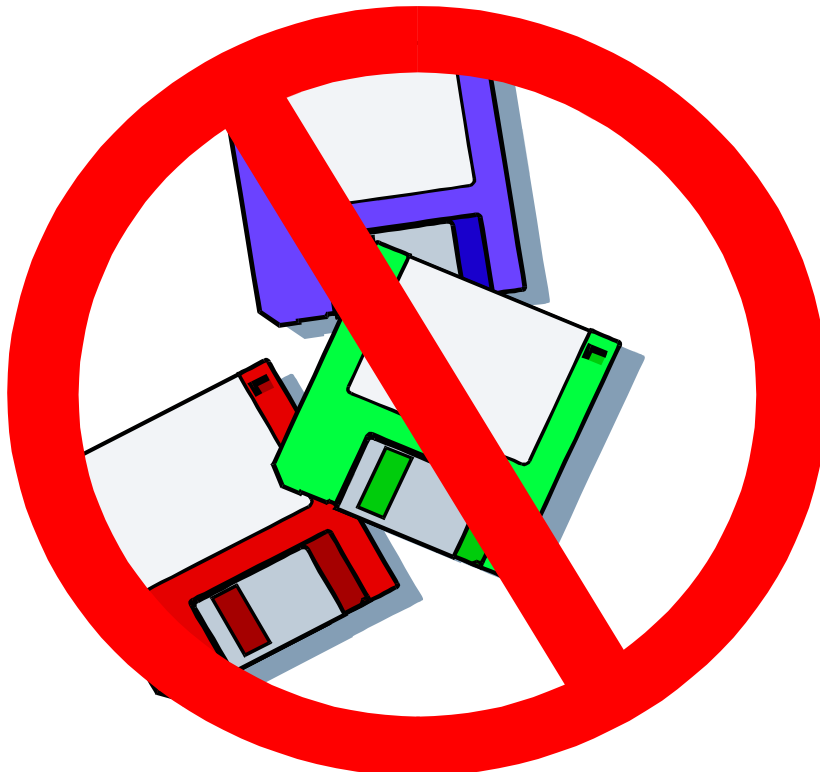


Reflexão na ionosfera

SEL 413 Telecomunicações

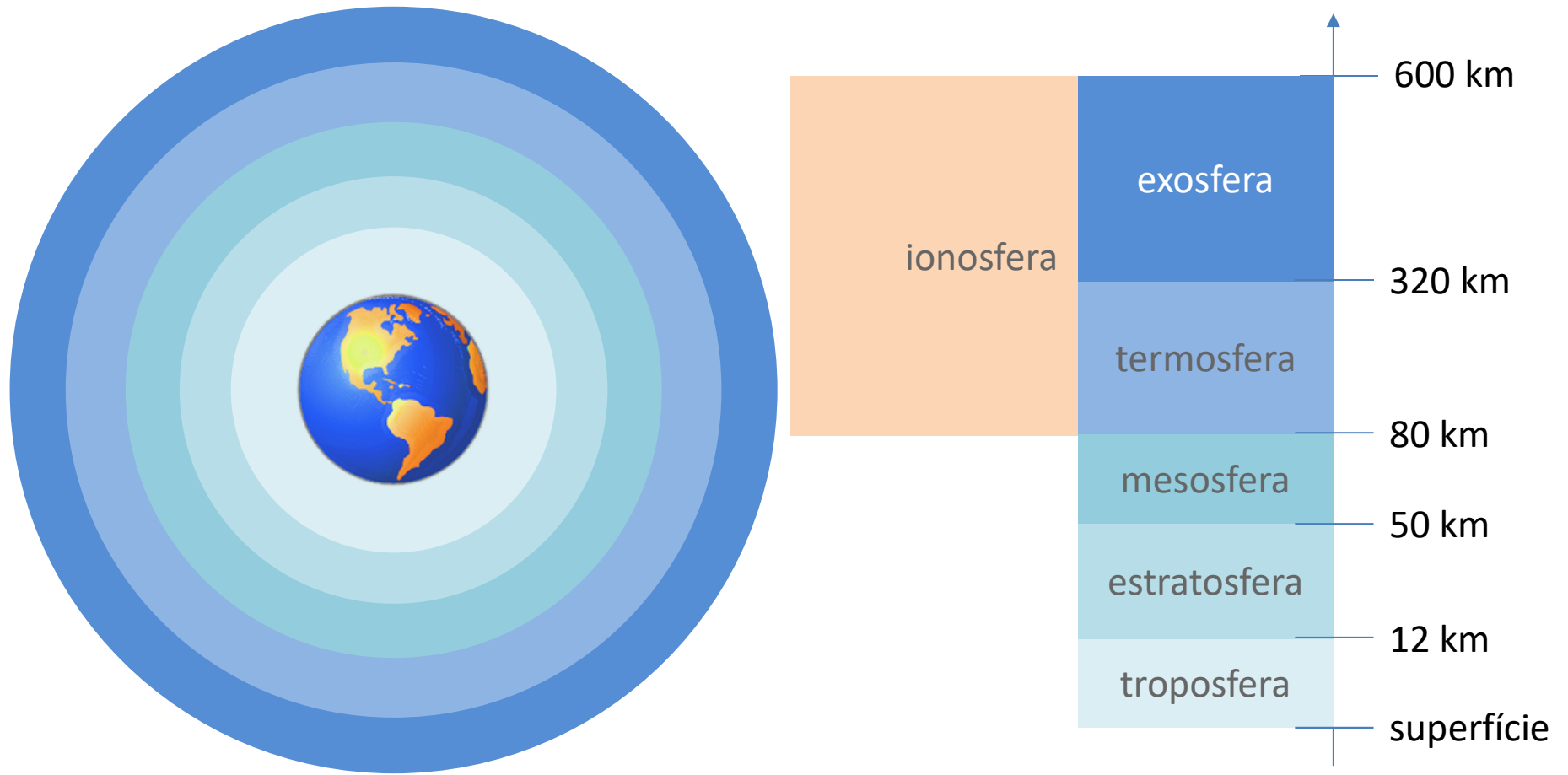
Amílcar Careli César
Departamento de Engenharia Elétrica da EESC-USP

Atenção!



