



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA



Uso do Espectro Eletromagnético

CMS60808 – 2015/1

Professor: Bruno Fontana da Silva





INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Introdução à análise de sinais com funções trigonométricas

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO



Onda eletromagnética

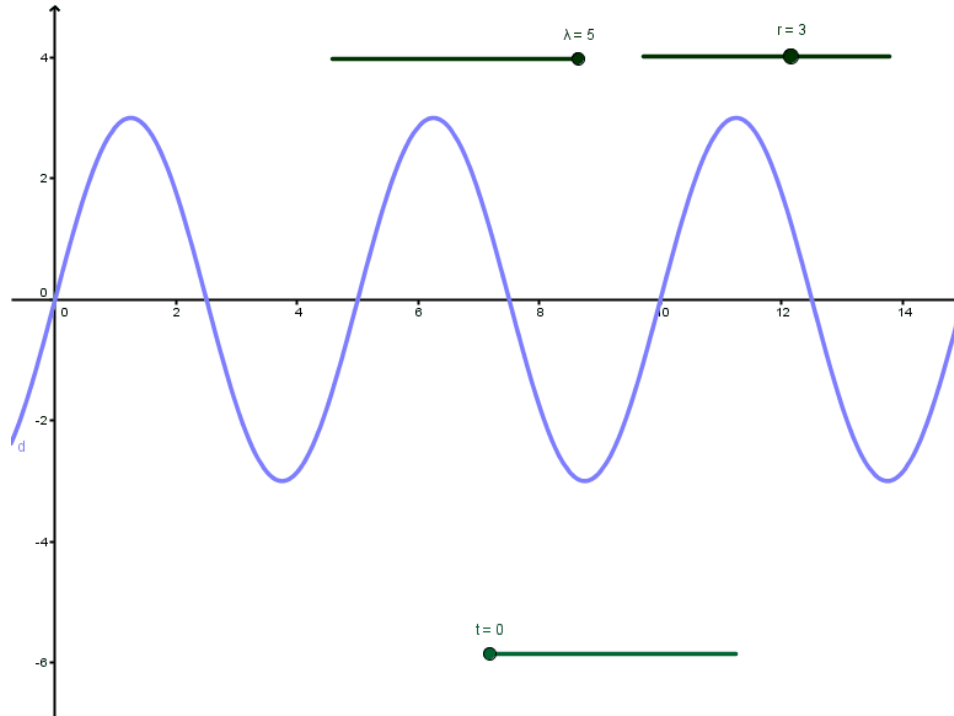
Função da **direção de propagação**

Velocidade de propagação igual à da luz (vácuo)

Comprimento de onda inversamente proporcional à **frequência**

Transmite **informação** na forma de campo elétrico/magnético

Onda eletromagnética



Um problema de Eletromagnetismo

Ondas eletromagnéticas viajam pelo ar com uma velocidade aproximadamente igual a da luz.

O comprimento de onda (distância que ela “percorre” em um período de tempo) uma onda eletromagnética periódica é inversamente proporcional à sua frequência, dado pela equação:

$$\text{compr. de onda} = \frac{\text{velocidade da onda}}{\text{frequência da onda}} \quad \lambda = \frac{v}{f} \quad \left[\frac{\text{m/s}}{\text{Hz}} \right]$$

Um problema de Eletromagnetismo

O tamanho de antenas eletromagnéticas é da mesma ordem que os comprimentos de onda
(0.5λ , por exemplo).

Qual seria o comprimento de uma antena 0.5λ para transmitir um sinal de $f = 1 \text{ kHz}$? Assuma velocidade da luz, $v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

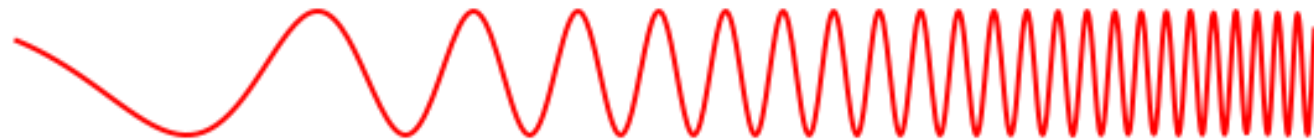
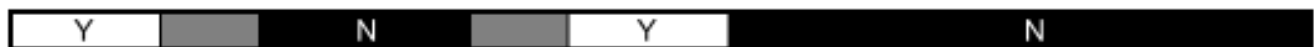
$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \left[\frac{\text{m/s}}{\text{Hz}} \right]$$

Um Problema de comunicação:

Considere um **sinal trapezoidal** de **1 kHz**. Analisando o sinal na frequência, ele ocupa uma banda aproximada de **20 kHz** (assumindo que a última harmônica relevante é a 21ª).

