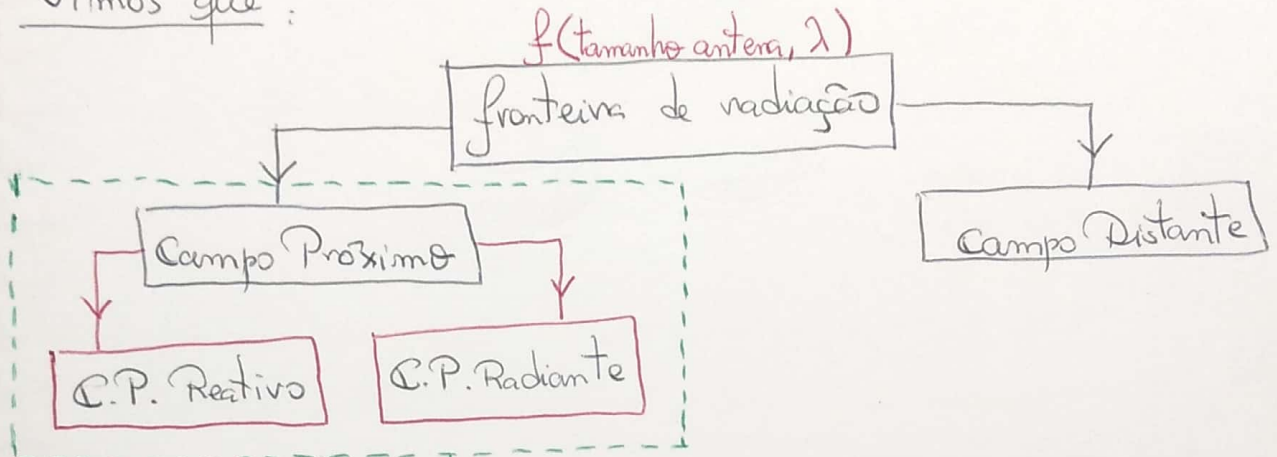


Aula 21

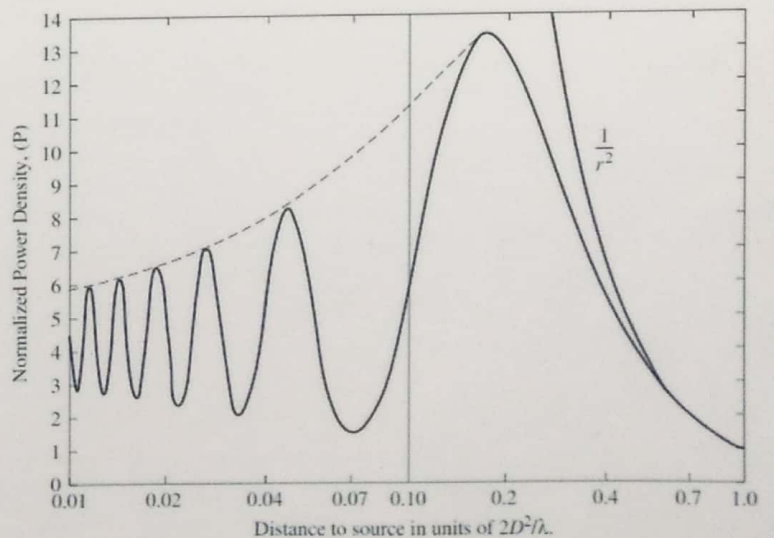
Campo Próximo de Antenas Grandes: Efeitos no Corpo humano, riscos associados & Radiação Eletromagnética

Vimos que:



Já analisamos estes campos p/ antenas pequenas

... Agora vamos analisar este campo próximo p/ antenas grandes.



