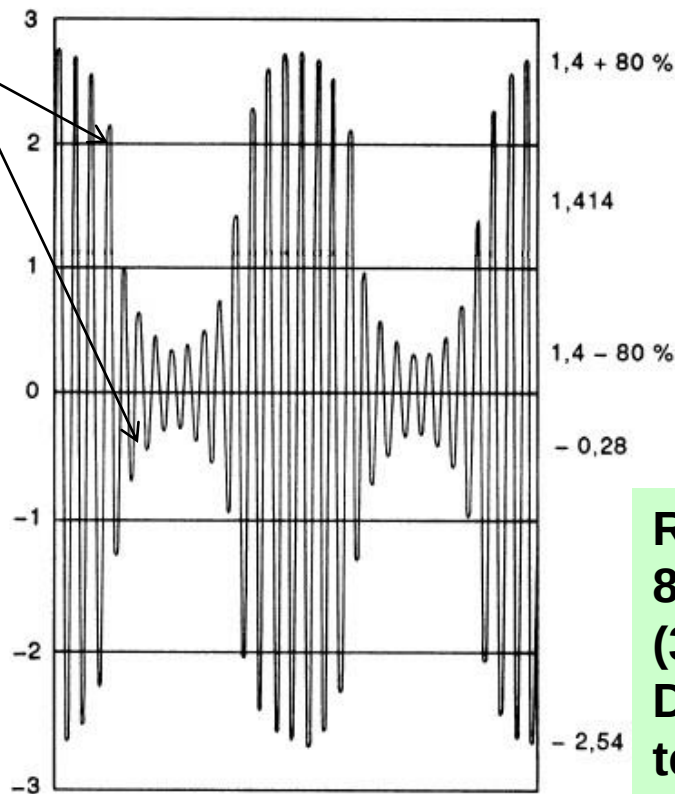
Imunidade à campos Eletromagnéticos



Imunidade à campos Eletromagnéticos



Portadora não
modulada



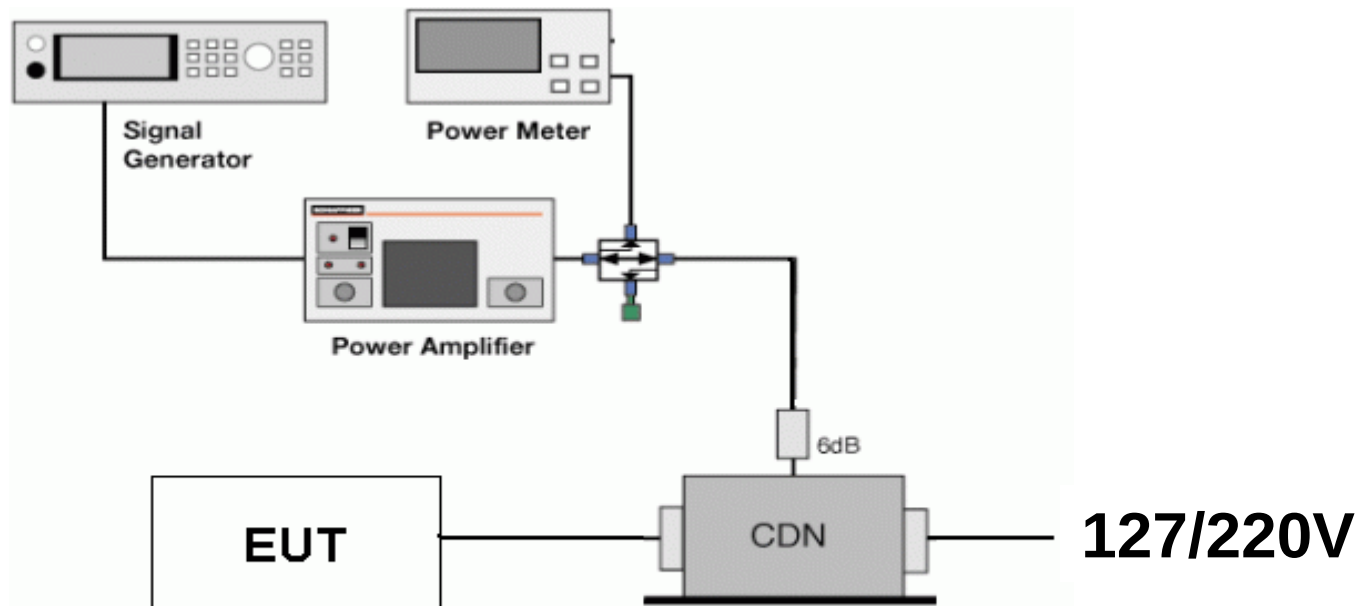
Portadora modulada
em amplitude de 80%

RF conduzida
150 kHz – 80 MHz
(634 pontos)
Dwell time: 3 s
t. resposta: 2 s
t ensaio = 5 x 634
= 52 min