Como transmitir essa onda trapezoidal por um **canal passa-bandas** que permite apenas a passagem de sinais de alta frequência (entre **100 e 200 kHz**, por exemplo)?

Penetrates Earth's Atmosphere?



Radiation Type
Wavelength (m)

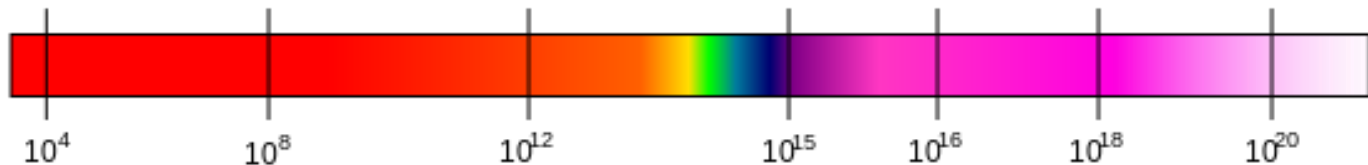
Radiation Type	Wavelength (m)
Radio	10^3
Microwave	10^{-2}
Infrared	10^{-5}
Visible	0.5×10^{-6}
Ultraviolet	10^{-8}
X-ray	10^{-10}
Gamma ray	10^{-12}

Approximate Scale
of Wavelength



Buildings Humans Butterflies Needle Point Protozoans Molecules Atoms Atomic Nuclei

Frequency (Hz)



Temperature of
objects at which
this radiation is the
most intense
wavelength emitted

