

Departamento de Engenharia Elétrica
Faculdade de Tecnologia
Universidade de Brasília

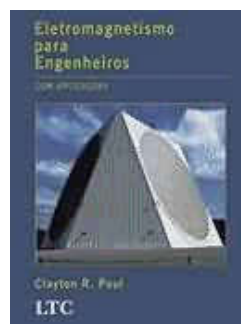
Eletromagnetismo 1

Prof. Franklin da Costa Silva
fcsilva@ene.unb.br

Eletromagnetismo 1

Livro Texto

Eletromagnetismo para Engenheiros
com Aplicações a Sistemas Digitais e
Interferência Eletromagnética
Clayton R. Paul
LTC



Eletromagnetismo 1

- I - Introdução
- II - Cálculo Vetorial
- III - Campos Eletromagnéticos Estáticos
- IV- Campos Eletromagnéticos Variantes no Tempo
- V – Introdução a Ondas Eletromagnéticas
- VI – Introdução a Linhas de Transmissão

AVALIAÇÃO

Três testes (11/04/2018, 21/05/2018, 25/06/2018 e um teste substitutivo dia 04/07/2018). A nota final será calculada por média aritmética simples (dos três testes).

O aluno com mais de 25% de faltas ficará com a menção SR.

INTRODUÇÃO

Objetivos:

- Sistema métrico e sistema britânico.
- Conceitos de onda, comprimento de onda e deslocamento de fase.
- Dimensões elétricas (em comprimentos de onda).
- Parâmetros concentrados e distribuídos.
- Componentes senoidais de um sinal, como um clock de computador digital.
- Aplicações práticas dos princípios de eletromagnetismo.

Dimensões e Unidades

Dimensão define alguma característica física:

comprimento, massa, tempo, corrente elétrica, temperatura, intensidade luminosa...

Unidade é um padrão de referência na qual a dimensão pode ser expressa numericamente

Sistema Internacional de Unidades (SI)

Unidades fundamentais

metro (m)

quilograma (kg)

segundo (s)

ampère (A)

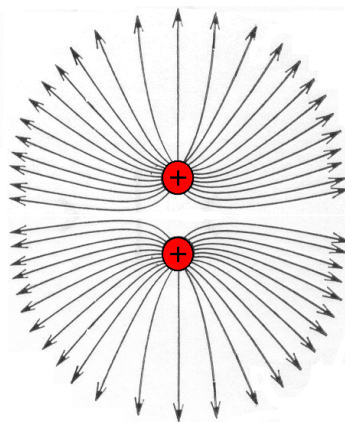
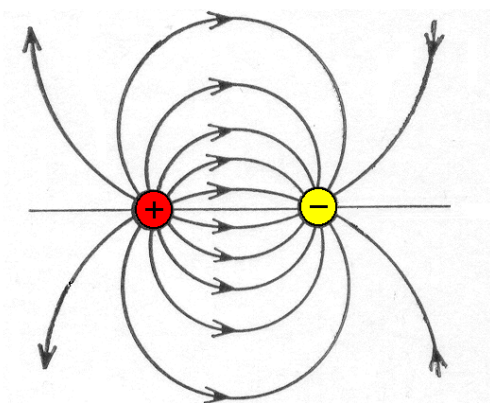
kelvin (K)

candela (cd)



Mais detalhes:
Sistema Internacional de Unidades
Nilo Indio do Brasil, Editora Interciência,
2ª edição, 2013.

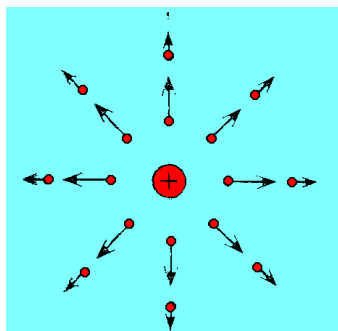
- As cargas de sinal oposto se atraem
- As cargas de mesmo sinal se repelem