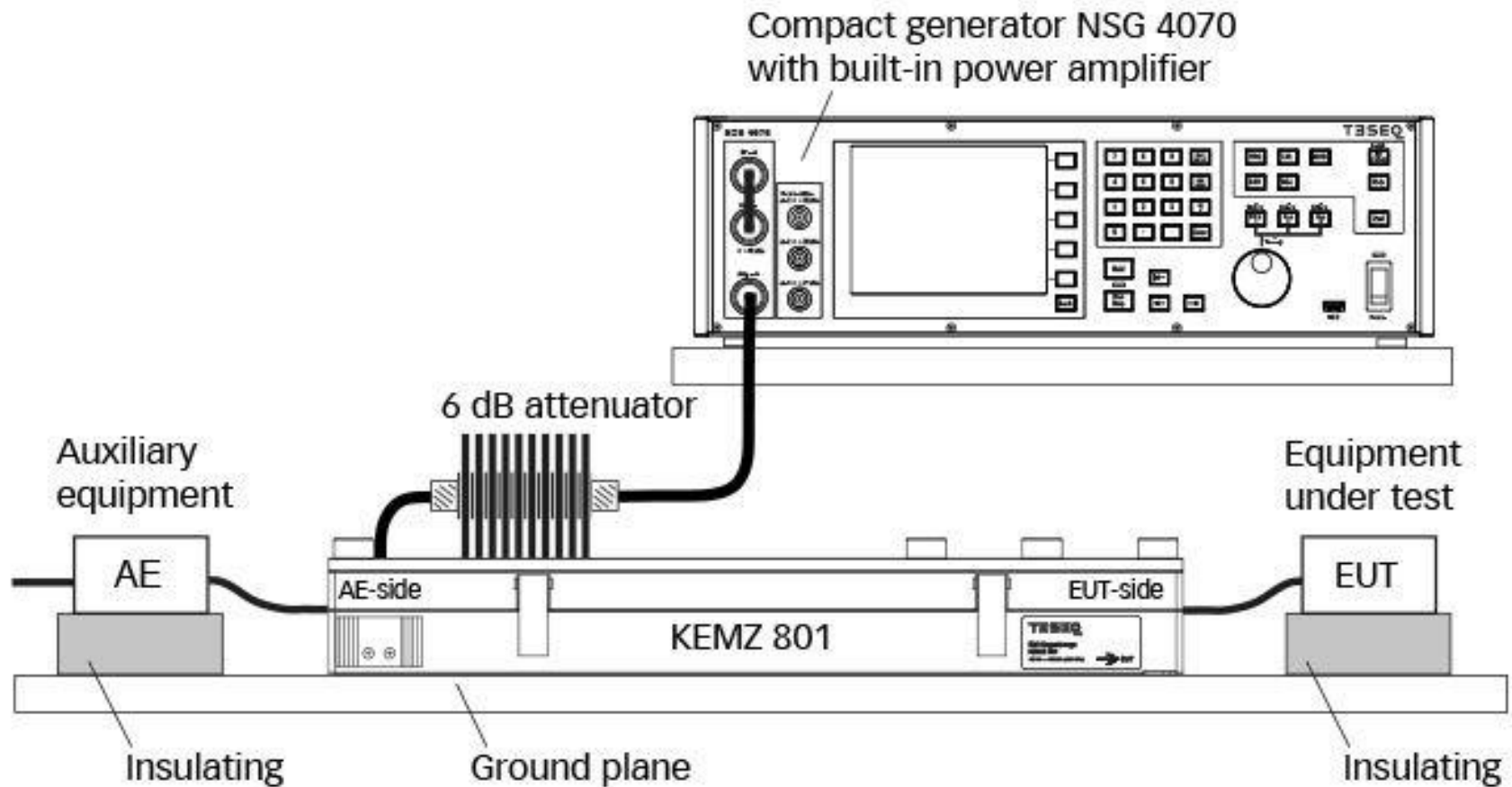
RF radiada
80 MHz – 2000 MHz
(325 pontos)
Dwell time: 3 s
tempo resposta: 2 s
tempo ensaio:
5 s x 325 p = 1625 s
= 27 min