- ✓ Este material didático é planejado para servir de apoio às aulas de **SEL-413: Telecomunicações**, oferecida aos alunos regularmente matriculados no curso de engenharia aeronáutica.
- ✓ Não são permitidas a reprodução e/ou comercialização do material.
- ✓ solicitar autorização ao docente para qualquer tipo de uso distinto daquele para o qual foi planejado.

Atmosfera terrestre



Calculadora de propriedades da atmosfera: www.aerospaceweb.org/design/scripts/atmosphere/

Características da ionosfera-1

✓ Plasma

- Gás parcialmente ionizado
- Parte dos elétrons estão livres para se mover
- Eletricamente condutivo

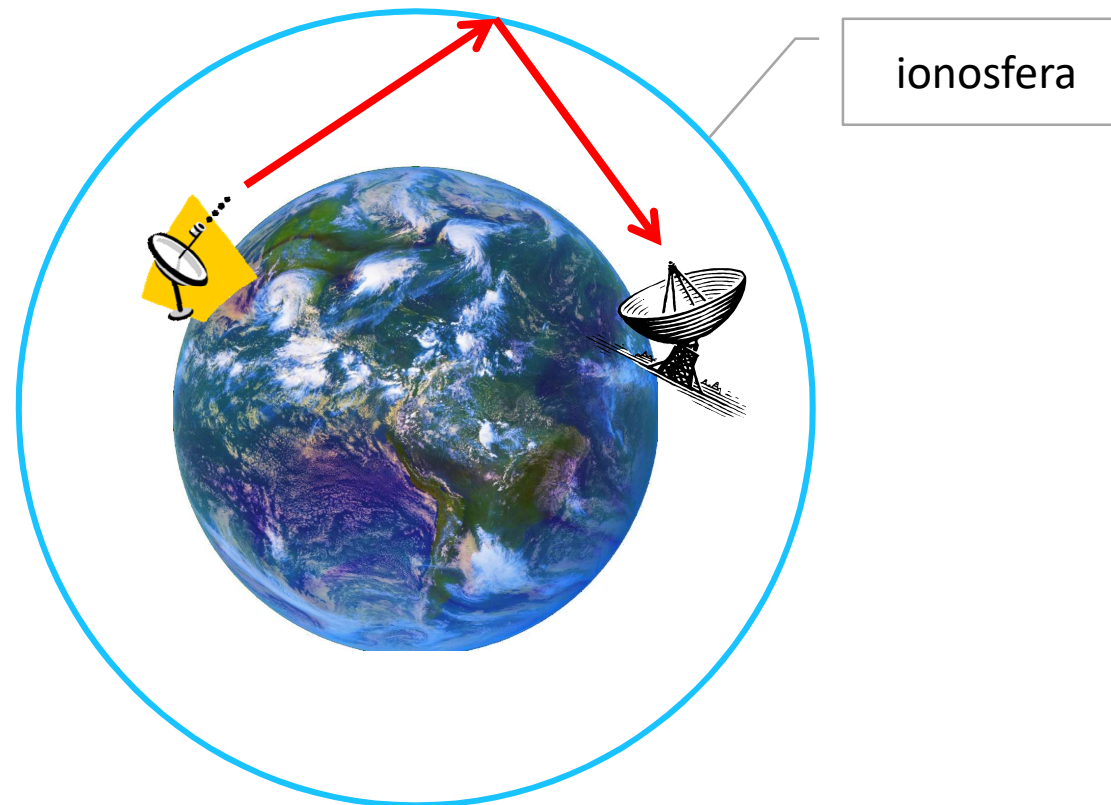
✓ Camadas Ionosféricas

- Subdivididas conforme o grau de ionização
- Principal fonte de ionização: Raios UV do Sol
- Camadas mais altas são mais afetadas

✓ Ionização

- varia principalmente ao longo do dia
- varia ao longo do ano
- depende da atividade solar (ciclo de 11 anos)

Reflexão de onda na ionosfera



Características da ionosfera-2

$$\mu_p = \mu_0$$

$$\epsilon_p = \epsilon_0 \epsilon_{rp}$$

$$\epsilon_{rp} = 1 - \frac{(\omega_p)^2}{(\omega)^2}; \quad \omega_p = \sqrt{\frac{Ne^2}{m\epsilon_0}}$$

N : número de elétrons por unidade de volume, m^{-3} ;

