



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Introdução à Compatibilidade Eletromagnética

ELM20704 – 2014/1

Professor: Bruno Fontana da Silva





INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Definição de **EMC**: **C**ompatibilidade **E**leto**M**agnética

O QUE É COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA?



Definição de EMC (ANATEL: Res. 442)



Compatibilidade eletromagnética:

capacidade de um dispositivo, equipamento ou sistema, de funcionar de acordo com suas características operacionais, no seu ambiente eletromagnético, sem impor perturbação intolerável nos demais equipamentos, dispositivos ou sistemas que compartilham o mesmo ambiente eletromagnético

Definição de EMC (simplificada)



Compatibilidade eletromagnética:

capacidade de um sistema eletrônico

de funcionar corretamente no seu suposto

ambiente eletromagnético e

não ser a fonte de interferência neste ambiente.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Definição de **EMI**: Interferência **E**leto**M**agnética

O QUE É INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA?



Definição de EMI:



Interferência eletromagnética:

degradação da performance de um equipamento, canal de transmissão ou sistema causada por uma distúrbio eletromagnético.

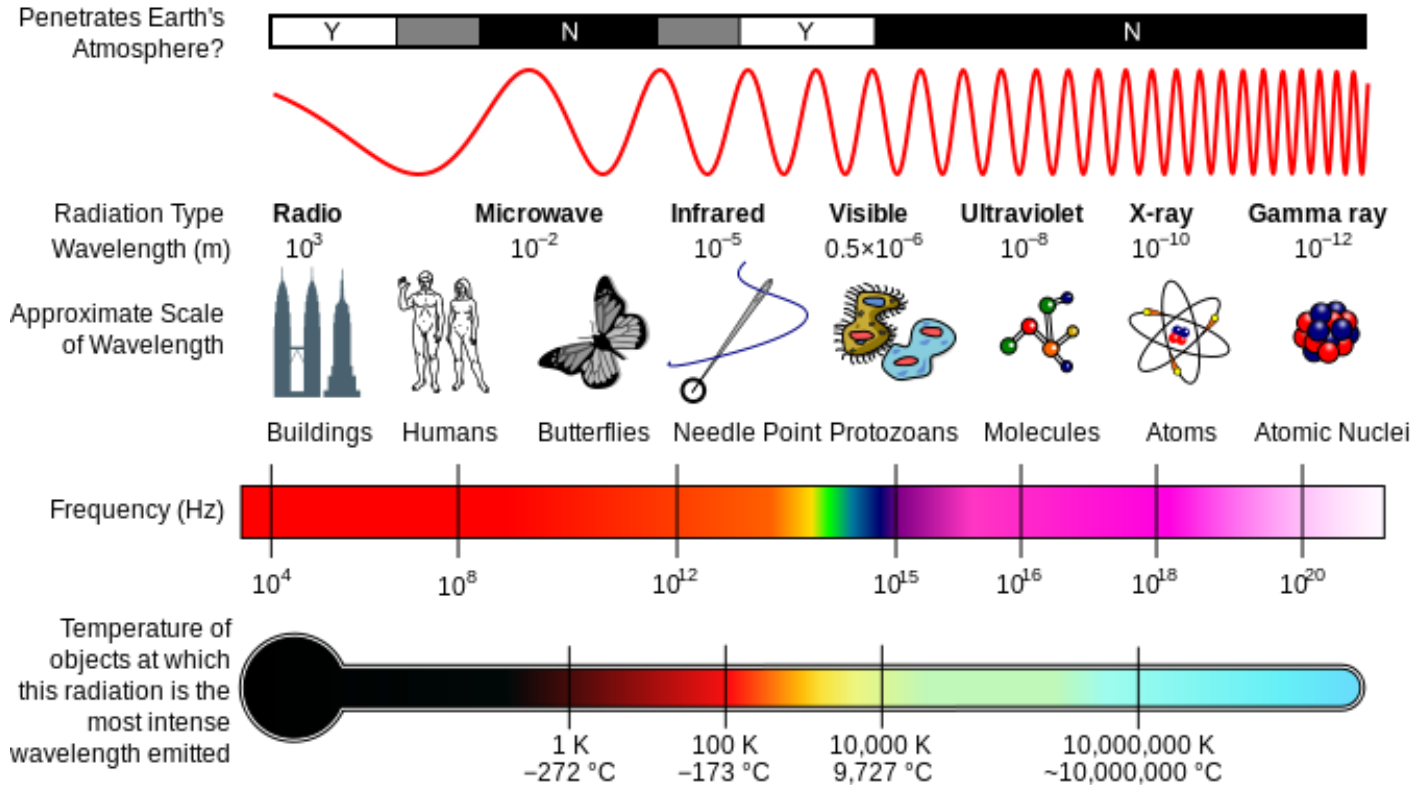
¹ em francês, o termo “perturbação eletromagnética” e “**interferência eletromagnética**” designam respectivamente a causa e **efeito**, e não devem ser usados indiscriminadamente;

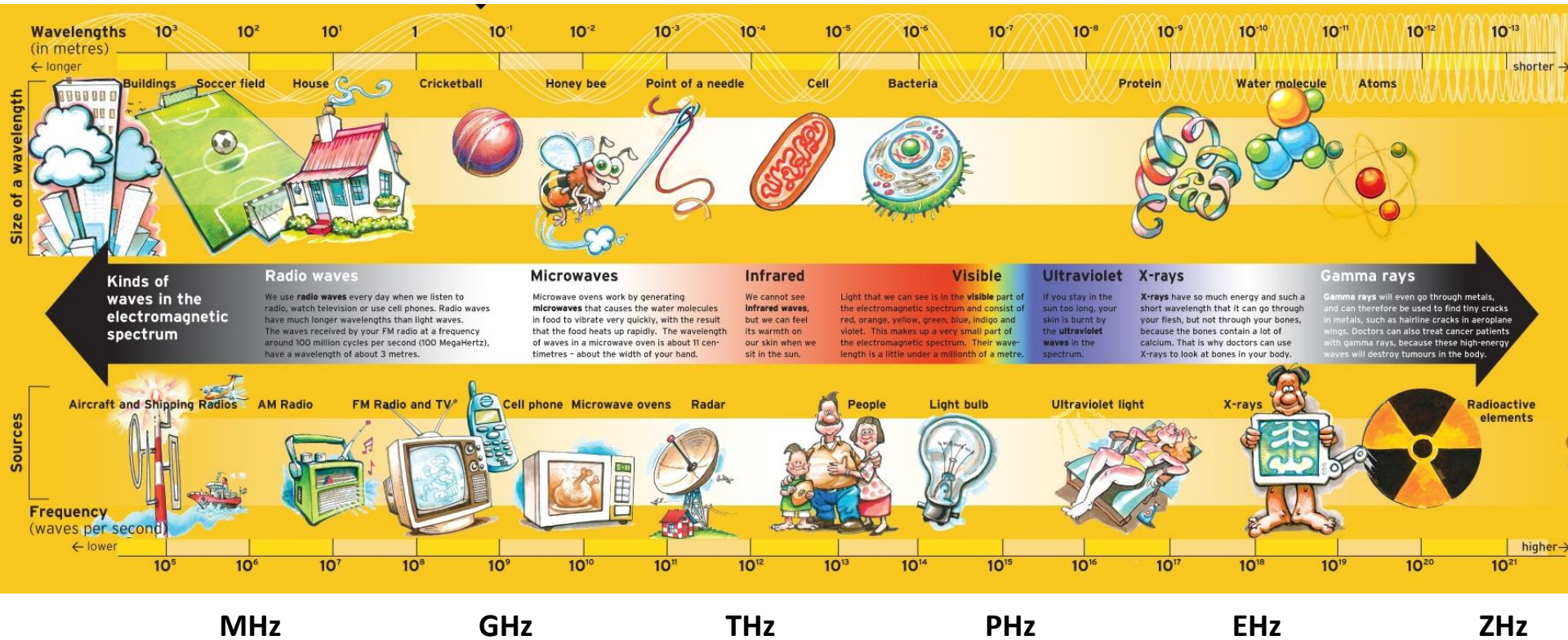
² em inglês, os termos “distúrbio eletromagnético” e “**interferência eletromagnética**” designam respectivamente a causa e o **efeito**, mas eles são, com frequência, usados indiscriminadamente.

Definição traduzida da IEC 60050-161:1990

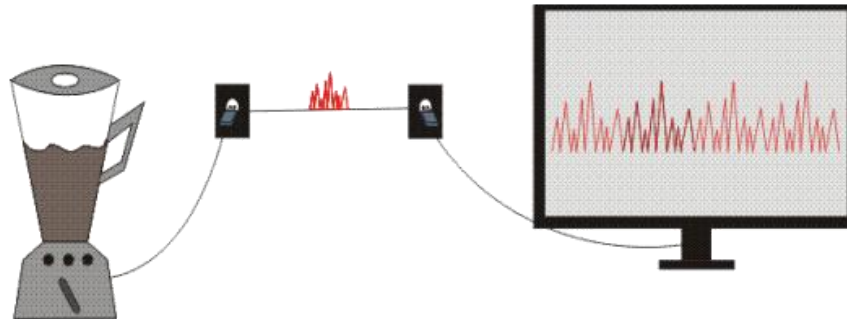
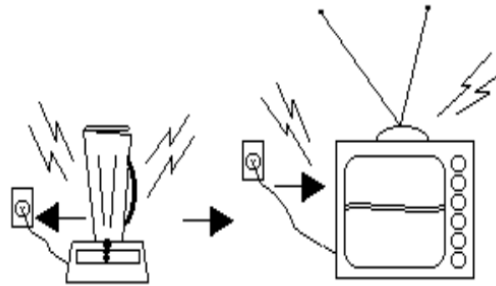
Versão brasileira disponível na ABNT NBR IEC 60050-161:2005