RF conduzida na linha de alimentação

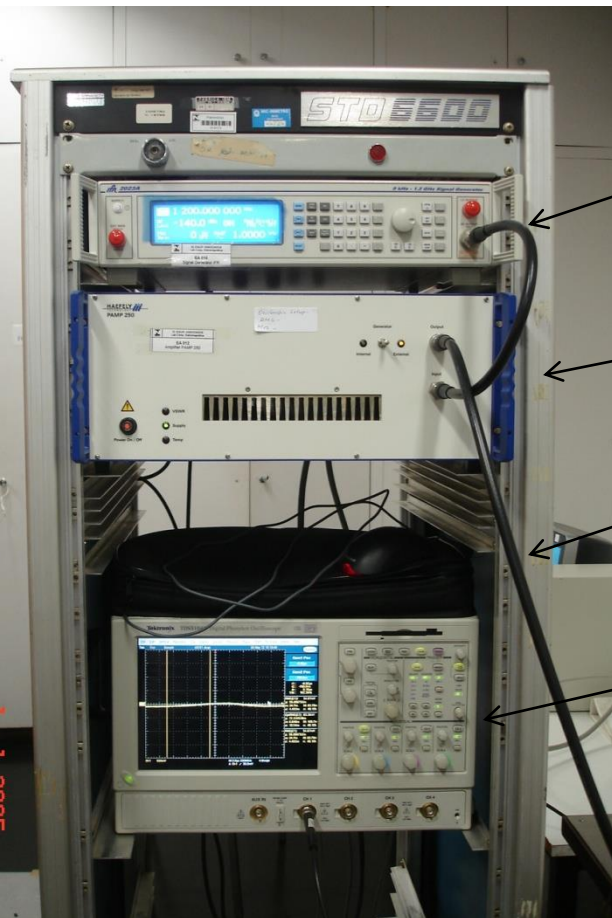
- Linhas de alimentação e dados podem se converter em antenas para esta faixa de frequência!
- Devido a estes campos, tensões podem ser induzidas nas linhas de alimentação e dados.



RF conduzida nas linhas de sinal



Imunidade à campos Eletromagnéticos (Sistema de RF conduzida do Inmetro)



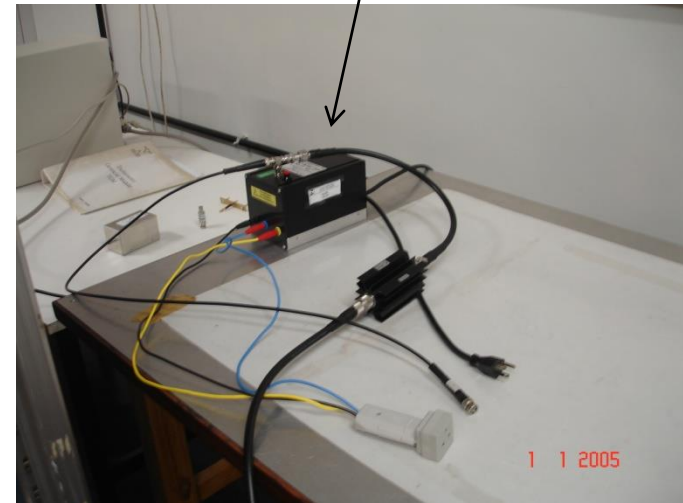
Gerador de Sinais

Amplificador
PAMP 250

Cabo saindo
à CDN

Osciloscópio
TDS 5104B

CDN



Níveis de Severidade (RF Conduzida)

Nível	Nível de tensão (f.e.m.) [V]	Recomendação do nível de severidade
1	1	Ambiente de baixo nível de radiação eletromagnética Estações de TV/radio distantes ($d > 1$ km) Transmissores de baixa potência ($ERP < 1$ W)
2	3	Ambiente de nível moderado de radiação eletromagnética Estações de TV/radio próximas ($d < 1$ km) Transmissores de baixa potência ($1W < ERP < 2$ W)
3	10	Ambiente com radiação eletromagnética severa Estações de TV/radio próximas ($d < 1$ km) Transmissores de alta potência ($ERP > 2$ W)
X	Especial	A critério do comitê do produto