O campo \vec{E} de grandes antenas, na Região do Campo Próximo, pode ser dado por:

$$E_z = -j\omega\mu L \sum_{m=1}^N \frac{I_m e^{j(\beta_0 R_m - \beta R_m)}}{R_m} \sin^2 \theta_m \frac{\sin u_m}{u_m}$$

onde:

$$u_m = \left[\frac{\beta(z-z_m)}{R_m} + \beta_m \right] \frac{L}{2N}$$

Os Efeitos no Corpo Humano

Resonsância

- ❌ do corpo humano nos \vec{E} e \vec{H} são substanciais.
- ❌ próximo do corpo humano, o \vec{E} é reduzido, devido à condutividade do tecido humano ... mas
- ❌ o \vec{H} aumenta.
- ❌ Principal efeito do corpo humano na radiação de uma antena portátil é a diminuição da potência radiada total.
- ❌ A cabeça causa notável diminuição no nível de potência radiada, pois absorve potência.
- ❌ Para antenas de celulares, próximos da cabeça a eficiência é dada por:

$$e_{rad} = \frac{P}{P + P_0 + P_{cabeça}}$$

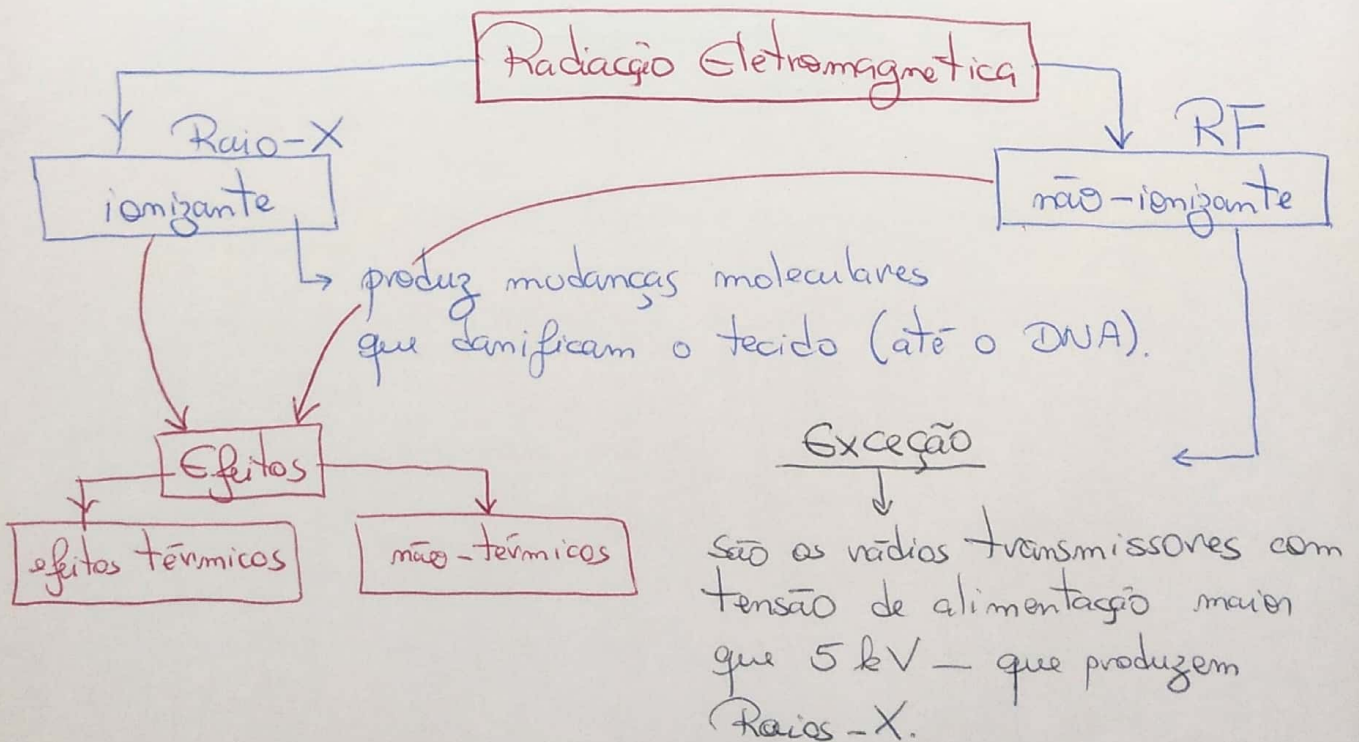
↳ potência absorvida pelo corpo humano.
- ❌ $P_{cabeça}$ diminui se a antena está no campo distante.