Espectro Eletromagnético

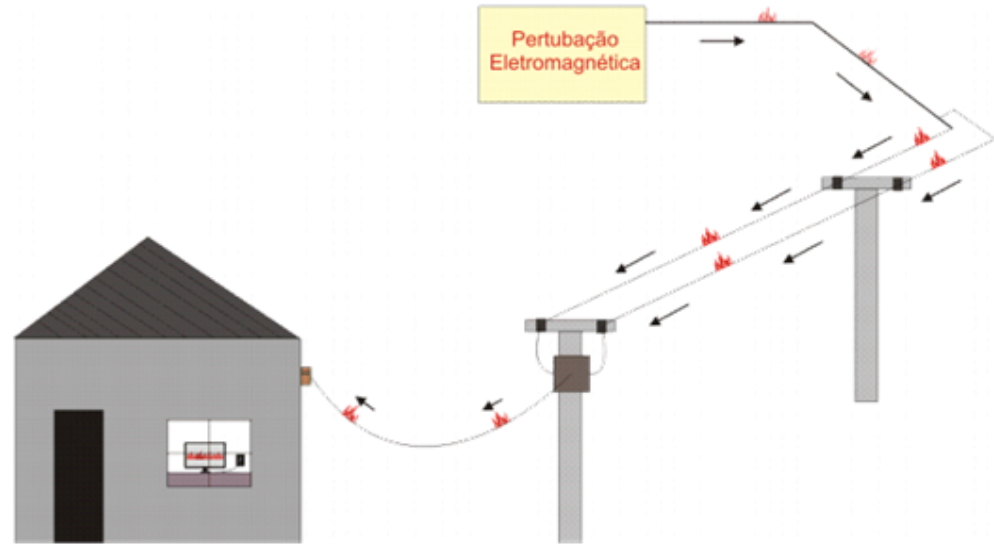
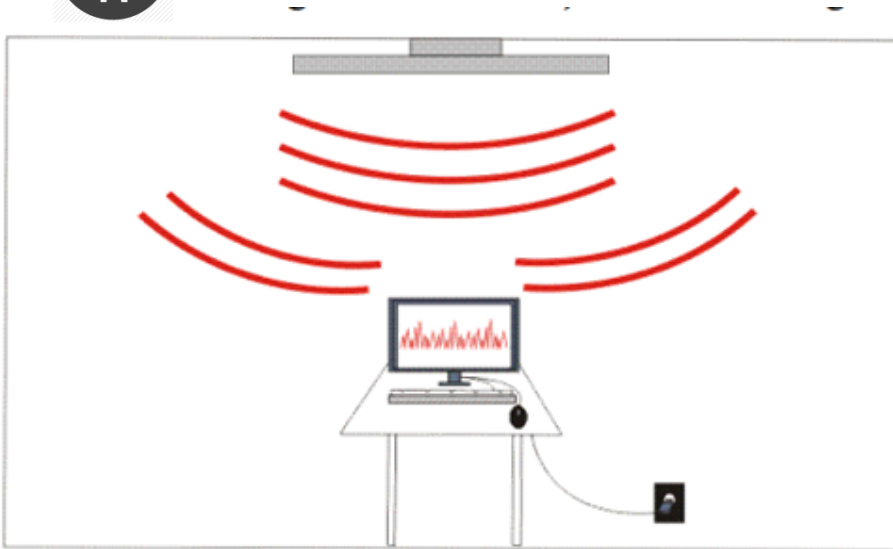