ionosfera durante o dia: $N=10^{12}$ elétrons/ m^3

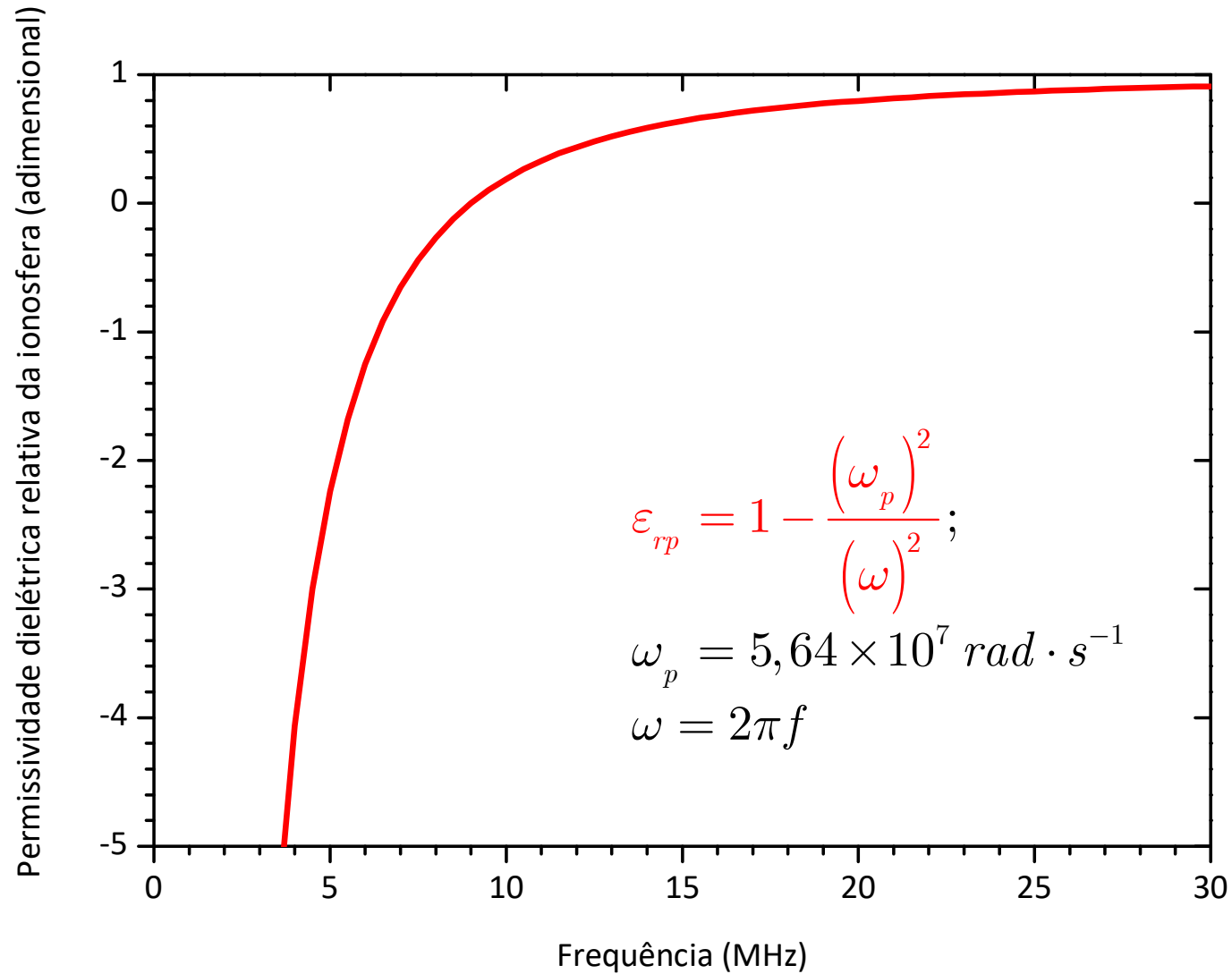
e : carga do elétron, $1,6 \times 10^{-19}$ C