❖ A presença do corpo humano também afeta a impedância da antena portátil. isto pq. o tecido humano é considerado um dielétrico com perdas.

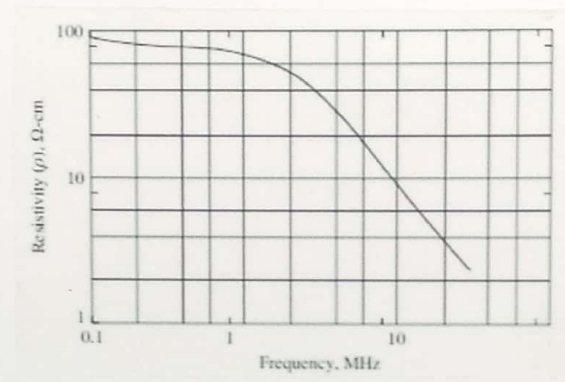
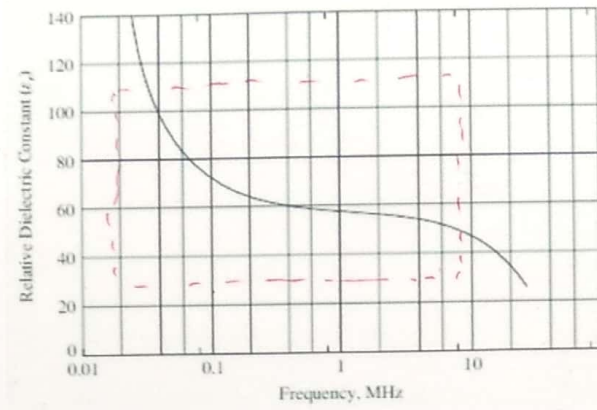
❖ Antenas operando na faixa VLF-UHF, próximo do corpo humano, o corpo humano age como um refletor cuja eficiência depende da frequência.

❖ Se a antena for magnética (de quadro ou loop. por ex.) a proximidade com o corpo humano, implica num preenchimento dos polos do dipolo magnético — neste caso existe um efeito benéfico da proximidade do corpo humano.

Riscos Associados à Radiação



Constante Dielétrica corresponde a tecidos humanos



A resistividade ρ de tecidos humanos varia com o inverso da condutividade σ .

A resistividade do conteúdo de água de tecidos humanos varia lentamente em freq. baixas e rapidamente em freq. altas.

Em freq. altas há pouca penetração no corpo humano.

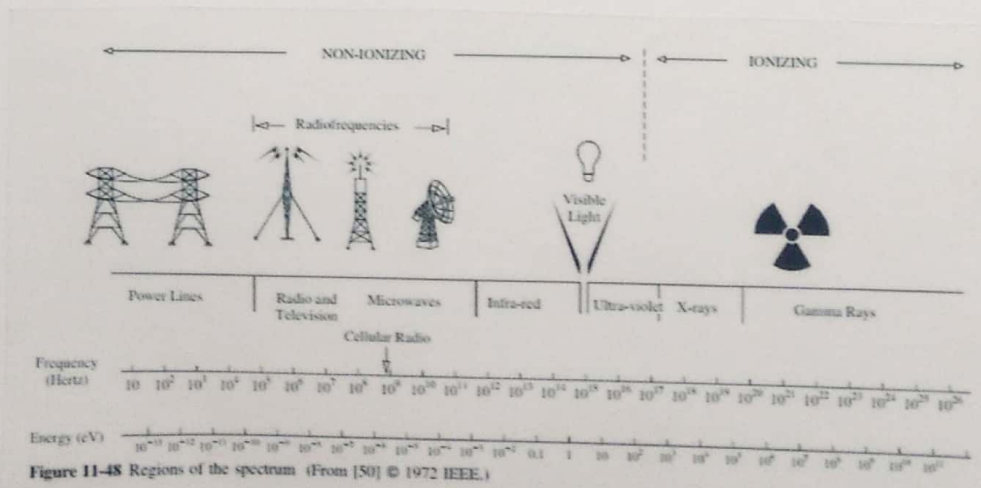
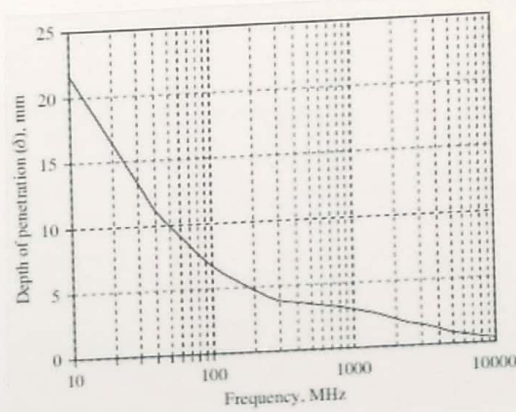