- Da lei de Coulomb

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

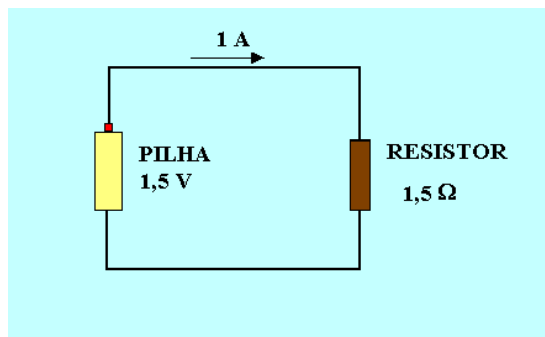
- Define-se Campo elétrico



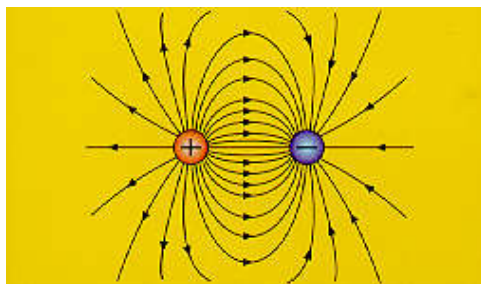
$$E = k \frac{Q_1}{R^2}$$

Noção de corrente elétrica:

circulação de cargas livres ao longo de um material condutor.



$$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$$



CAMPO ELÉTRICO



CAMPO MAGNÉTICO

Prefixos métricos

Valor Numérico		Prefixo	Símbolo
1 000 000 000 000 000 000	10^{18}	exa	E
1 000 000 000 000 000	10^{15}	peta	P
1 000 000 000 000	10^{12}	tera	T
1 000 000 000	10^9	giga	G
1 000 000	10^6	mega	M
1 000	10^3	quilo	k
0,001	10^{-3}	mili	m
0,000 001	10^{-6}	micro	μ
0,000 000 001	10^{-9}	nano	n
0,000 000 000 001	10^{-12}	pico	p
0,000 000 000 000 001	10^{-15}	fento	f
0,000 000 000 000 000 001	10^{-18}	atto	a

Por uma questão de facilidade usa-se dB

y	$\log_{10}(y)$	y	$\log_{10}(y)$
0,001	-3,0	5	0,699
0,01	-2,0	10	1,0
0,1	1,0	40	1,602
0,4	-0,398	80	1,903
0,8	-0,097	100	2,0
0,9	0,046	1000	3,0
1	0,0	10.000	4,0
1,5	0,176	100.000	5,0
2	0,301	1.000.000	6,0

Valor de y em dB = $10 \times \log_{10}(y)$

Por exemplo: Medida de potência

dBm (Valor em dB relativo a 1 mW)

Por exemplo:

20 watts: equivale a

$$10 \times \log_{10}(20/0,001) = 43,01 \text{ dBm}$$

O cálculo oposto:

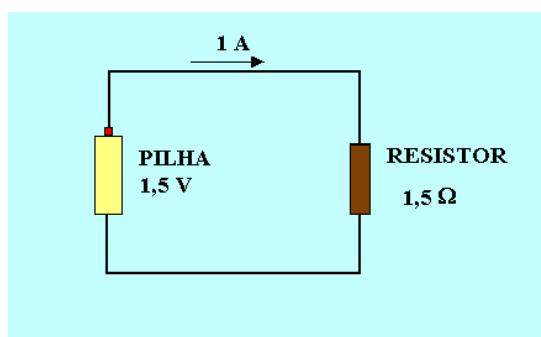
43,01 dBm em watts fica:

$$10^{43,01/10} \times 10^{-3}$$

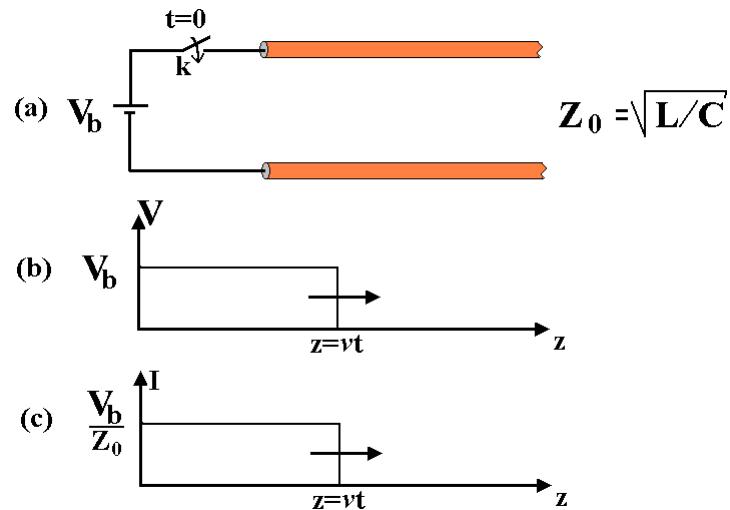
$$\text{ou seja } 10^{4,301} \times 10^{-3}$$

resultando: 20 W.