m : massa do elétron, $9,1 \times 10^{-31}$ kg

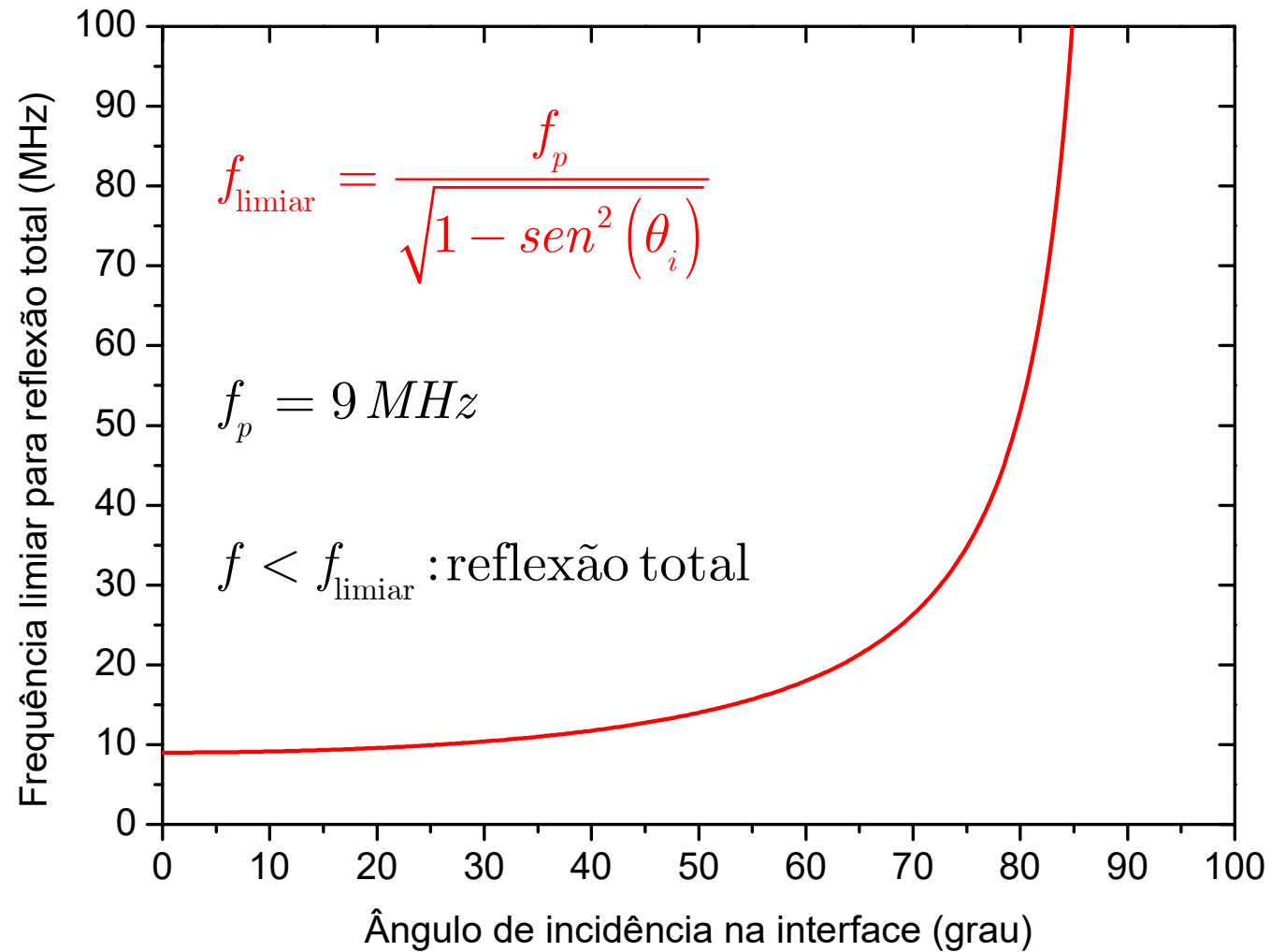
ω : frequência angular da fonte, rad/m

Ionosfera: $\omega=5,64 \times 10^7$ rad/s ou $f=9$ MHz

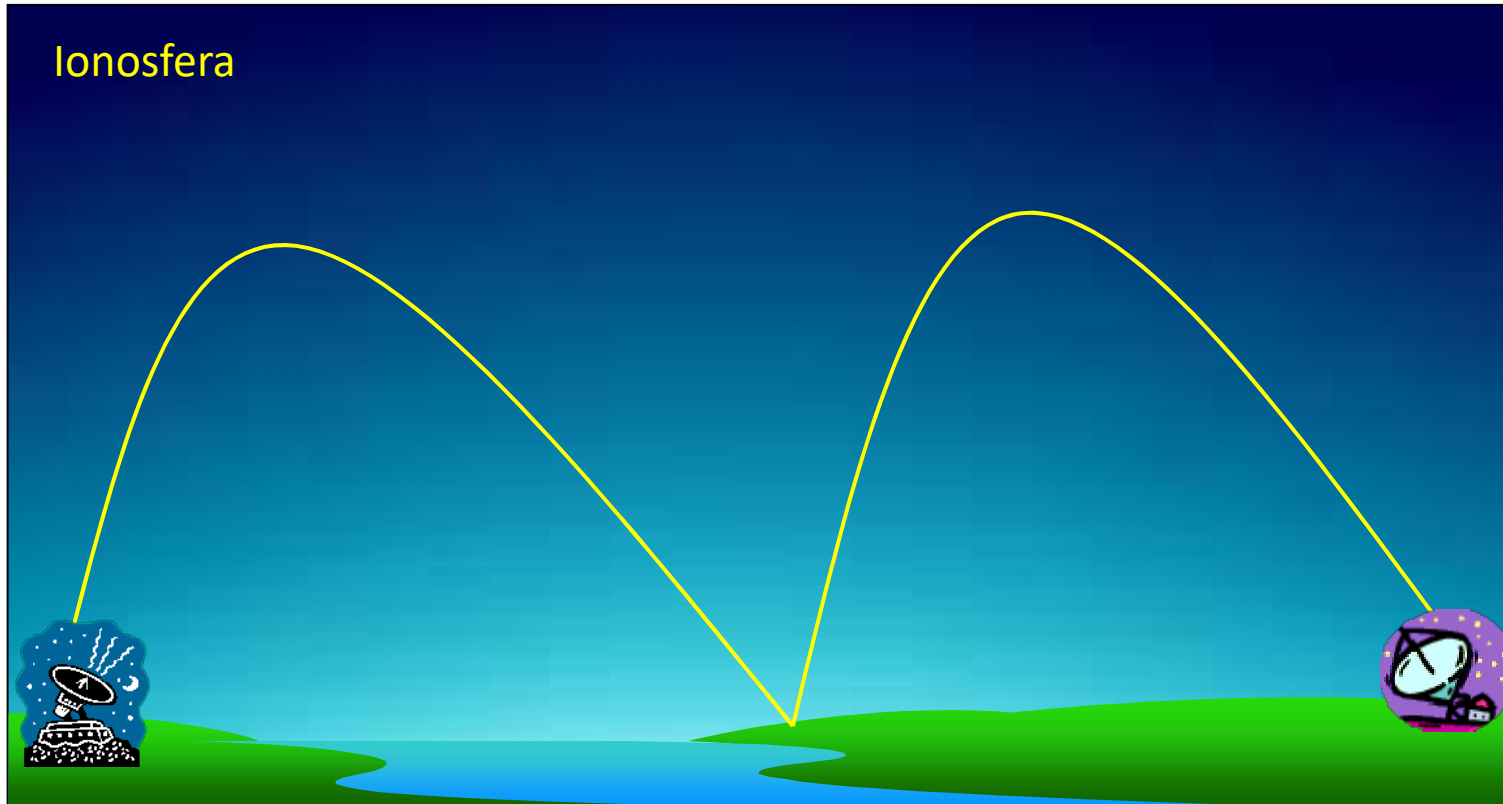
Permissividade dielétrica relativa da ionosfera