Figure 11-48 Regions of the spectrum (From [50] © 1972 IEEE.)

A profundidade de penetração, S , é:

$$S(\omega) = \left\{ \frac{\beta^2}{2} \left[\sqrt{\epsilon_r^2(\omega) + \left[\frac{\sigma(\omega)}{\omega \epsilon_0} \right]^2} - 1 \right] \right\}^{-1/2}$$

Representa que a densidade de potência incidente no corpo humano, reduz cerca de 3,5%.



a. Limits for Occupational/Controlled Exposure [50]

Frequency Range (MHz)	Electric Field Strength (E) (V/m)	Magnetic Field Strength (H) (A/m)	Power Density (S) (mW/cm ²)	Averaging Time E ² , H ² or S (minutes)
0.3-3.0	614	1.63	(100) ^{*1}	6
3.0-30	1842/f	4.89/f	(900/f ²) ^{*2}	6
30-300	61.4	0.163	1.0	6
300-1500	-	-	f/300	6
1500-100,000	-	-	5	6

b. Limits for General Population/Uncontrolled Exposure [50]

Frequency Range (MHz)	Electric Field Strength (E) (V/m)	Magnetic Field Strength (H) (A/m)	Power Density (S) (mW/cm ²)	Averaging Time E ² , H ² or S (minutes)
0.3-1.34	614	1.63	(100) ^{*3}	30
1.34-30	824/f	2.19/f	(180/f ²) ^{*4}	30
30-300	27.5	0.073	0.2	30
300-1500	-	-	f/1500	30
1500-100,000	-	-	1.0	30

f = frequency in MHz

*Plane-wave equivalent power density

A ANSI/IEEE C 95.1992 possui uma tabela da máxima exposição permitida (MEP). Existem limites p/ a absorção corporal de densidade de Potência, expressa pela taxa de absorção Específica - SAR (specific absorption rate):

$$SAR = \frac{\sigma}{2\rho} |E|^2 \text{ [W/kg]}$$

↳ densidade material

↳ é uma medida de aquecimento local de tecido.

ex: SAR de 1 W/kg → é um aquecimento de 0,0003°C/seg.
SAR de 4 W/kg → ruptura reversível do tecido
SAR > 5 W/kg → efeitos permanentes danosos.

Uma pessoa de 75 kg exposta à 0,4 W/kg é expor-se à uma potência máxima absorvida de 30 W (0,4 · 75)

- ✗ Não há maneira de medir efetivamente o SAR.
- ✗ São feitas simulações usando modelos da anatomia humana.
- ✗ Modelagem por FDTD - sem considerar o efeito termoregulado do corpo humano.
- ✗ Testes mostram que 50% da potência transmitida pelo celular é absorvido pelo corpo.
- ✗ Não é nrisos de exceder 1,6 W/kg em condições normais de uso do telefone.