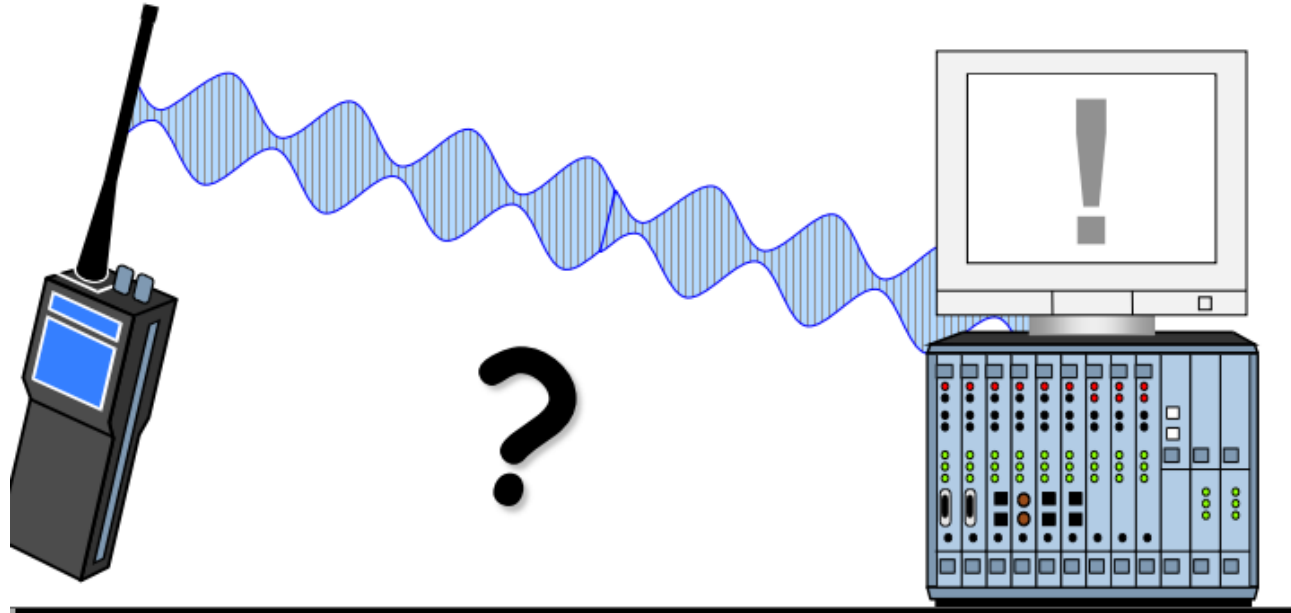
Exemplos de EMI



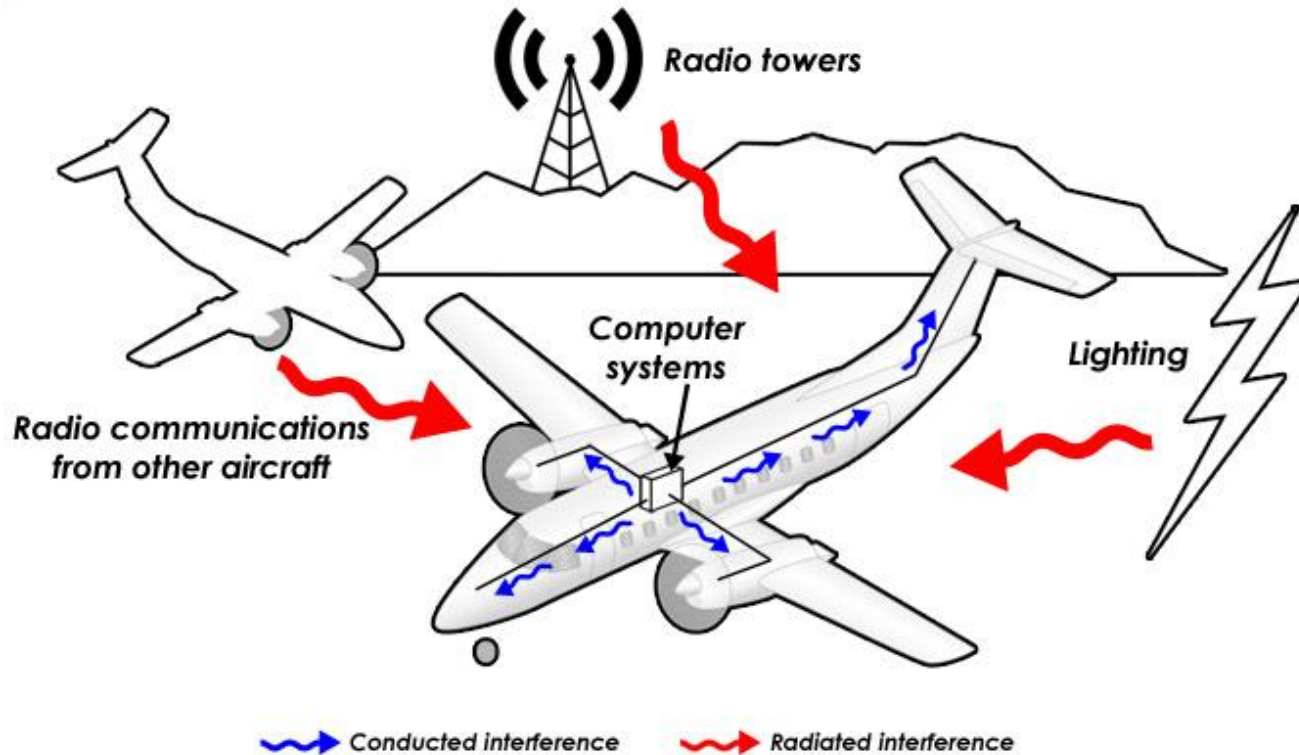
Exemplos de EMI



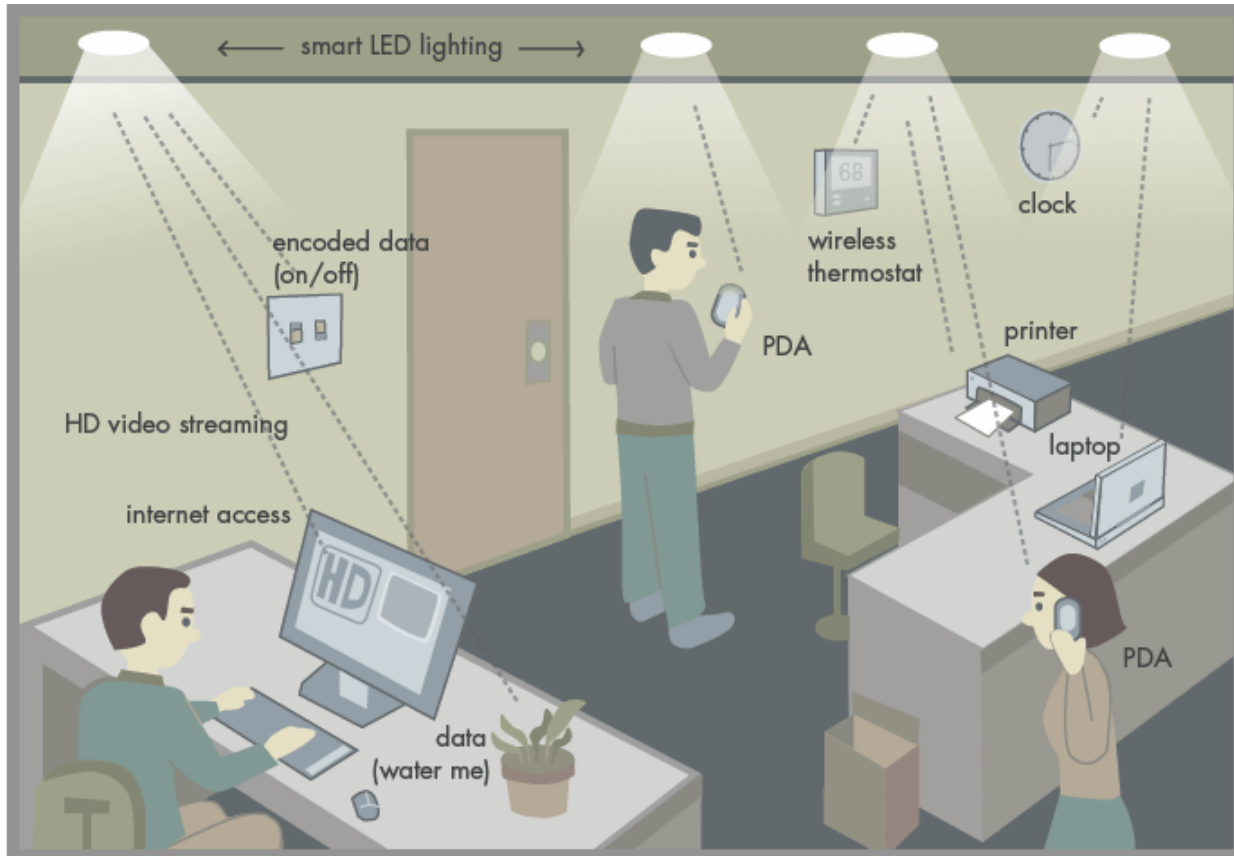
Exemplos de EMI



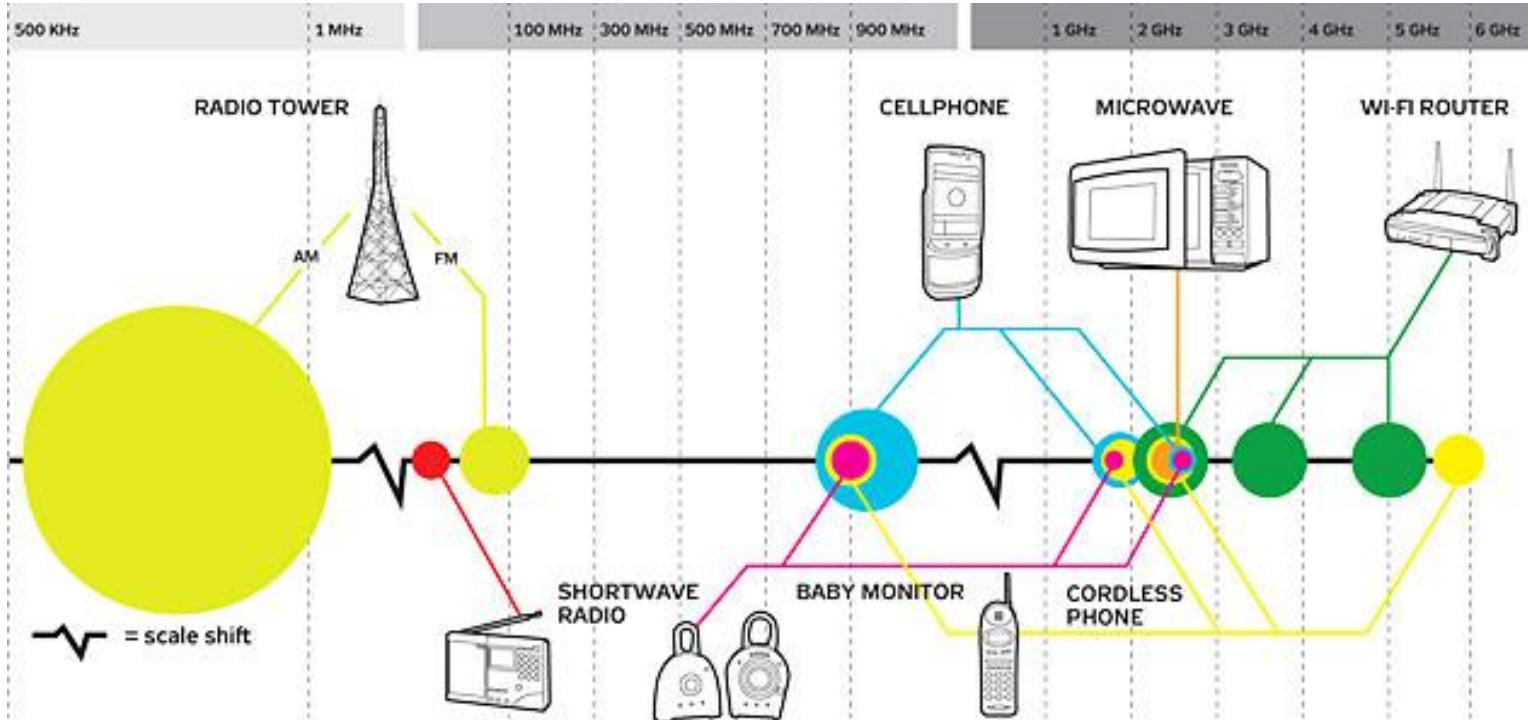
Exemplos de EMI



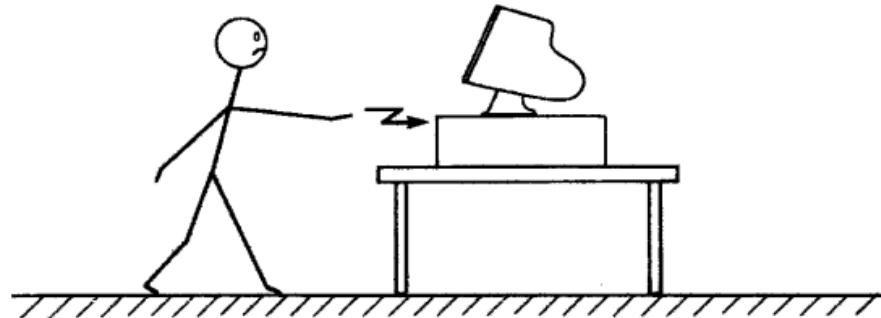
Exemplos de EMI



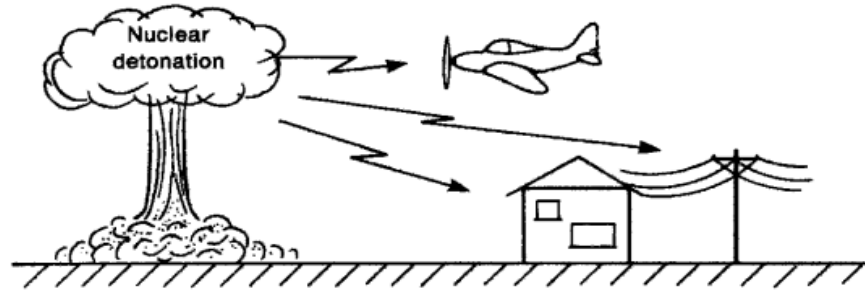
Exemplos de EMI



Exemplos de EMI



(a)



(b)

FIGURE 1.3 Other aspects of EMC: (a) electrostatic discharge (ESD); (b) electromagnetic pulse (EMP); (c) lightning; (d) TEMPEST (secure communication and data processing).

Exemplos de EMI

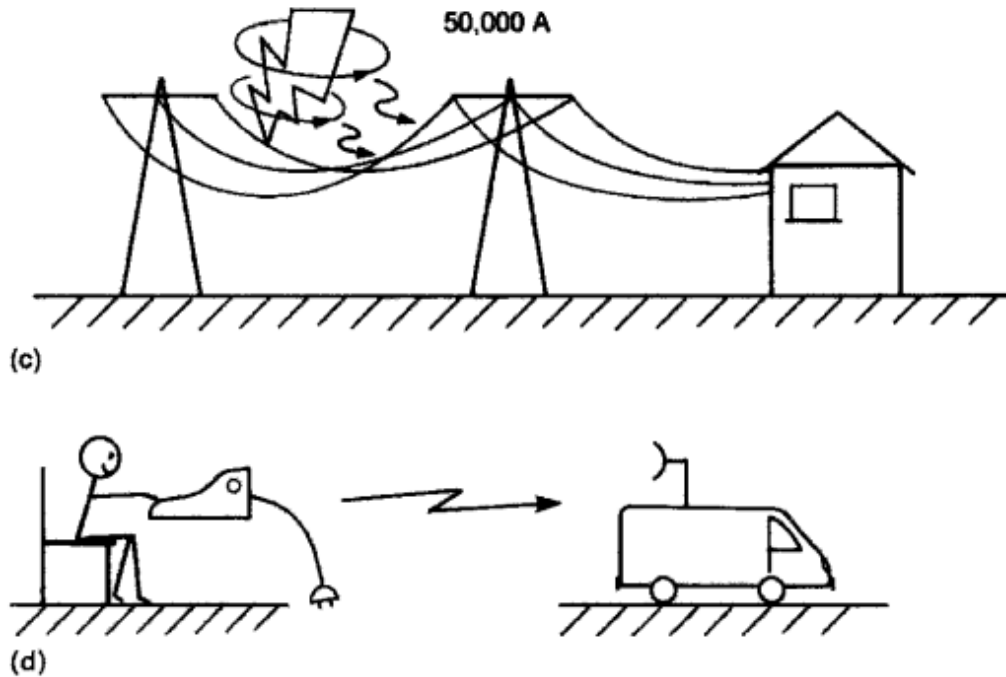


FIGURE 1.3 Other aspects of EMC: (a) electrostatic discharge (ESD); (b) electromagnetic pulse (EMP); (c) lightning; (d) TEMPEST (secure communication and data processing).

Conceitos x Regulamentação



**Conceitos Básicos
e Definições**



**Órgãos e Normas
Regulamentadores**



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Introdução às definições básicas de EMC

DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS



Ambiente (Meio) Eletromagnético



É a totalidade ou conjunto de fenômenos eletromagnéticos existentes em uma determinada localidade.

O ambiente eletromagnético prático geralmente é variante no tempo.

Distúrbio Eletromagnético



Qualquer fenômeno eletromagnético que possa degradar a performance de um dispositivo, equipamento ou sistema.

Emissão Eletromagnética



Fenômeno pelo qual a energia eletromagnética é originada pela sua fonte.

Imunidade (a um distúrbio)



Característica de um dispositivo, equipamento ou sistema de operar sem degradação mesmo na presença de distúrbios eletromagnéticos.