PARÂMETROS CONCENTRADOS



ATRASSO DO SINAL (VELOCIDADE FINITA)



PRINCÍPIOS ELETROMAGNÉTICOS

O ATRASO DE PROPAGAÇÃO DE UMA ONDA

$$T = \frac{L}{v}$$

ONDA SENOIDAL PROPAGANTE

$$i(z, t) = I \cos(\omega t - \beta z)$$

PRINCÍPIOS ELETROMAGNÉTICOS

DESLOCAMENTO DE FASE

$$\phi = \beta L$$

ALGUMAS APLICAÇÕES

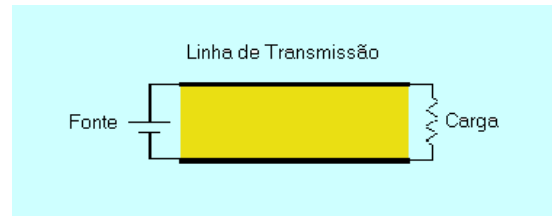
Linhas de Transmissão

Radiação

Interferência Eletromagnética

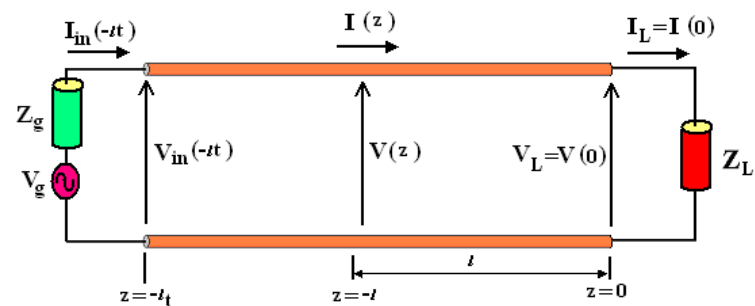
LINHAS DE TRANSMISSÃO

Dispositivo capaz de guiar energia de um ponto para outro

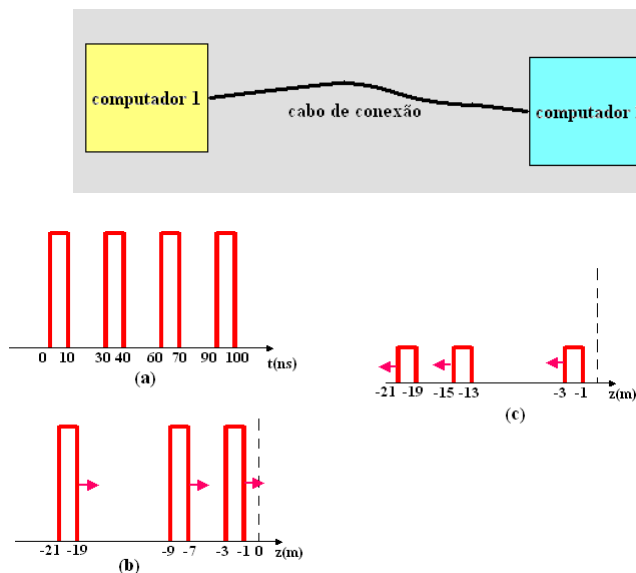


Basicamente é um dispositivo de quatro terminais

ANÁLISE

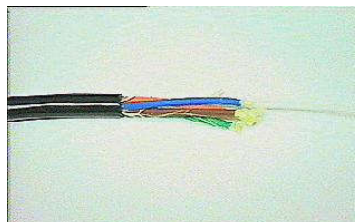
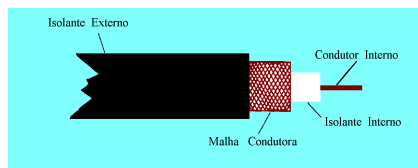
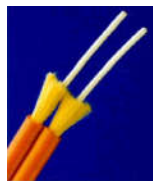