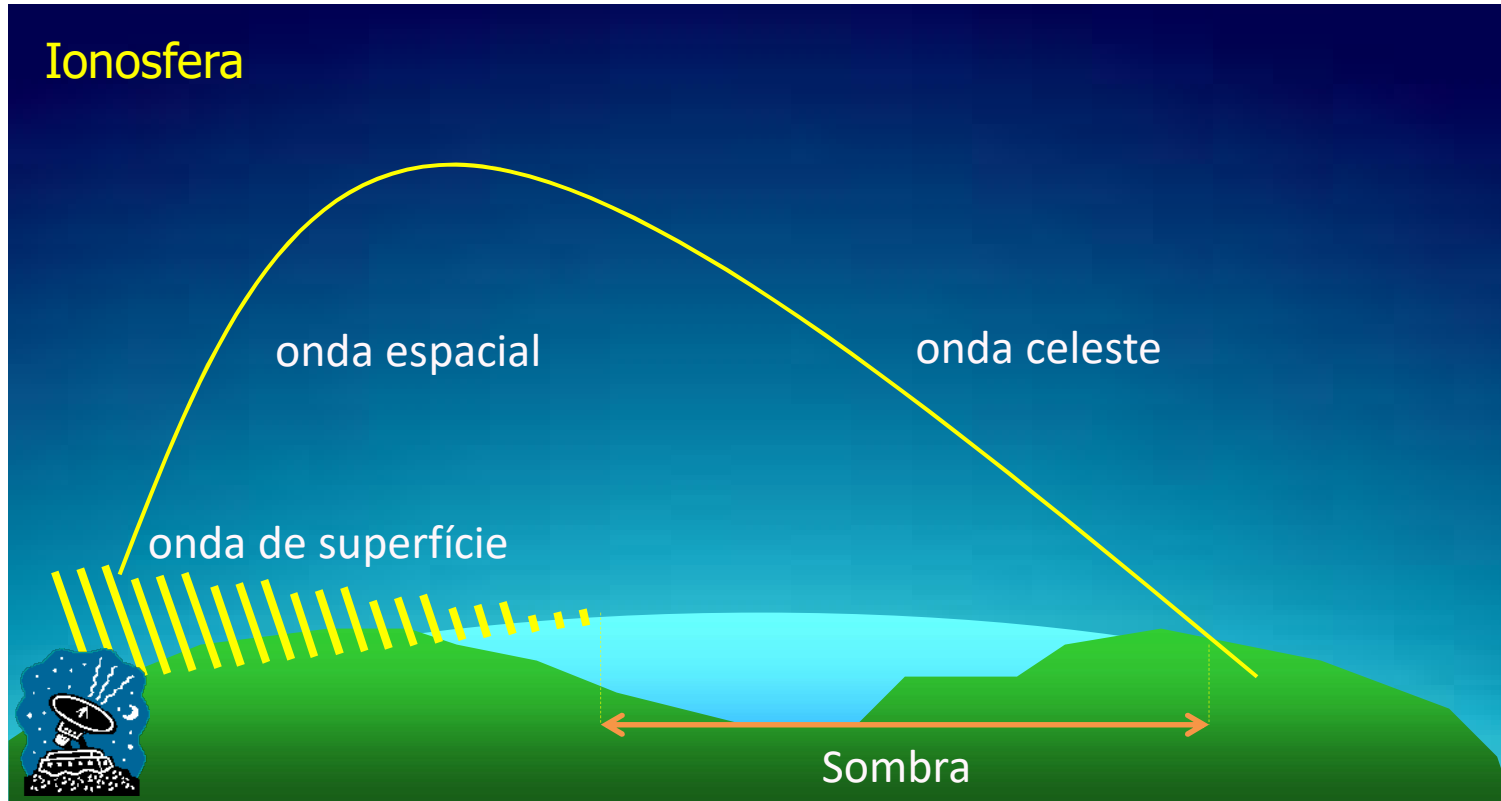
Frequência limiar para reflexão total



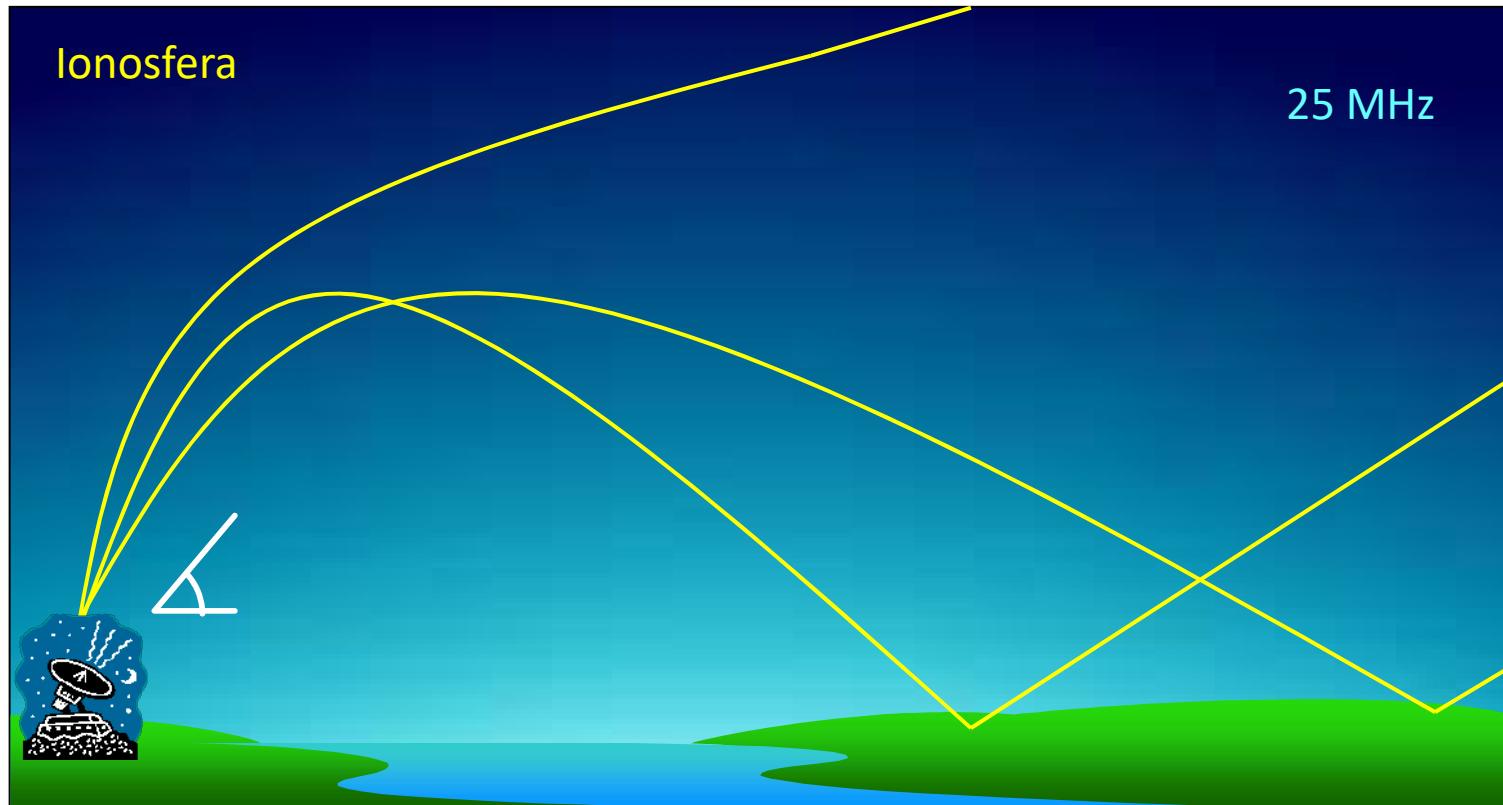
Reflexão na ionosfera-1



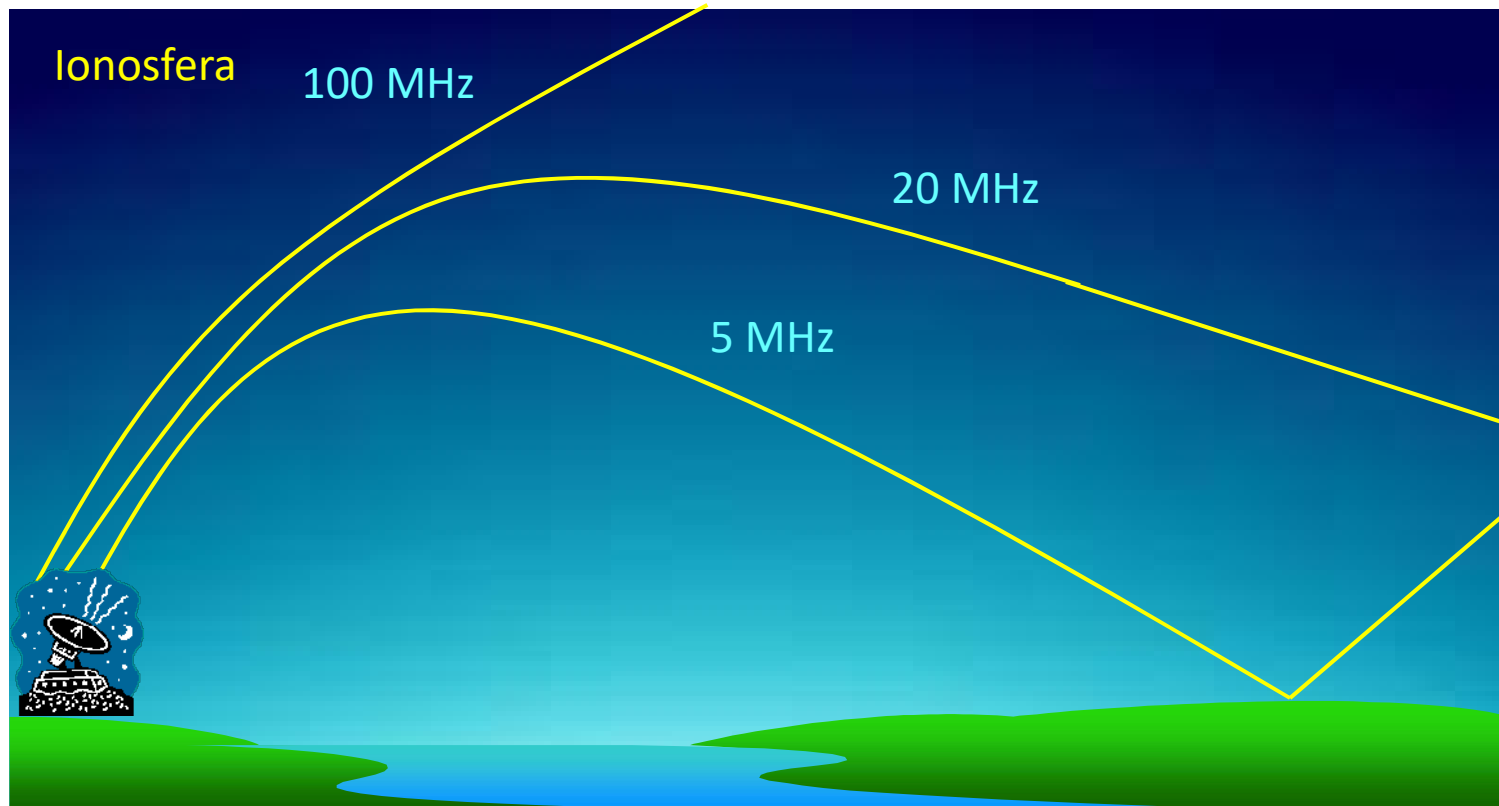
Reflexão na ionosfera-2



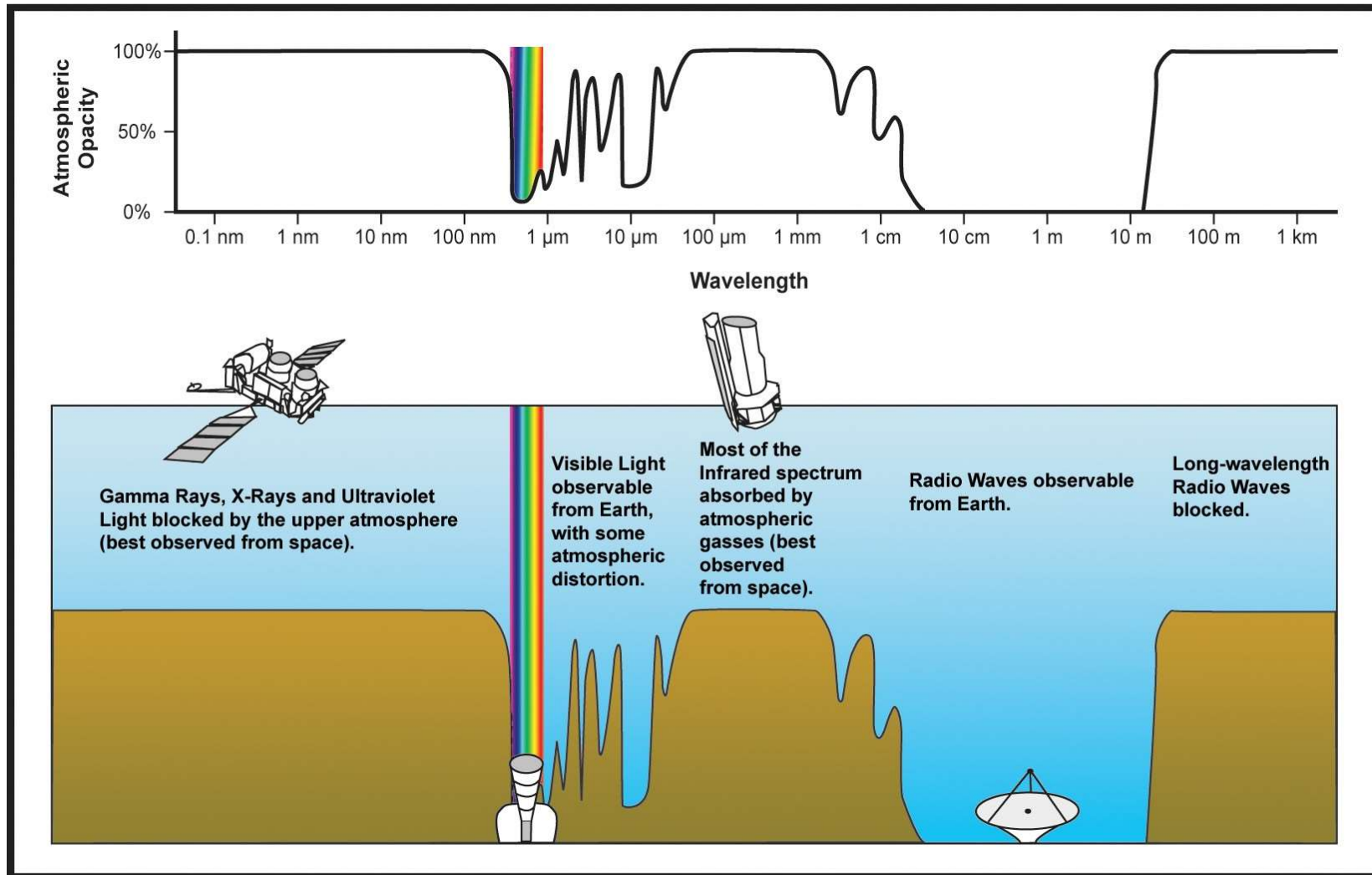
A trajetória depende do ângulo