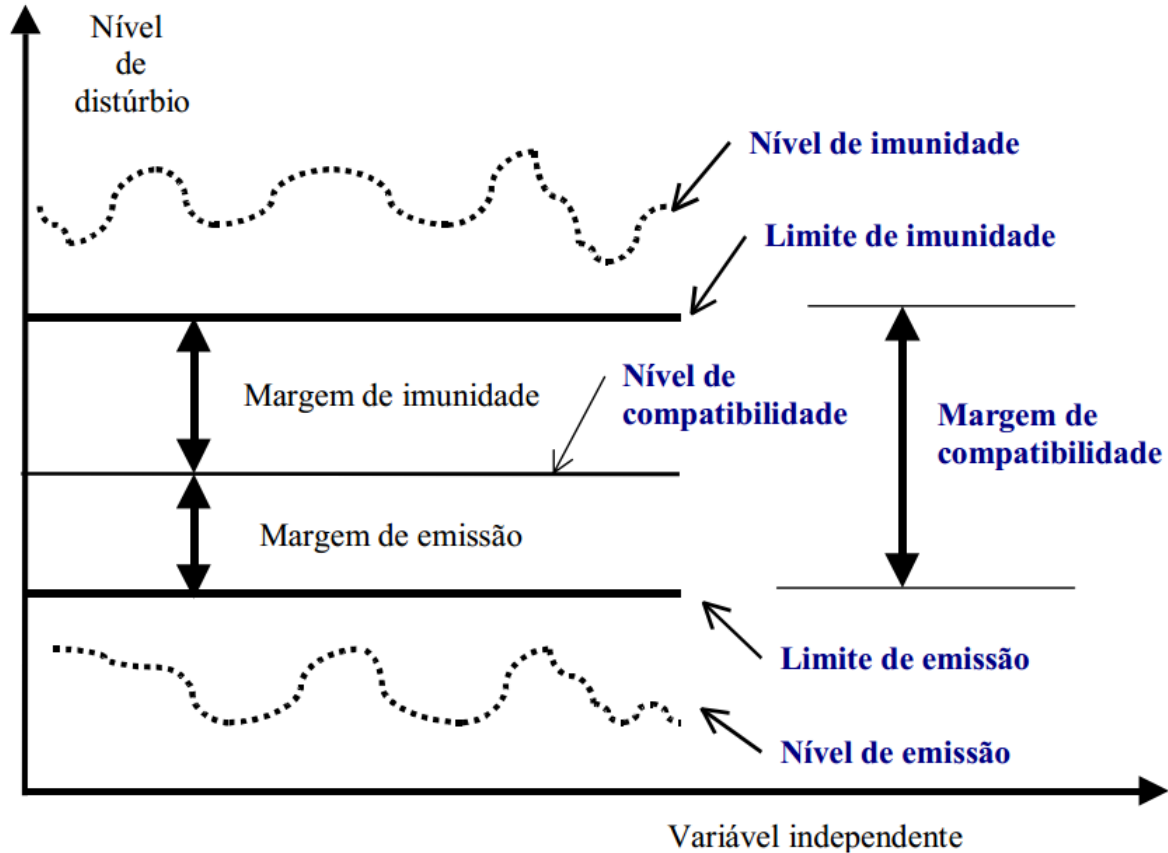
Susceptibilidade Eletromagnética



Propensão de um equipamento de ser influenciado por distúrbios eletromagnéticos, diretamente relacionado à falta de proteção para operar na presença de distúrbios EM.

É o **oposto** da imunidade.

Níveis e Limites de Compatibilidade



(MAGNUS, 2001)

Antenas (Tx/Rx) Eletromagnéticas

Intencionais × Não Intencionais



Intencionais: *estruturas projetadas para melhorar a eficiência do processo de propagação de energia para fins de transmissão ou recepção de ondas eletromagnéticas.*

Não intencionais: *estruturas que acabam por transmitir ou receber ondas eletromagnéticas, mas não foram projetadas para essa finalidade.*

Antenas (Tx/Rx) Eletromagnéticas

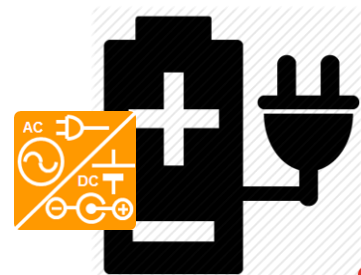
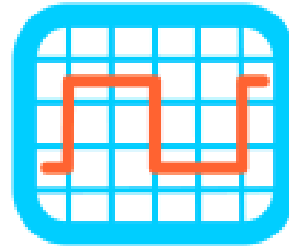
Intencionais × Não Intencionais



Intencionais:



Não intencionais:



Antenas (Tx/Rx) Eletromagnéticas

Intencionais × Não Intencionais



Receptores Eletromagnéticos	
Intencionais	Não Intencionais
Antenas	Equipamentos Eletromédicos (EEM)
Aparelhos de Rádio (AM/FM)	Seres Vivos
Aparelhos de TV (VHF/UHF)	Cabos de energia
Estações Rádio-base	Componentes eletrônicos
Sistemas de Comunicação	Computadores e Periféricos
Seres Vivos (em terapias por RF)	Eletrodomésticos
Sistemas de Radar	Equipamentos Eletrônicos
Telefones Celulares	Máquinas Industriais
Walkie-talkies	Trilhas de Circuito Impresso



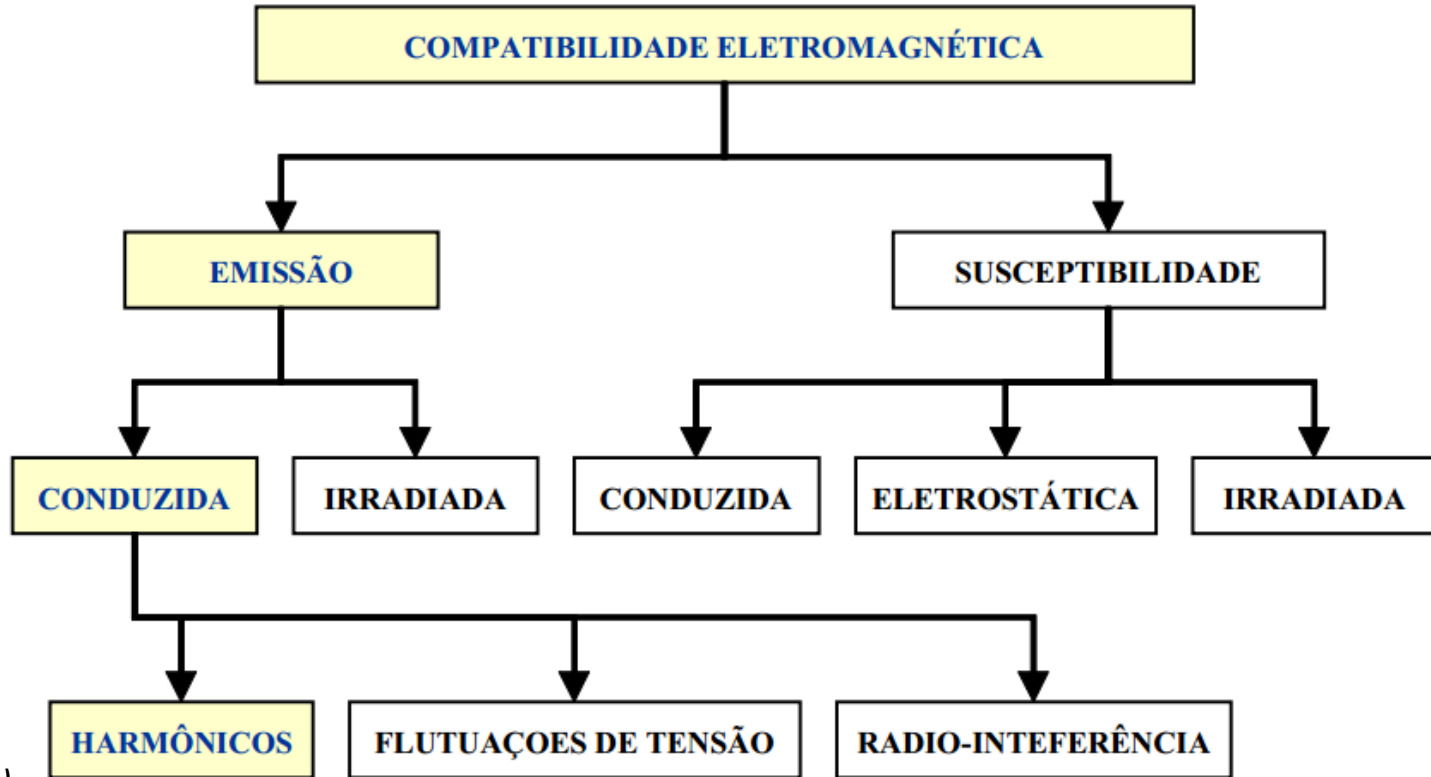
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Principais classificações de EMC