Um celular GSM tem uma Potencia Efetiva irradiada (ERP) típica de 2 W

Especificação da R59 para RF conduzida

1. Nível de Severidade 3 da IEC 61000-4-6

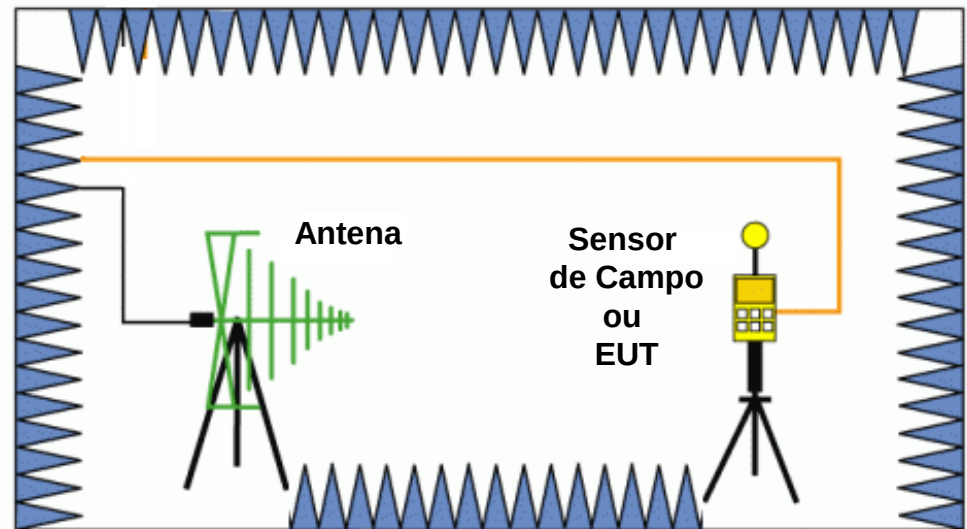
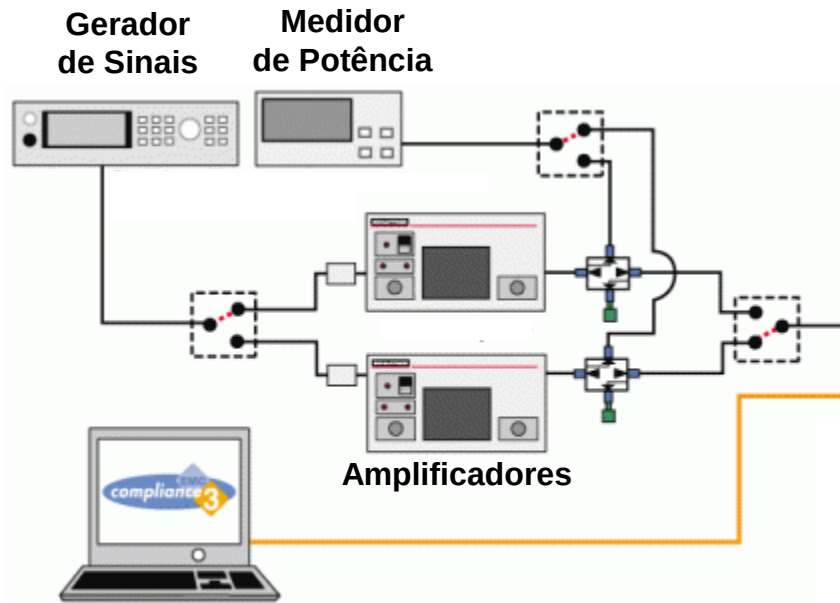
- Faixa de frequência de 150 kHz até 80 MHz (Transmissão AM).
- Tensão Induzida: 10 V.
- Tempo de parada em cada frequência (Dwell time): Não deverá ser menor que o tempo necessário para que o instrumento seja exercitado e responda

2. Não está claro quantas medições devem ser feitas.

- Segundo a R59, o maior número possível de medidas consecutivas por amostra devem ser tomadas ao longo da faixa de frequência.
- Observando o modelo de relatório de ensaio (OIML R59-3), parece sugerir que devem ser tomadas 10 medições por frequência.
- Considerando que são 634 pontos de frequência o ensaio se tornaria inviável.