A CONEXÃO DE COMPUTADORES

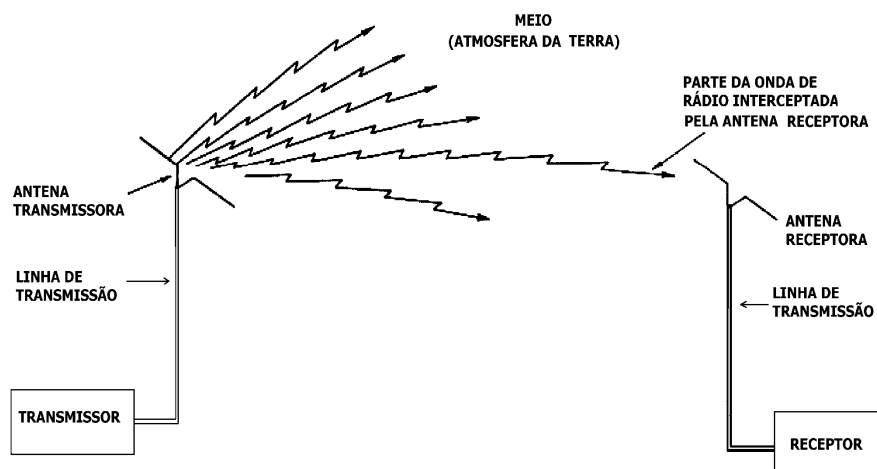


Meio de Transmissão Guiado

- Fibra óptica
- Cabo coaxial
- Par trançado



Sistema de comunicação via rádio



Antena parabólica



Faixas de Frequências

- ELF - Extremely Low Frequency - $< 3 \text{ k Hz}$
- VLF - Very Low Frequency - $(3 - 30) \text{ kHz}$
- LF - Low Frequency - $(30 - 300) \text{ kHz}$
- MF - Medium Frequency - $(0,3 - 3) \text{ MHz}$
- HF - High Frequency - $(3 - 30) \text{ MHz}$
- VHF - Very High Frequency - $(30 - 300) \text{ MHz}$
- UHF - Ultra High Frequency - $(0,3 - 3) \text{ GHz}$
- SHF - Super High Frequency - $(3 - 30) \text{ GHz}$
- EHF - Extra High Frequency - $(30 - 300) \text{ GHz}$

Interferência Eletromagnética:

Os dispositivos eletrônicos e elétricos,
são considerados

Compatíveis Eletromagneticamente

quando o ruído elétrico gerado por
cada um deles, não interfere com
o desempenho normal de qualquer outro.

EMC

(Electromagnetic compatibility)

é aquela situação

na qual o sistema opera

sem interferir em si próprio

e em outros

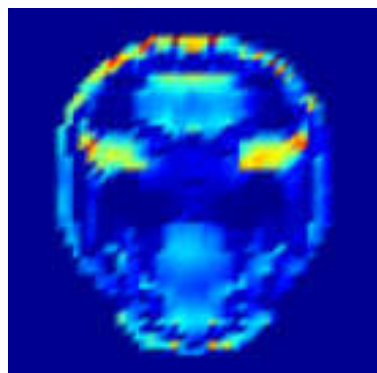
Crescimento do campo EMC

O aumento do espectro usado,
levam a um aumento do número e
da severidade dos problemas EMI.



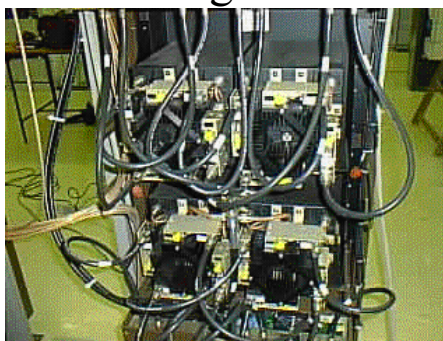
EFEITOS BIOLÓGICOS

PENETRAÇÃO DE CAMPOS
ELETROMAGNÉTICOS EM
TECIDOS BIOLÓGICOS

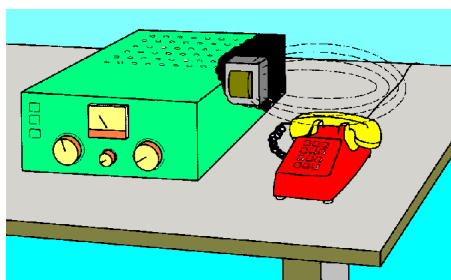


Interferência Eletromagnética

Intrasistema.