CATEGORIAS DE EMC E ACOPLAMENTOS

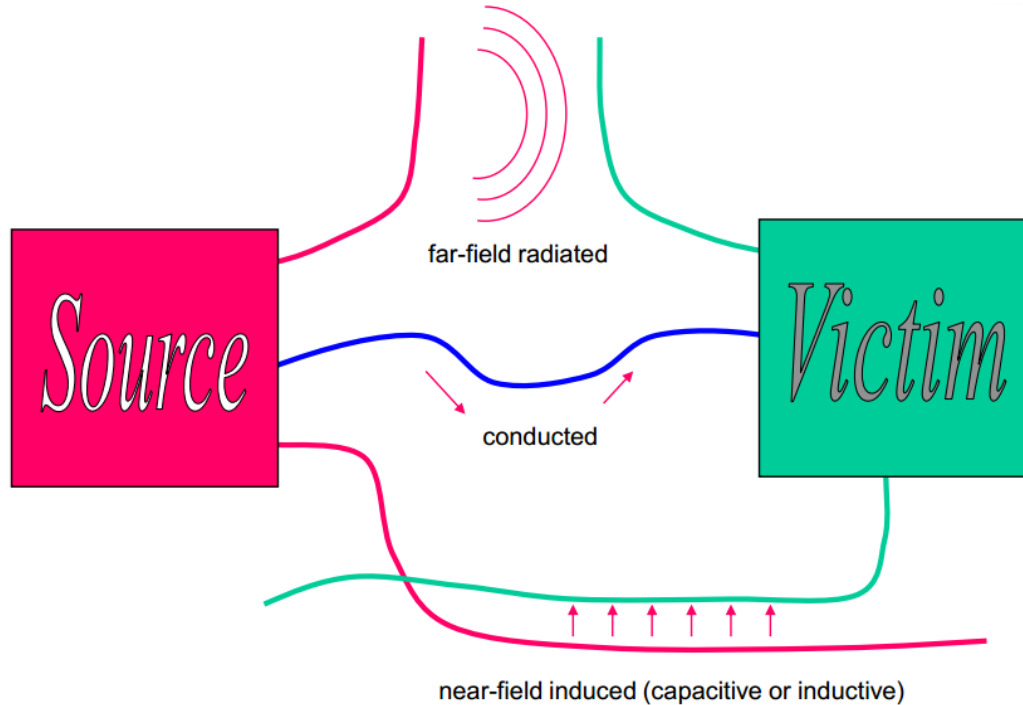


EMC: Categorias Básicas

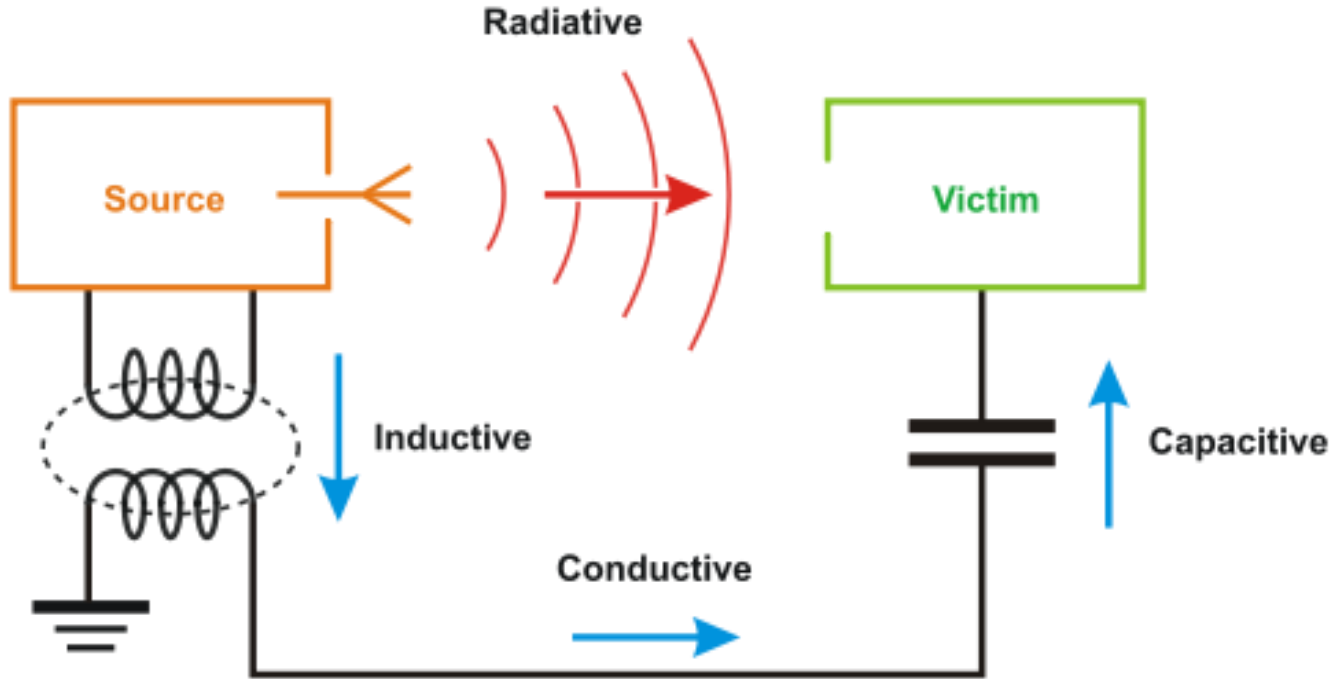


(MAGNUS, 2001)

Acoplamentos



Acoplamentos



Emissões Conduzidas



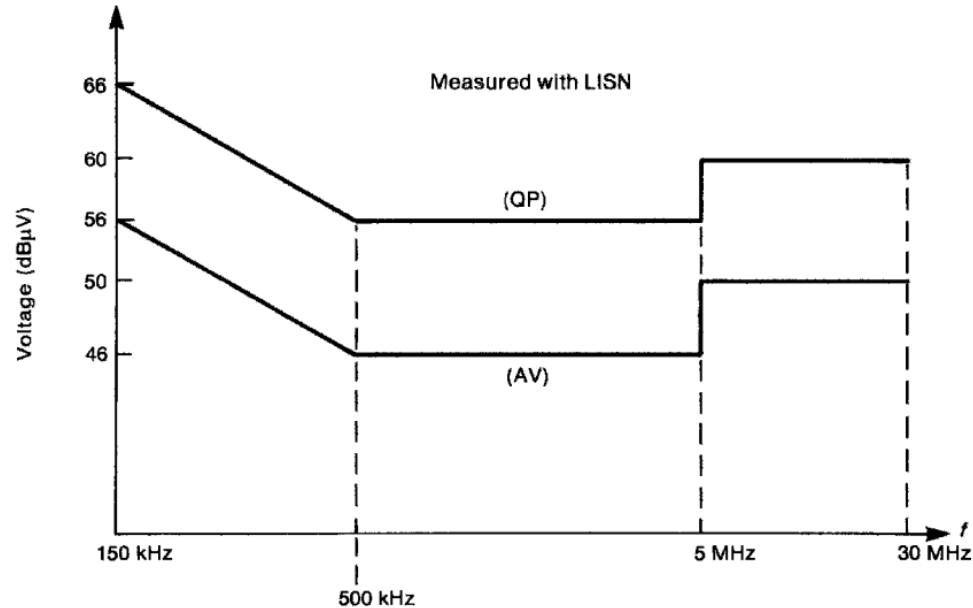
Estão relacionadas às correntes de frequências indesejadas (distúrbios/ruídos), as quais são transmitidas através de cabos condutores (*geralmente* circuitos CA).

Equipamentos eletroeletrônicos (eletrodomésticos, motores) podem induzir harmônicas de corrente indesejadas no circuito que serão conduzidas pela rede e podem interferir em outros equipamentos.

Emissões Conduzidas



Faixa de Frequências: 150 kHz – 30 MHz



(a)

FIGURE 2.1 The FCC and CISPR 22 conducted emission limits: (a) Class B; (b) Class A.

(PAUL, 2006)

Verificação: usando uma LISN (*line impedance stabilization network*).

Emissões Conduzidas



Faixa de Frequências: 150 kHz – 30 MHz

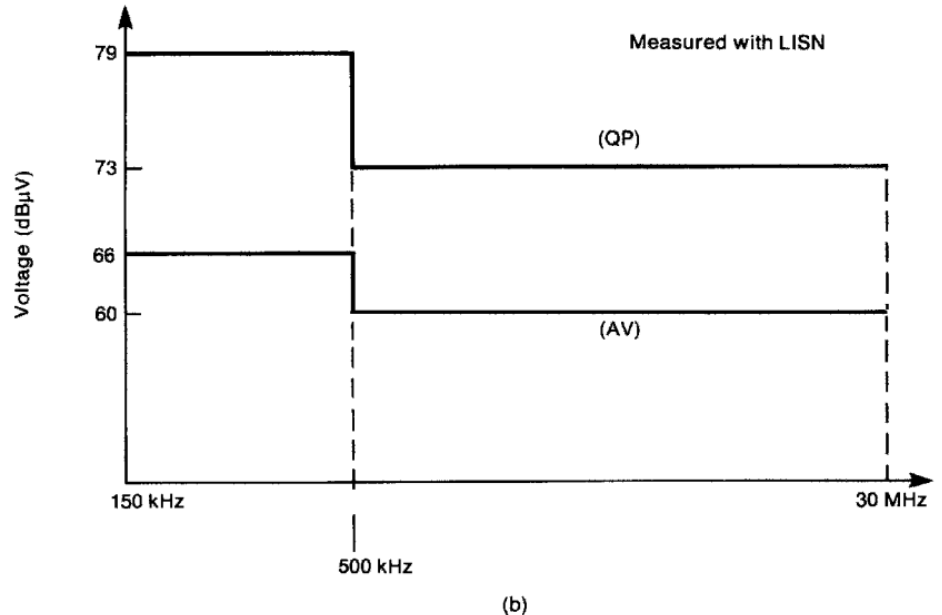


FIGURE 2.1 The FCC and CISPR 22 conducted emission limits: (a) Class B; (b) Class A.

(PAUL, 2006)

Verificação: usando uma LISN (*line impedance stabilization network*).

Emissões Radiadas



Relacionadas com campos elétricos e magnéticos radiados por uma fonte (equipamentos) e que interferem em outros dispositivos, equipamentos ou sistemas.

Emissões Radiadas



Faixa (FCC/CISPR-22): 30 MHz – 1 (40) GHz

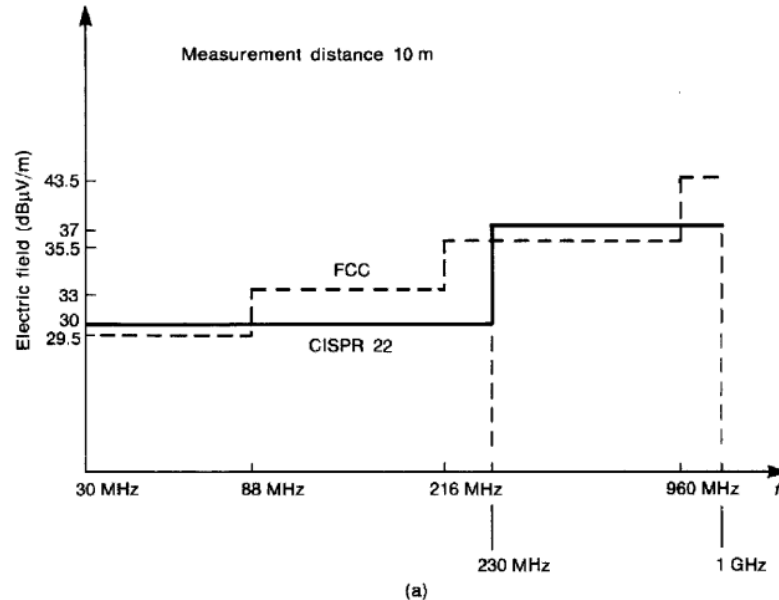


FIGURE 2.4 The CISPR 22 radiated emission limits compared to the FCC radiated emission limits: (a) Class B; (b) Class A.

(PAUL, 2006)

Verificação: câmaras semi-anecoicas ou testes de campo aberto.

Emissões Radiadas



Faixa (FCC/CISPR-22): 30 MHz – 1 (40) GHz

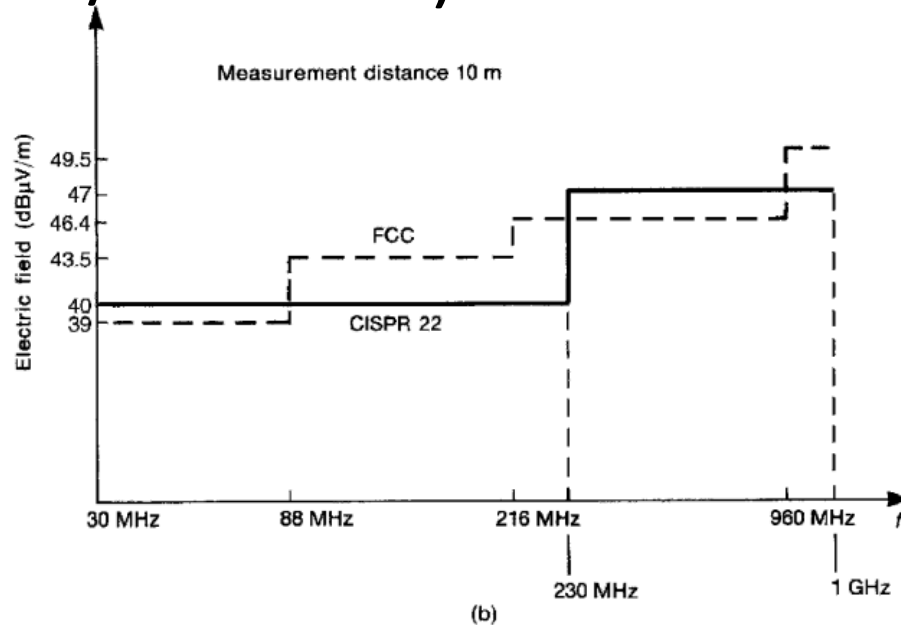


FIGURE 2.4 The CISPR 22 radiated emission limits compared to the FCC radiated emission limits: (a) Class B; (b) Class A.