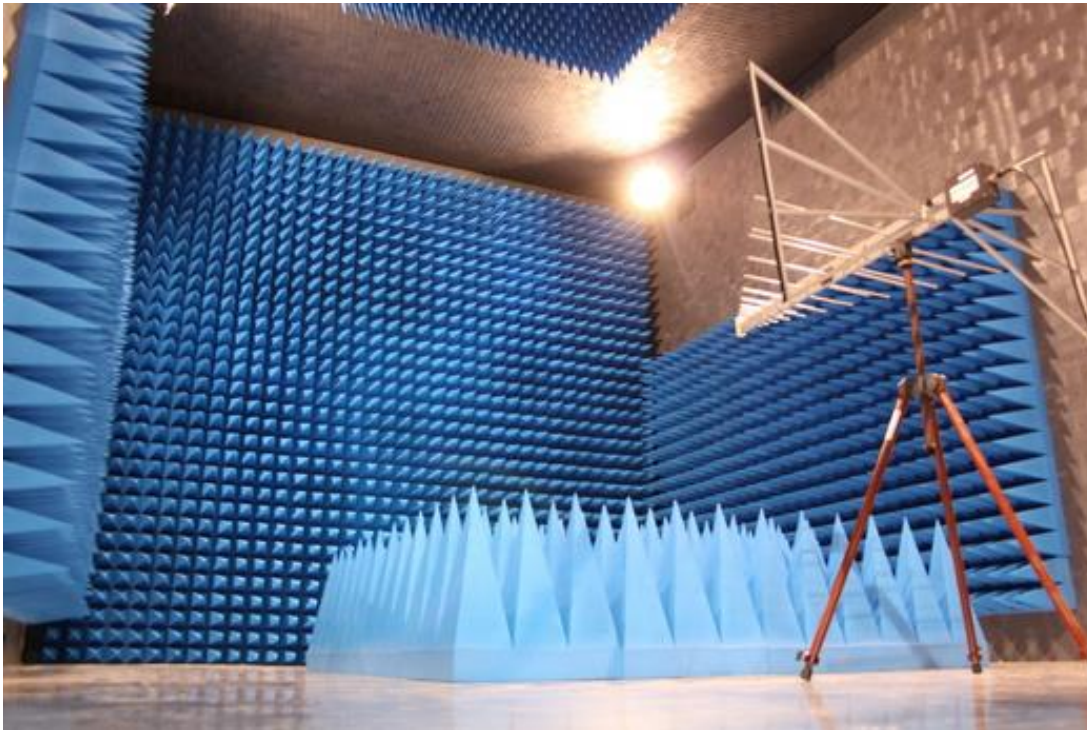
[illegible]

RF irradiada (80 MHz – 2 GHz)



1. Campos Eletromagnéticos constantes devem ser gerados.
2. Polarização do campo: Horizontal e Vertical
3. Face Iluminada: F, LD, LE, T

RF irradiada usando câmera semi-anecoica



**Para mudar a polaridade você
vira a antena não o equipamento!!**

1. A montagem do ensaio afeta a uniformidade do campo ($U < 6$ dB)
2. Nível de reflexões alto
3. Ideal para equipamentos grandes.
4. Faixa de frequência de 26 MHz até 18 GHz!

Exemplo do Cálculo do tempo de ensaio Para imunidade à RF irradiada (80 MHz – 2 GHz)

Nº de faces Iluminada: Frontal, Lat. Direita, Lat. Esquerda, Traseira

Polaridades: Horizontal e Vertical

Nº de vezes que deve ser repetido o ensaio: $4 \times 2 = 8$ vezes

Tempo de montagem do setup: $15 \text{ min} \times 2 \text{ vezes} = 30 \text{ min}$

Tempo de mudança do setup: $5 \text{ min} \times 6 \text{ vezes} = 30 \text{ min}$

Tempo da medição: 15 s

Tempo de ensaio: Nº pontos $\times$ (dwell time + t resposta)

Tempo de ensaio: $325 \text{ pontos} \times (15 \text{ s} + 2 \text{ s}) = 5525 \text{ s} (92 \text{ min})$

Tempo de ensaio: $92 \text{ min} \times 8 \text{ vezes} = 736 \text{ min}$

TEMPO TOTAL: 736 min (12,27 horas)

Níveis de Severidade (RF irradiada)