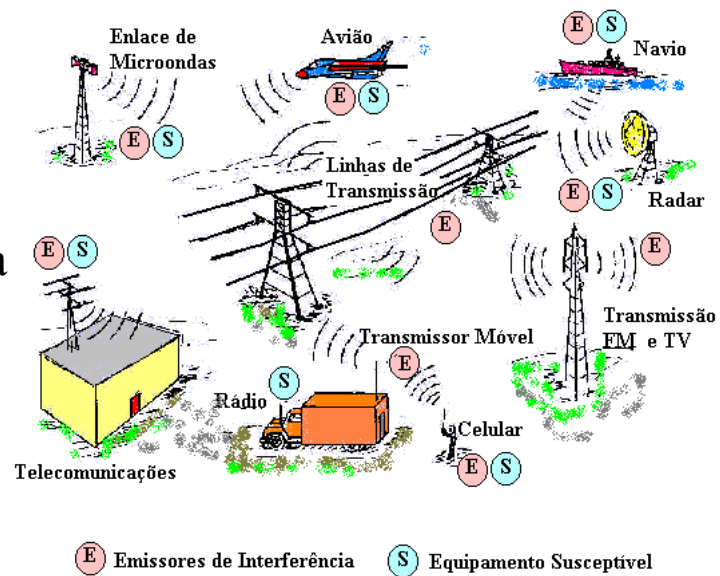
Intersistema.



Introdução à Interferência Eletromagnética

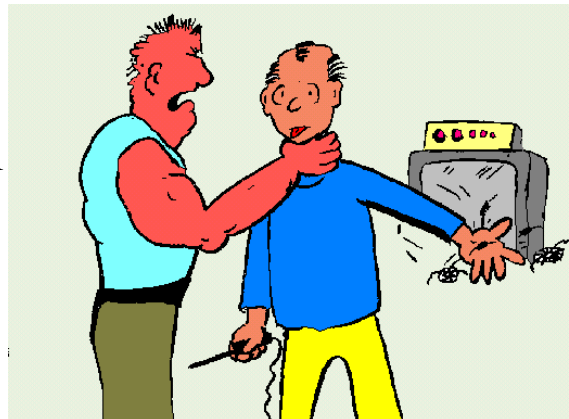
EMI

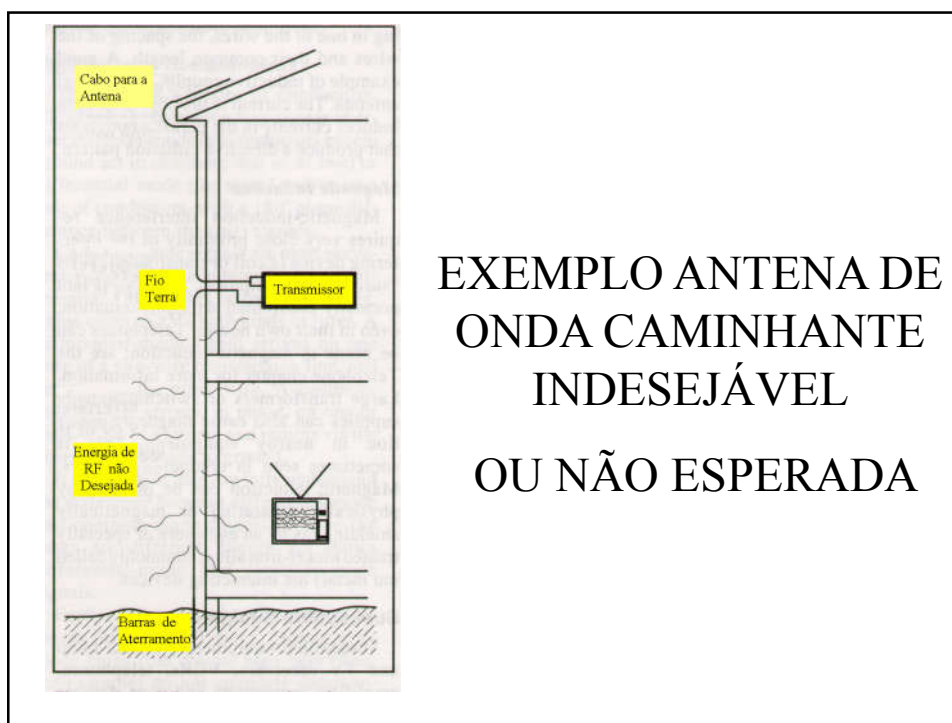
Intersistema



CADA CASO DE RFI ENVOLVE PESSOAS

ALGUMAS VEZES A
COMPATIBILIDADE
ENTRE PESSOAS
É MAIS DIFÍCIL DE SER
RESOLVIDA
DO QUE A
COMPATIBILIDADE
ELETROMAGNÉTICA





Técnicas de controle de interferência eletromagnética

- Uso de Blindagem na antena Receptora:



Técnicas de controle de interferência eletromagnética

Blindagem eletromagnética

Câmara anecóica