(PAUL, 2006)

Verificação: câmaras semi-anecoicas ou testes de campo aberto.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Principais órgãos regulamentadores de EMC no Brasil e no mundo

ÓRGÃOS REGULAMENTADORES



FCC: Federal Communications Commission



Atuação nos Estados Unidos.

Regula equipamentos eletrônicos.

Part 15: dispositivos de rádio frequência.

Part 18: equipamentos industriais, científicos e médicos (ISM).

Part 68: equipamentos terminais conectados à rede telefônica.

CENELEC: Comitê Europeu de Normatização Eletrotécnica



Atuação na europa (diversos países).

Atua em conjunto com Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações (ETSI) e com o Comitê Europeu de Normatização (CEN).



IEC e CISPR



IEC: Comissão Internacional de Eletrotécnica

Abrangência: internacional

Natureza: ONG, agência reguladora

Criação: 1906

Sede: Genebra, Suíça

Idiomas: inglês, francês



CISPR: Comitê Internacional Especial
de **P**erturbações **R**adioelétricas

Criado em 1934, faz parte da IEC.



Agência Nacional de Telecomunicações



Organização

Natureza jurídica	agência reguladora, administrativamente independente, financeiramente autônoma
Missão	A missão da Anatel é promover o desenvolvimento das telecomunicações do País de modo a dotá-lo de uma moderna e eficiente infraestrutura de telecomunicações, capaz de oferecer à sociedade serviços adequados, diversificados e a preços justos, em todo o território nacional.
Atribuições	Regulação das telecomunicações
Dependência	Governo do Brasil
Chefia	João Batista de Rezende, presidente

Localização

Jurisdição territorial	Brasil
Sede	Brasília

Histórico

Criação	16 de julho de 1997
----------------	---------------------

Sítio na internet

www.anatel.gov.br

ANATEL: Agência Nacional de Telecomunicações



ANATEL:

Agência Nacional de Telecomunicações



Lei Geral de Telecomunicações – LGT (Lei 9.472/1997) – Compete à ANATEL:

Art. 5º. disciplinar as relações econômicas no setor de telecomunicações;

Art. 19. adotar medida de interesse público e desenvolvimento das telecomunicações;

XIII- expedir ou reconhecer a certificação de produtos, observados os padrões e normas por ela estabelecidos;

XIV - expedir normas e padrões que assegurem a compatibilidade, a operação integrada e a interconexão de redes, abrangendo inclusive os equipamentos terminais.

Outros:



**Agência Nacional
de Vigilância Sanitária**

Anvisa - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

- Regulamenta o setor eletromédico
- Adota normas IEC existentes, traduzindo (ABIMO e ABIMED)
- Foco na Segurança Elétrica (desenvolve Laboratórios)



Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

- Braço executivo do CONMETRO, é responsável pela base técnica e legislativa da certificação de produtos.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Principais certificações e homologações de equipamentos

CERTIFICAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO



Custo × Tempo de P&D

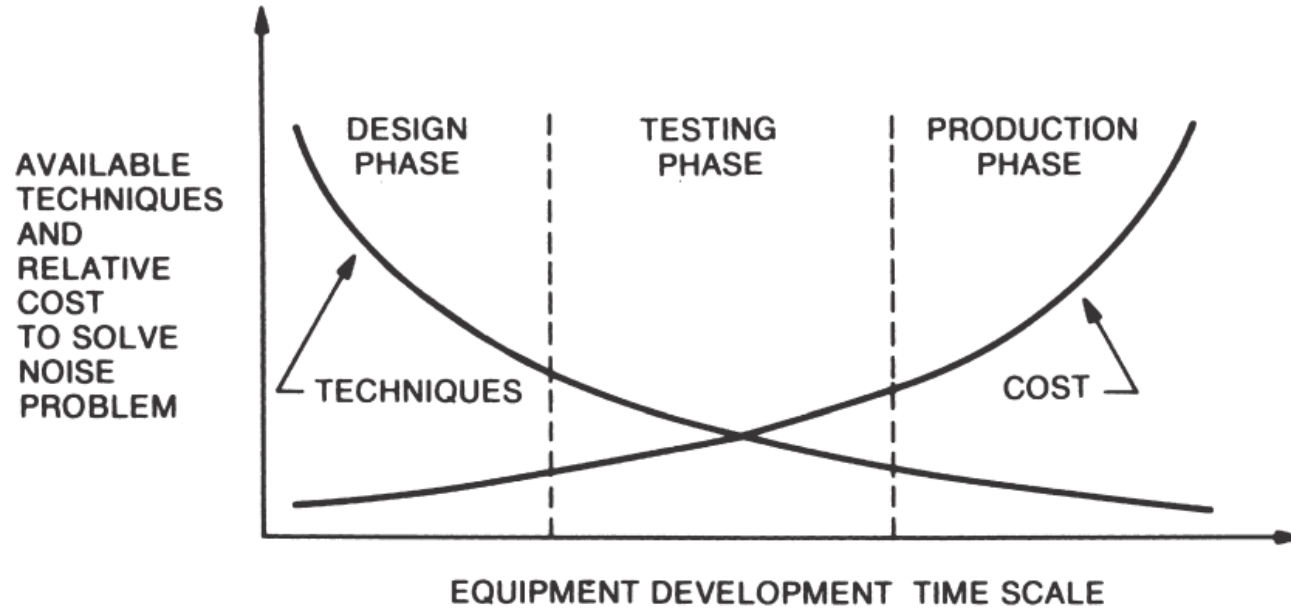
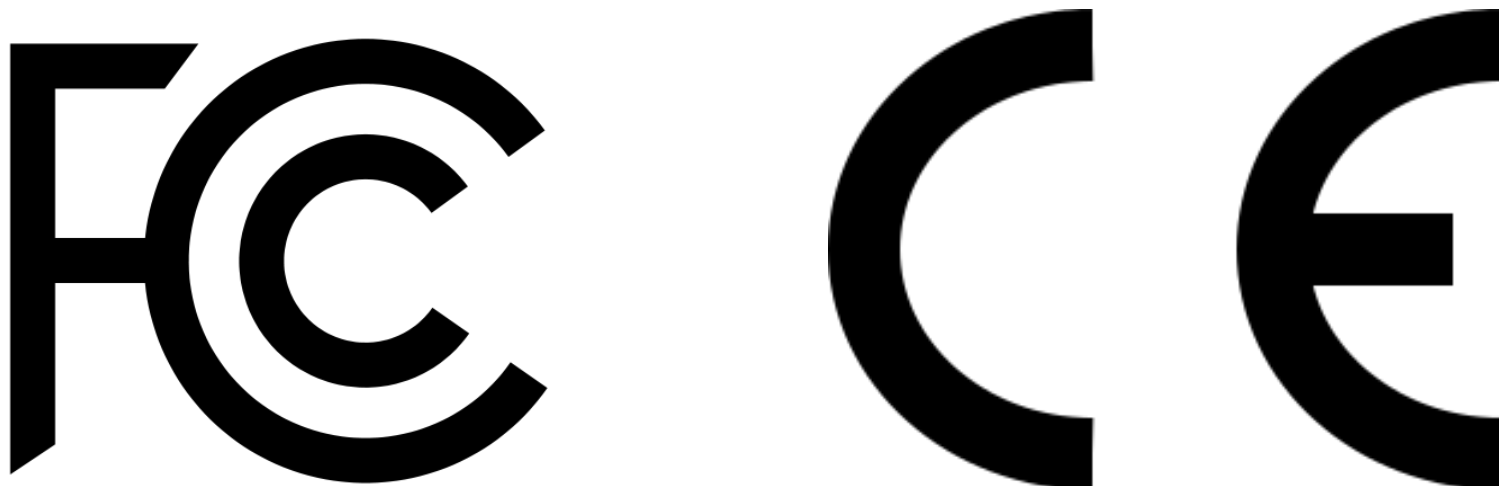


FIGURE 1-1. As equipment development proceeds, the number of available noise-reduction techniques goes down. At the same time, the cost of noise reduction goes up.

Marcas de Certificação: Estados Unidos e União Européia



*CE: esquema de certificação
auto-regulado pelo fabricante.*

Outros Órgãos e Marcas Estrangeiros



VDE (Alemanha)



ACMA (Australia)



VCCI (Japão)



CCC (China)



Certificação e Homologação ANATEL



Selo de Certificação



A imagem acima mostra um selo de identificação de equipamento homologado pela Anatel. Na ilustração, HHHH identifica a homologação do produto; AA, o ano da emissão da homologação; e FFFF, o fabricante. O selo pode ser usado também na versão monocromática (preto e branco). Quando o espaço para colocação do selo é insuficiente, caso de telefones celulares, por exemplo, é permitido que o fabricante coloque o selo completo no manual do usuário e, no produto, apenas o número de homologação (Anatel HHHH-AA-FFFF).

Certificação e Homologação ANATEL



Exemplo: telefones celulares homologados garantem sua compatibilidade com as tecnologias adotadas no país e atendem requisitos técnicos de funcionamento e condições de garantia, assistência técnica e qualidade.



Verificação pelo **SGCH**:

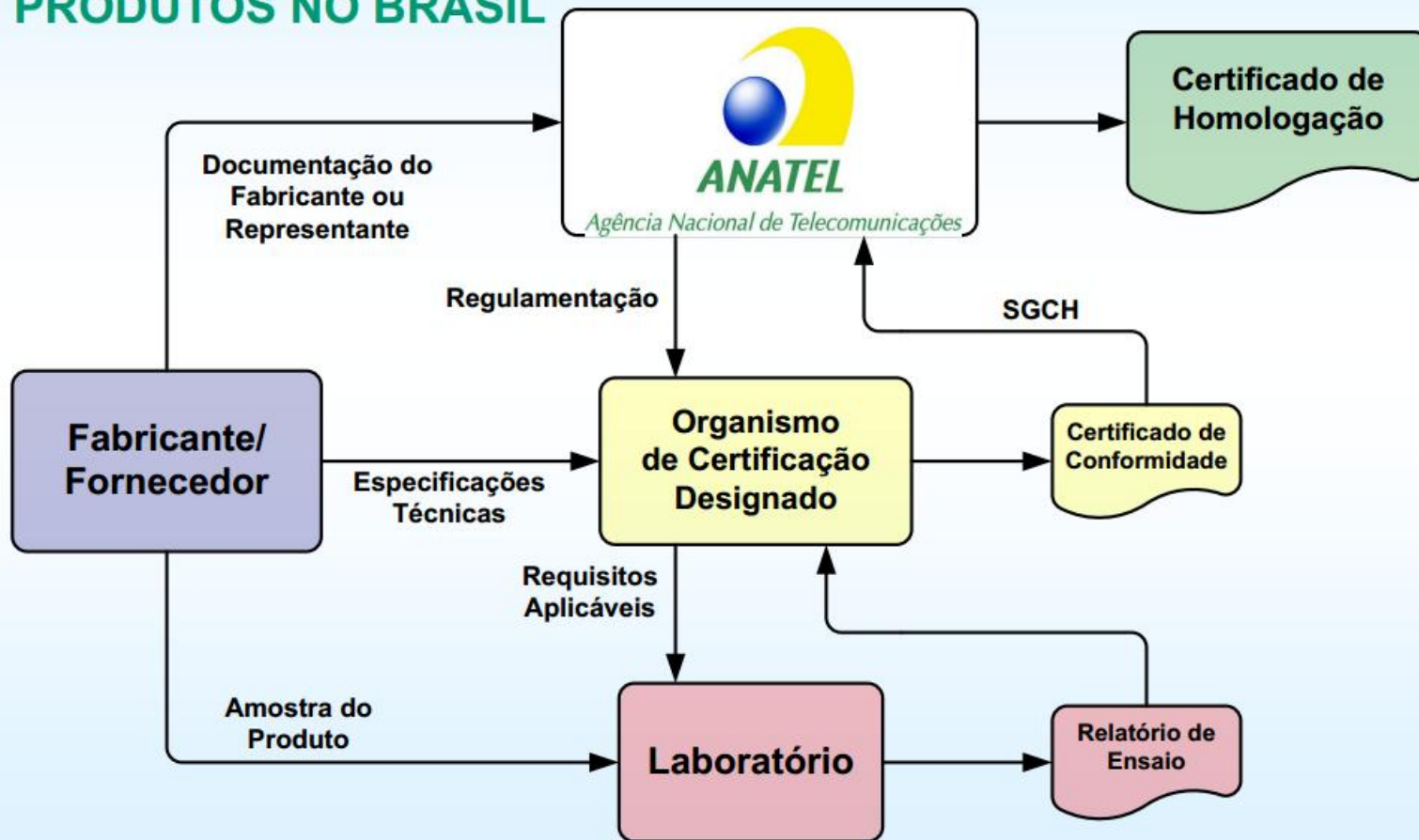
*Sistema de **G**estão de **C**ertificação e **H**omologação*

Certificação e Homologação ANATEL



TIPO Nº	DATA	TÍTULO
Res. nº 242	30/11/2000	Regulamento para Certificação e Homologação de Produtos para Telecomunicações.
Res. nº 323	07/11/2002	Norma para Certificação de Produtos para Telecomunicações.
Res. nº 442	21/07/2006	Regulamento para a Certificação de Equipamentos de Telecomunicações quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética. Revoga Res. 237 de 09/11/2000.

➤ PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO DE PRODUTOS NO BRASIL



(CAMPOS, 2013)



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Principais normas regulamentadoras de EMC/EMI

NORMAS REGULAMENTADORAS



Classes de Equipamentos



Classe A: equipamentos destinados para uso industrial ou comercial (estações de telecomunicações); uso mais restrito (menos comuns, limites mais flexíveis); podem causar interferência se instalados em ambiente residencial.

Classe B: equipamentos destinados para uso doméstico ou residencial; uso menos restrito (mais comuns – interferência deve ser mais limitada).

Categorias de Produtos de Telecomunicações



Categoria I: equipamentos terminais de uso do público geral.

Exemplos: telefone de assinante, celular, modems, ADSL.

Categorias de Produtos de Telecomunicações



Categoria II: equipamentos os quais não pertencem à categoria I mas usam o espectro eletromagnético.

Exemplos: transceptores digitais, transceptores para estações rádio base, antenas, etc.

Categorias de Produtos de Telecomunicações



Categoria III: equipamentos não pertencentes às Categorias I e II cuja regulamentação é necessária para garantir: interoperabilidade, confiabilidade e EMC

Exemplos: centrais de comutação, equipamentos de interconexão e comunicação de dados, multiplexadores, cabos coaxiais e ópticos, outros.

Normas Brasileiras



Resolução 442 da ANATEL

Normas brasileiras usam diversas normas internacionais com fundamentação.

Norma	Status
ABNT NBR IEC 61000-4-3:2014 Compatibilidade eletromagnética (EMC) Parte 4-3: Ensaios e técnicas de medição — Ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos de radiofrequências irradiados	Em Vigor
ABNT NBR IEC 61000-4-2:2013 Compatibilidade eletromagnética (EMC) Parte 4-2: Ensaios e técnicas de medição — Ensaio de imunidade de descarga eletrostática	Em Vigor
ABNT NBR IEC 61000-4-6:2011 Compatibilidade eletromagnética (EMC) Parte 4-6: Técnicas de medição e ensaio - Imunidade à perturbação conduzida, induzida por campos de radiofrequência	Em Vigor
ABNT NBR IEC 61000-4-30:2011 Compatibilidade eletromagnética Parte 4-30: Técnicas de medição e ensaio - Métodos de medição de qualidade da energia	Em Vigor

Normas Internacionais



Família de normas CISPR e IEC 61000

- **Suscetibilidades radiadas (IEC 61000)**
 - Imunidade de emissão eletromagnética radiada (4-3)
 - Imunidade para ruído conduzido (4-6)
- **Suscetibilidades conduzidas (IEC 61000)**
 - Descarga eletrostática (4-2)
 - Transientes elétricos rápidos (4-4)
 - Surtos (4-5)
 - Interrupções rápidas e variações de tensão (4-11)

Normas Internacionais



Família de normas CISPR e IEC 61000

IEC 61000-4-2 : Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test

IEC 61000-4-3 : Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test

IEC 61000-4-4 : Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test

IEC 61000-4-5 : Testing and measurement techniques - Surge immunity test

IEC 61000-4-6 : Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields

IEC 61000-4-8 : Testing and measurement techniques - Power frequency magnetic field immunity test

IEC 61000-4-11 : Testing and measurement techniques - Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity

Normas Internacionais



Família de normas CISPR e IEC 61000

CISPR 11 : Limits and methods of measurements of radio disturbance characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment

CISPR 13 : Limits and methods of measurements of radio disturbance characteristics of broadcast receivers and associated equipment

CISPR 14 : Limits and methods of measurements of radio disturbance characteristics of household electrical appliances, portable tools and similar electrical apparatus

CISPR 19 : Guidance on the use of the substitution method for measurements of radiation from microwave ovens for frequencies above 1GHz

CISPR 22 : Limits and methods of measurements of radio disturbance characteristics of information technology equipment

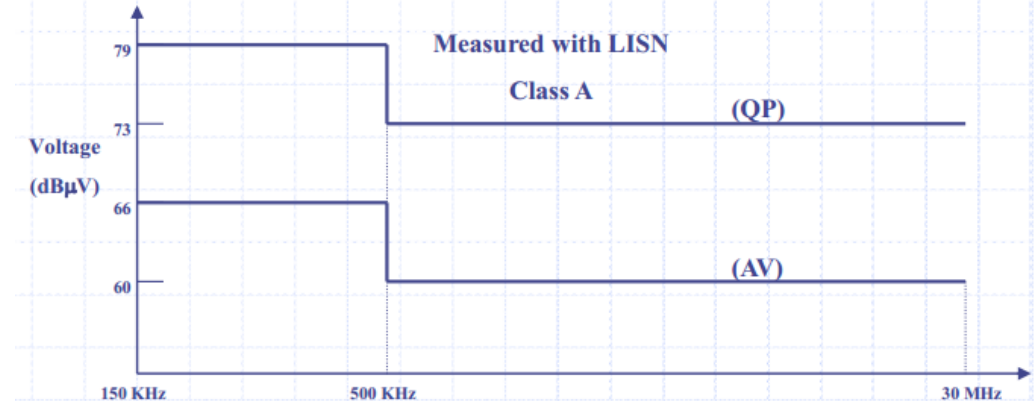
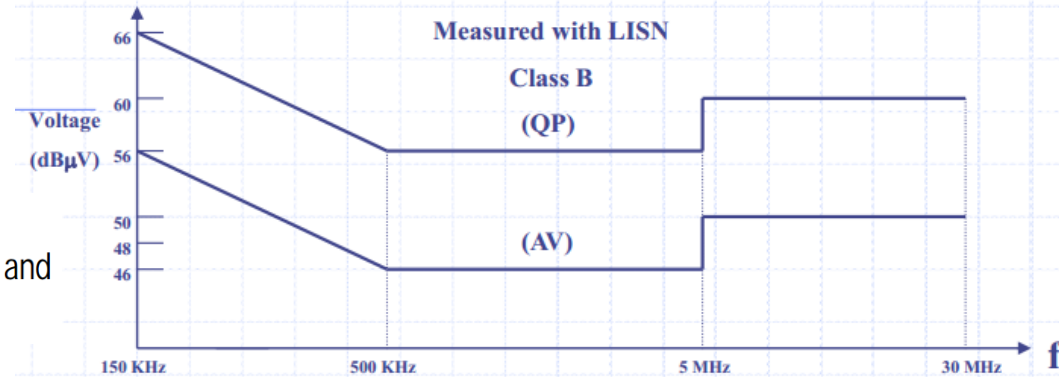
IEC 61000-3-2 : Limits for harmonic current emissions (equipment input current <16A per phase)

Normas Internacionais



Exemplo: CISPR 22

CISPR 22 (1997-11) Information technology equipment -
Radio disturbance characteristics - Limits and
methods of measurement

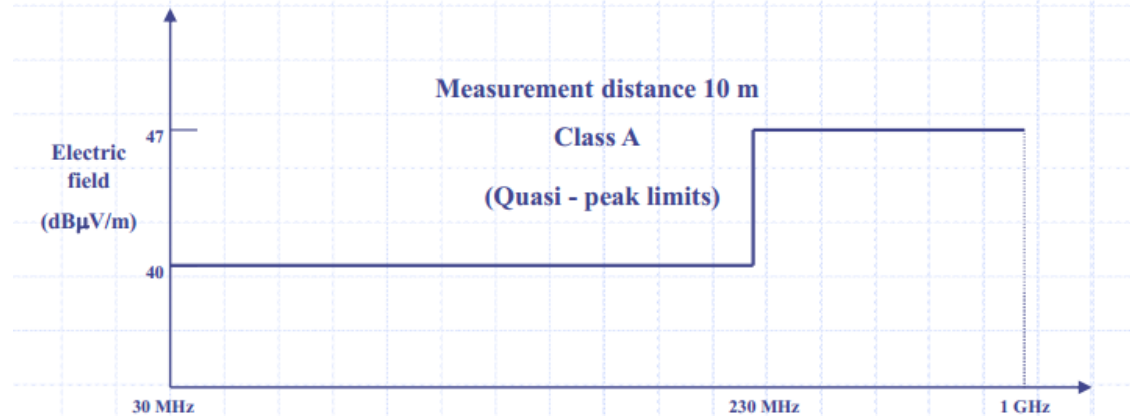
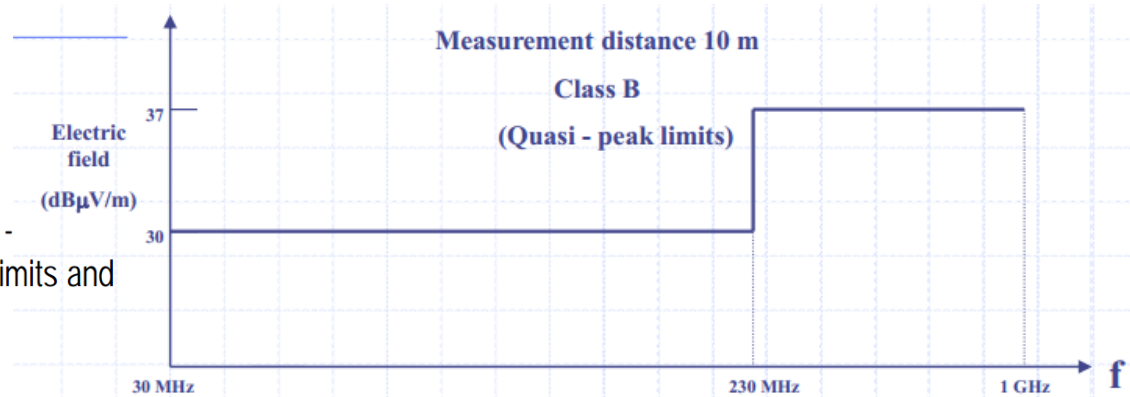