Nível	Intensidade do campo [V/m]	Recomendação do nível de severidade
1	1	Ambiente de baixa radiação eletromagnética Estações de TV/radio distantes ($d > 1$ km) Transmissores de baixa potência ($ERP < 1$ W)
2	3	Ambiente de moderada de radiação eletromagnética Estações de TV/radio próximas ($d < 1$ km) Transmissores de baixa potência ($1W < ERP < 2$ W)
3	10	Ambiente com radiação eletromagnética severa Estações de TV/radio próximas ($d < 1$ km) Transmissores de alta potência ($ERP > 2$ W)
4	30	Transmissores de alta potência ($ERP > 2$ W) são usados perto do EUT ($d < 1$ m) Estações de TV/radio próximas ($d < 1$ km)

Níveis de Severidade (RF radiada)

1. Níveis de severidade contra RF em geral.

- Residencial, comercial e peq. indústria: 3 V/m [OIML D11].
- Industrial: 10 V/m [OIML D11].

2. Níveis de severidade contra RF emitida por radio telefones:

- 800 MHz a 960 MHz: 10 V/m ou 30 V/m [OIML D11].
- 1,4 GHz a 6 GHz: 10 V/m ou 30 V/m [OIML D11].

Para selecionar o nível considerar [OIML D11]:

- Conseqüência de eventuais falhas.
- Mínima distância esperada do radio telefone.
- Possibilidade de fraude usando radio telefone.

Níveis de Severidade (RF radiada)

Para selecionar o nível considerar [OIML D11]:

- Conseqüência de eventuais falhas.
- Distância esperada do radio telefone.
- Possibilidade de fraude usando radio telefone.
- Seguir a guia do Anexo E da IEC 61000-4-3

Para selecionar o nível considerar [IEC 61000-4-3]:

- Potência dos radio telefones.
- Distância esperada do radio telefone. $E = k \cdot \sqrt{P}/d$
- Indoor é pior que outdoor.
 - A maioria dos celulares têm $P_{\text{máx}} = 2 \text{ W}$.
 - Existem celulares com P entre 5 e 8 W.
 - P é máxima quando o sinal é fraco.



Especificação da R59 para RF irradiada

1. Nível de Severidade 3 da IEC 61000-4-3

- Faixa de frequência de 26 MHz até 2 GHz. Transmissão FM, TV e celular, não incluídas frequências de WiFi, bluetooth e outras.
- Tensão Induzida: 10 V/m.
- Tempo de parada em cada frequência (Dwell time): Não deverá ser menor que o tempo necessário para que o instrumento seja exercitado e responda.

2. Não está claro quantas medições devem ser feitas.

- Observando o modelo de relatório de ensaio (OIML R59-3), parece sugerir que devem ser tomadas 5 medições por frequência e ainda fazer apenas em 2 pontos de frequência.

Especificação da R59 para RF irradiada

Modelo de Relatório OIML R59-3:

Settings		Measurements prior to disturbance (reference)		Test	
Location	Antenna polarization			Frequency (MHz)	Moisture measurement t n = 10 per frequency
Front	V	n = 10 readings per position	Mean	26	
				2000	
				26	

Parar a aplicação do campo para efetuar uma medição torna inviável a execução do ensaio



Discussão sobre RF irradiada

1. Necessidade de uma função de teste

- Não é possível verificar se o equipamento atende aos requisitos de exatidão durante os ensaios de campos eletromagnéticos.
- Devido a que o instrumento não mede continuamente, é impossível medir a umidade da amostra de grão enquanto a perturbação é aplicada ao instrumento.
- Este problema se resolveria se o instrumento inclui uma função “modo teste” que meça continuamente a mesma amostra durante a aplicação das perturbações.

Discussão sobre RF irradiada

- 2. Implantação da função de teste:** Em 2011, foi sugerido aos fabricantes dos instrumentos a implementação de uma função “modo teste” que apresentasse as seguintes características:
- Medição contínua da umidade sem necessidade de reposição da amostra do grão.
 - Suspensão da “batelada”.
 - Possibilidade de medição contínua da umidade em vazio, ou seja, sem grão.
 - Considerando que o princípio do instrumento é baseado na medição da capacitância da amostra, os fabricantes sugeriram apresentar uma função “modo teste” mostrando continuamente este valor.

Implantação da função “modo teste”

Em 2012 , alguns fabricantes encaminharam uma amostra do instrumento com esta função implementada para que o Inmetro avaliasse a viabilidade de realização dos ensaios de EMC.