A trajetória depende da frequência

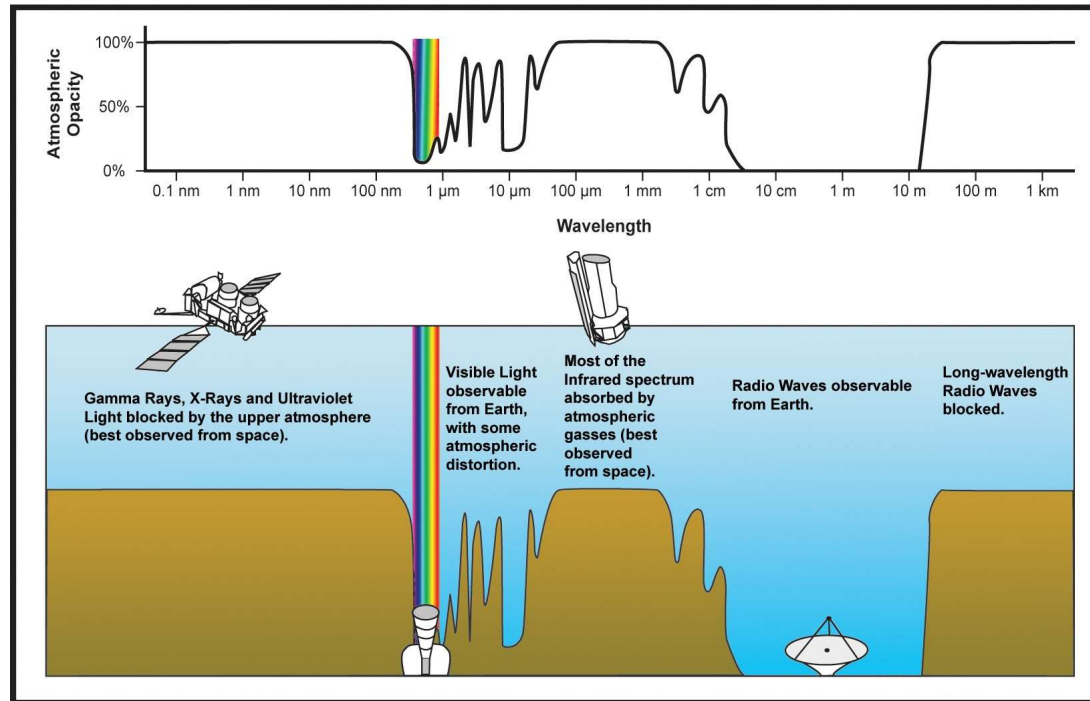


Opacidade da atmosfera terrestre



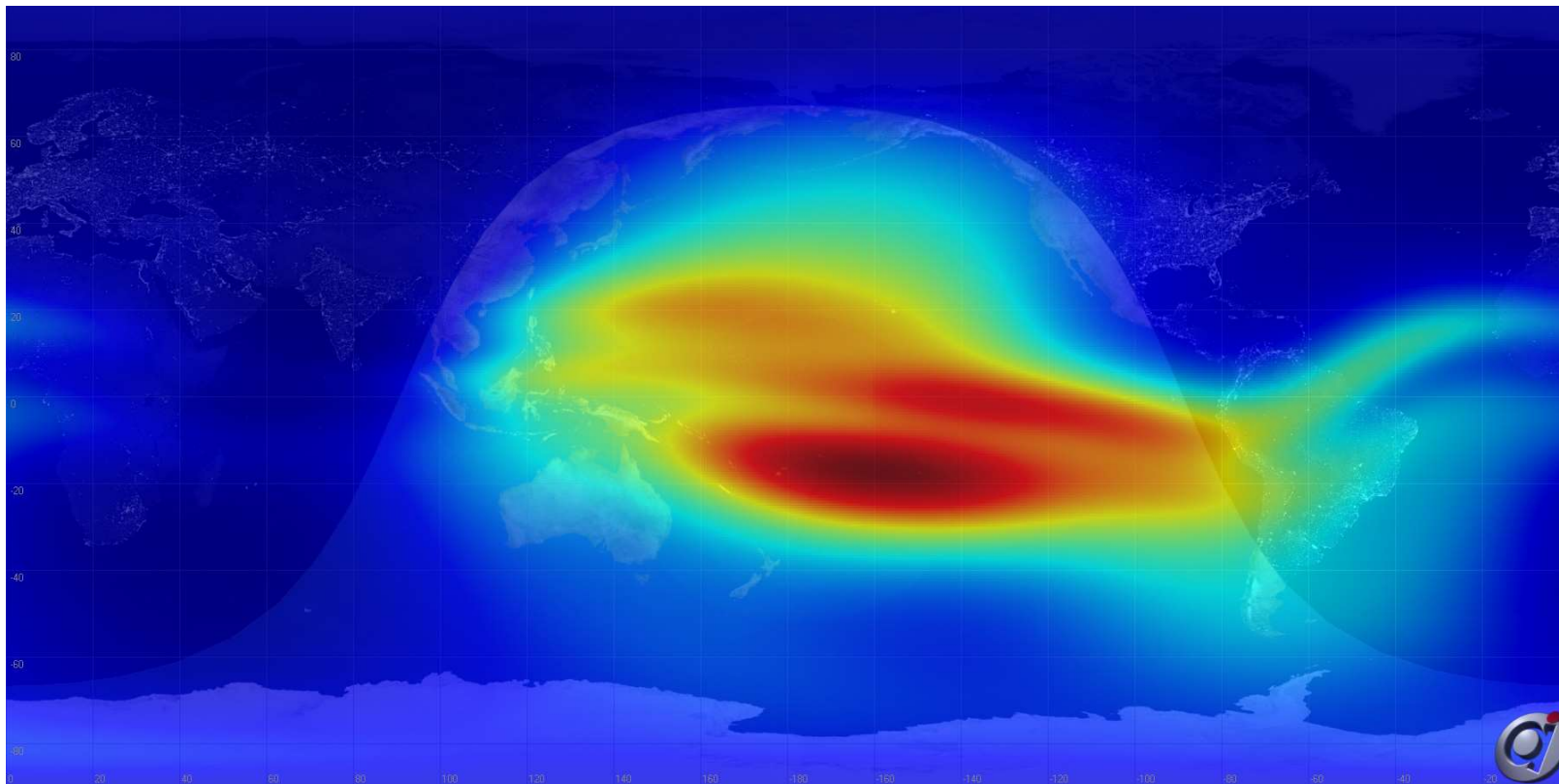
Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/Atmospheric_electromagnetic_transmittance_or_opacity.jpg

Mecanismos de absorção nas diversas faixas



Os mecanismos de absorção nas diversas faixas, incluindo os extremos mostrados no gráfico, pode ser lido no endereço http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum
O texto é muito bom e completo

Imagem da ionosfera



International Reference Ionosphere (IRI)

A sample image showing the relative magnitude of the Total Electron Content of the Ionosphere, as calculated by the IRI 2007.

Red indicates a higher electron content; blue indicates a lower electron content.

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/International_Reference_Ionosphere