Normas Internacionais



Exemplo: CISPR 22

CISPR 22 (1997-11) Information technology equipment -
Radio disturbance characteristics - Limits and
methods of measurement



Normas Internacionais



Exemplo: CISPR 22

CISPR 22 (1997-11) Information technology equipment -
Radio disturbance characteristics - Limits and
methods of measurement

Semi-Anechoic Chamber

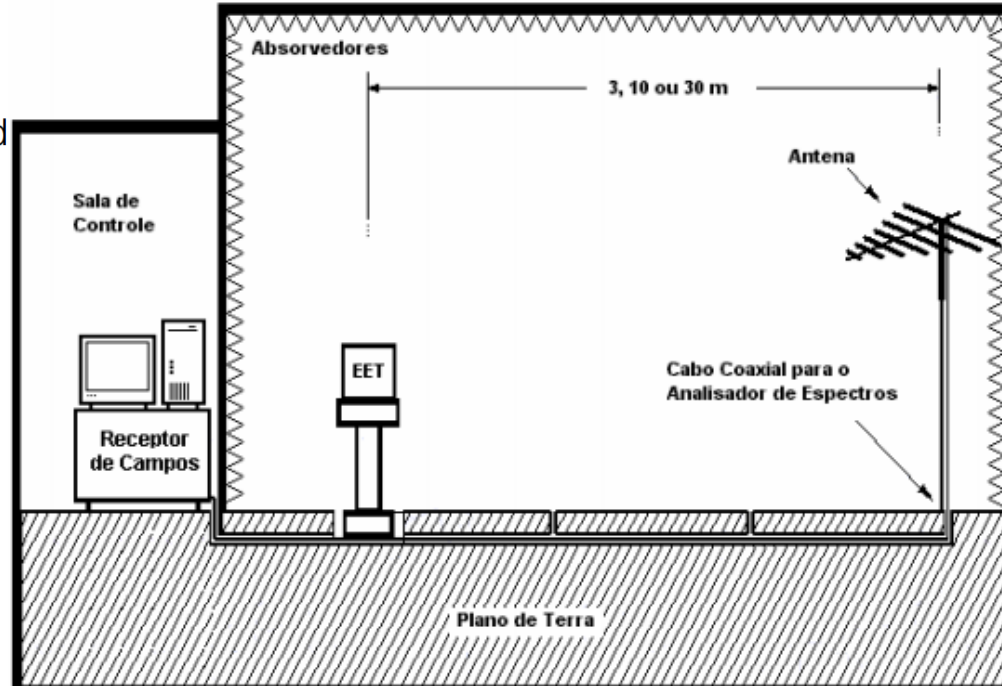
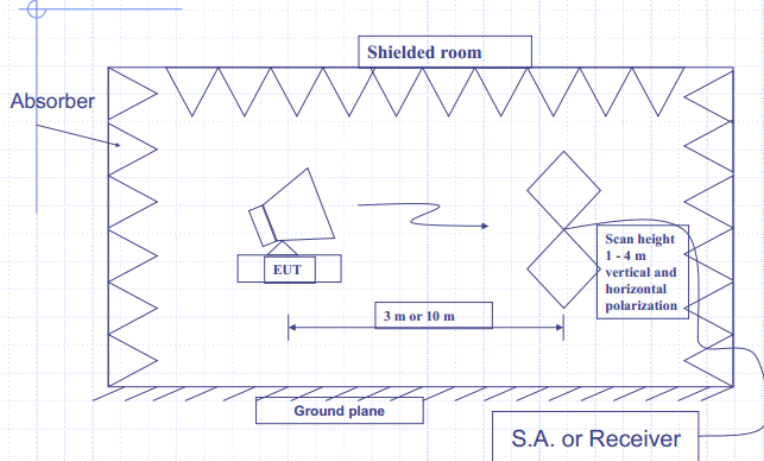


FIGURA 2.4 – Ilustração de uma câmara semi-anechoica.

Normas Internacionais



Os absorvedores dielétricos dissipam a energia eletromagnética através do efeito Joule (perda ôhmica) e podem ser obtidos por meio da adição de cargas em determinadas matrizes de origem orgânica (parafina, poliuretano, entre outras) e inorgânicas (matrizes de silicone). São exemplos destas cargas, as partículas ou fibras de carbono (grafite), polímeros condutores e partículas de metal. Entre as propriedades dielétricas destes materiais, a permissividade elétrica (ϵ) e a tangente de perda ($\tan \delta$) devem ser consideradas [97]. Blocos piramidais de poliuretano impregnados de pó de carbono são exemplos de materiais absorvedores dielétricos. A característica física destes blocos tem o propósito de estabelecer o casamento de impedâncias entre o ar e o material absorvedor, dissipando a energia incidente sobre eles ao longo de sucessivas incidências/reflexões, conforme demonstrado na figura 2.6.

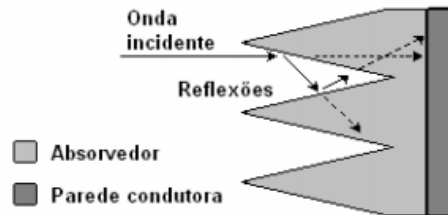
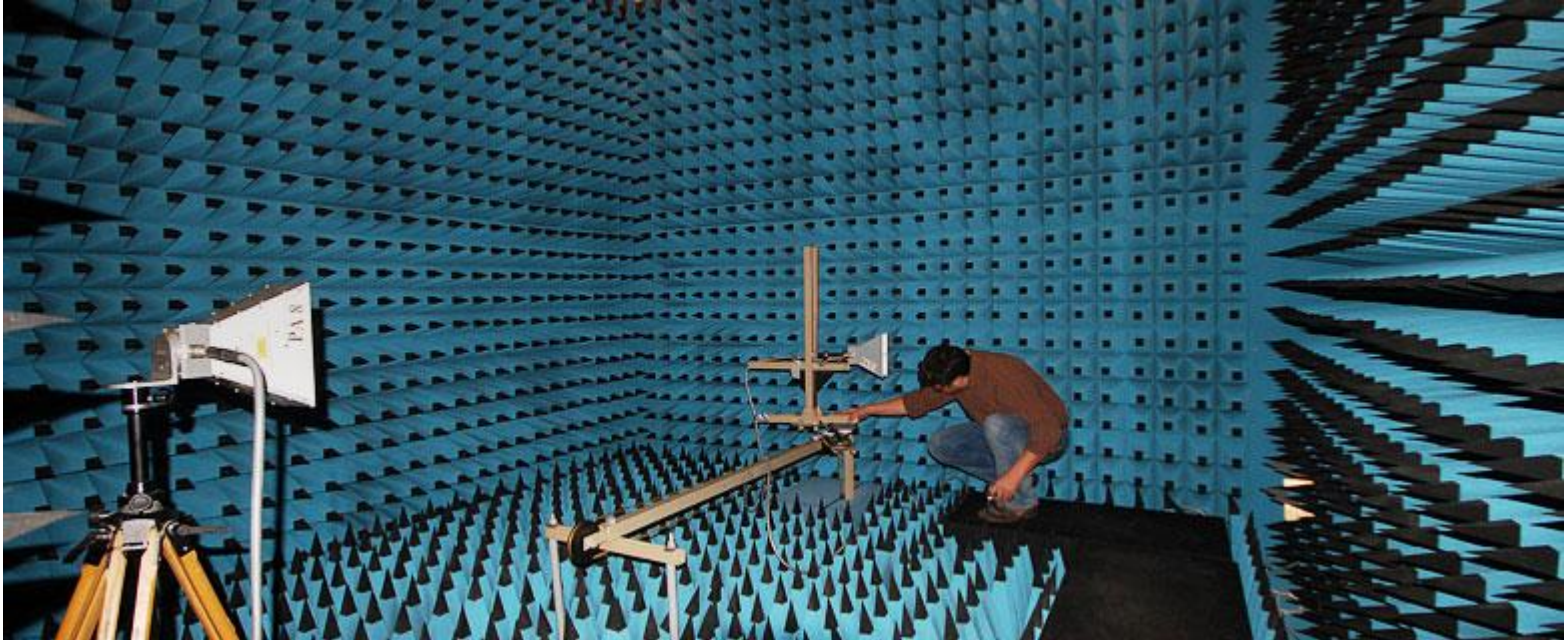


FIGURA 2.6 – Modelo de um bloco de material absorvedor.

Normas Internacionais



Normas Internacionais



Normas Internacionais



Referências Bibliográficas



MAGNUS, E. F. **Desenvolvimento de uma ferramenta para ensaio de EMI conduzida de baixo custo.** Dissertação de Mestrado. PUC-RS, Dezembro de 2001.

RAIZER, A. **Compatibilidade Eletromagnética.** Apresentação em evento. Depto. de Eng. Elétrica da UFSC. Agosto de 2005.

PAUL, C. **Introduction to Electromagnetic Compatibility.** 2ª ed. Wiley, Janeiro de 2006.

Resolução nº 442. ANATEL, 21 de Julho de 2006.

VALENTE Jr., W. **Avaliação do Ambiente Eletromagnético em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde.** Dissertação de Mestrado. UFSC, Maio de 2006.

OTT, H. **Electromagnetic Compatibility Engineering.** Wiley, Agosto de 2009.

CAMPOS, L. M. **Demandas atuais e futuras para ensaios de compatibilidade eletromagnética em produtos de Telecomunicações.** Gerência de Certificação e Numeração ANATEL. Workshop Sibratec, 2013.

LAWSON, A. **A Beginners Guide to EMC.** Apresentação da TÜV SÜD Product Service.