- **Fabricante A:** É possível colocar o medidor no modo teste, no qual aparecem a capacitância, a temperatura e o peso do corpo de prova.
- **Fabricante B:** Ao ligar o equipamento aparecem 3 opções: Medir umidade, testar bateria e uma terceira (o modo teste) na qual aparece um valor numérico. Não são apresentadas unidades de medição no modo teste
- **Fabricante C:** Ao ligar o equipamento aparecia a opção modo diagnóstico através da qual se tem acesso à vários parâmetros da medição de umidade da célula em vazio. Selecionando um desses parâmetros é possível ver continuamente o valor da capacitância em vazio.

Metodologia Empregada

A análise consistiu dos seguintes passos:

- a) Levantar a indicação do instrumento antes do ensaio com uma amostra de soja;**
- b) Com a função modo teste ativada, observar mudanças na indicação do instrumento quando aplicadas as seguintes perturbações:**
 - Campos eletromagnéticos de RF irradiada, com intensidade de 10 V/m, dwell time de 2 s, na faixa de 80 - 1000 MHz, na face frontal com polaridade vertical;
 - Aplicar transientes elétricos na linha de alimentação de $\pm 0,5$ kV a ± 2 kV durante o modo teste observando mudanças na indicação.

Implantação da Função “modo teste”

Indicação dos Instrumentos antes dos ensaios (% umidade numa amostra de soja)

Medição	Fabricante A	Fabricante B	Fabricante C
1	15,3	11,3	11,0
2	15,3	11,2	12,6
3	15,3	11,3	13,2
4	15,3	11,1	13,4
5	15,2	11,0	12,9
6	15,2	10,9	12,6
7	15,2	11,0	12,8
8	15,2	11,0	12,4
9	15,2	11,1	13,2
10	15,2	11,1	13,0
Média	15,24	11,10	12,71
Desvio Padrão	0,05	0,13	0,68

Aplicação de Campos EM de RF irradiada

- O instrumento do Fabricante A, não apresentou variações significativas na capacitância da amostra, mas foram evidenciadas variações além dos valores máximos permitidos nas grandezas temperatura e peso da amostra, ou seja, espera-se que o instrumento apresente erros maiores aos permitidos na medição de umidade quando exposto à campos eletromagnéticos de RF, já que as grandezas temperatura e peso da amostra influenciam o cálculo da umidade do grão.
- Os instrumentos dos Fabricantes B e C, não apresentaram grandes variações na capacitância da amostra, contudo, devido a que estes instrumentos não apresentam valores de peso e temperatura da amostra, não foi detectada susceptibilidade durante o ensaio. Por não apresentar estes valores, não é possível saber se o resultado final da medição de umidade de um grão vai ser afetado por perturbações incidentes sobre os sensores de temperatura e peso ou outros que não declarados pelo fabricante.

Aplicação de Transientes elétricos

Foram aplicadas rajadas de transientes elétricos de $\pm 0,5$ kV e ± 2 kV durante a função “modo teste” nos três instrumentos observando o seguinte:

- Todos os instrumentos apresentaram susceptibilidade no nível de tensão de ± 2 kV, ligando e desligando o display do mostrador à taxa de repetição das salvas de transientes.
- O instrumento do Fabricante A saiu do modo teste e re-inicializou a operação, não sendo possível obter o resultado da medição.
- O instrumento do fabricante B, desligou o display por um tempo superior à 5 minutos, mas voltou a funcionar normalmente após a aplicação da perturbação.

Os comportamentos descritos, NÃO podem ser considerados como falhas significativas.

Conclusões

Após a aplicação das perturbações acima descritas concluimos que a implementação da função “modo teste” é adequada para avaliar a susceptibilidade do instrumento, entretanto deve ser aprimorada pelos seguintes motivos:

- a) A medição de umidade não depende unicamente da capacitância medida da amostra.
- b) Foram detectadas susceptibilidades em outras variáveis (peso e temperatura) medidas pelos instrumentos que afetam o resultado final da medição.
- c) Se os instrumentos apresentarem variações na capacitância durante a aplicação das perturbações, é necessário estabelecer qual é a variação máxima permitida.

Conclusões

Verificamos que a umidade do grão utilizado neste estudo (soja) não mudou significativamente durante a realização dos ensaios de compatibilidade eletromagnética.

Isto quer dizer que as medições de umidade de um dia para outro da mesma amostra de soja com o mesmo instrumento não variaram significativamente, podendo ser consideradas constantes.