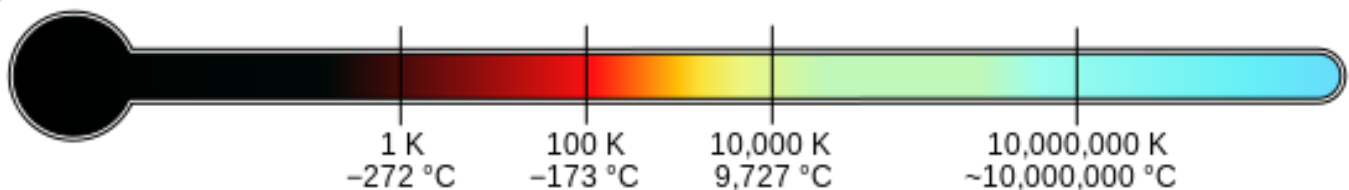
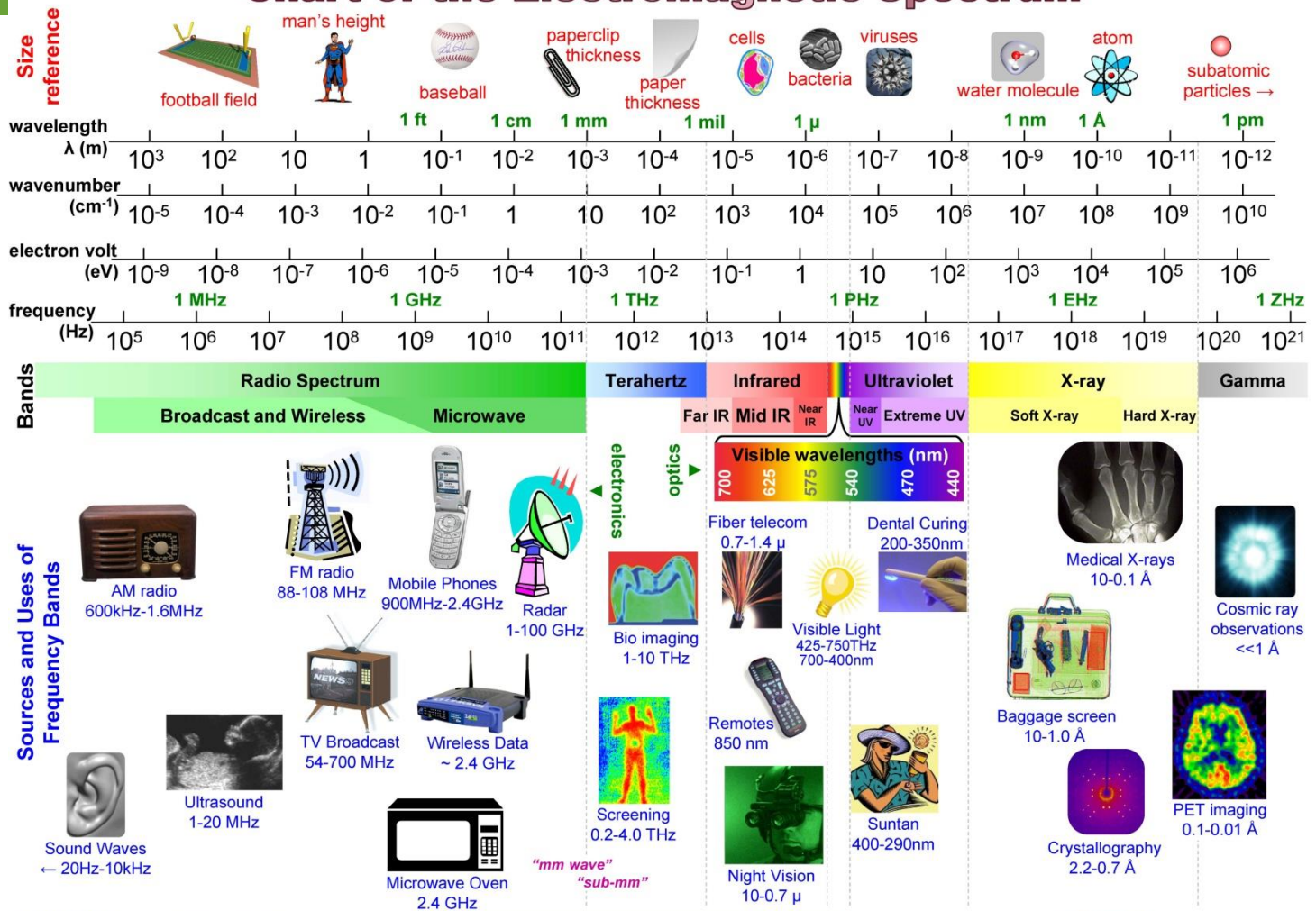
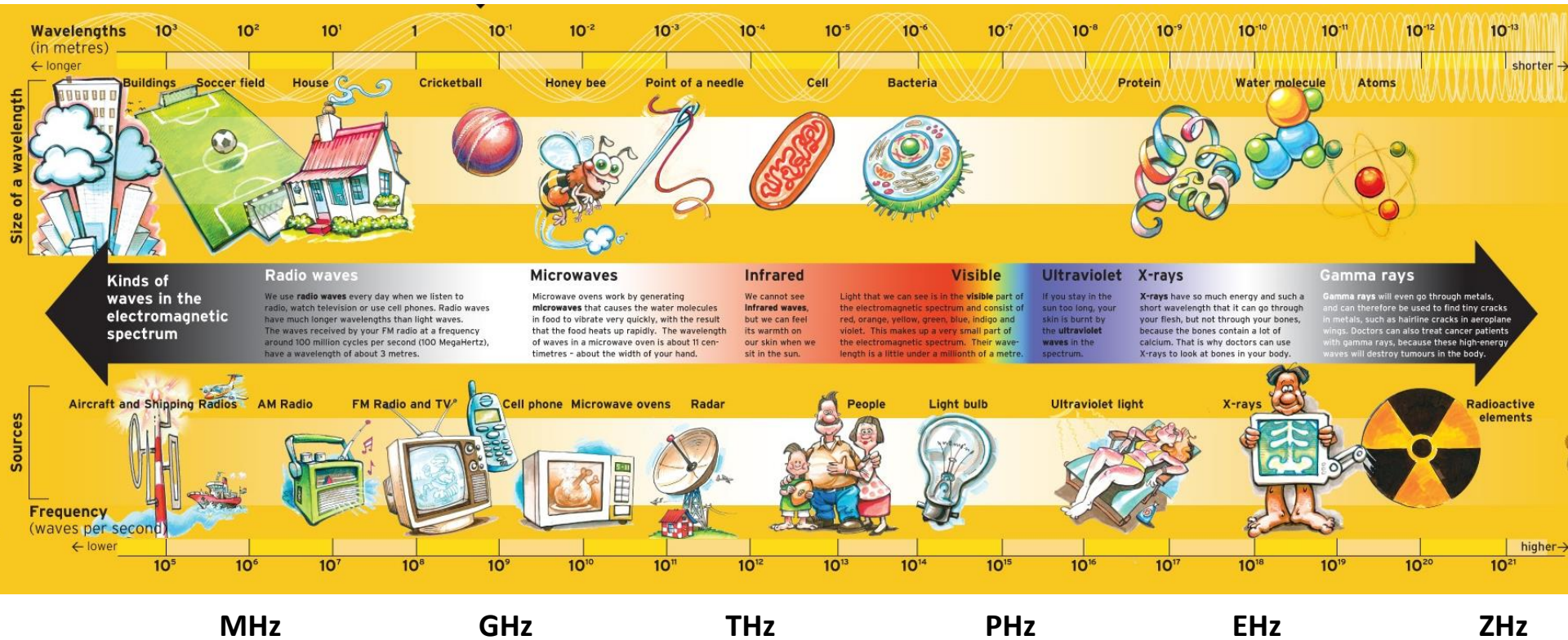


Chart of the Electromagnetic Spectrum



$$\lambda = 3 \times 10^8 / \text{freq} = 1 / (\text{wn} \times 100) = 1.24 \times 10^{-6} / \text{eV}$$



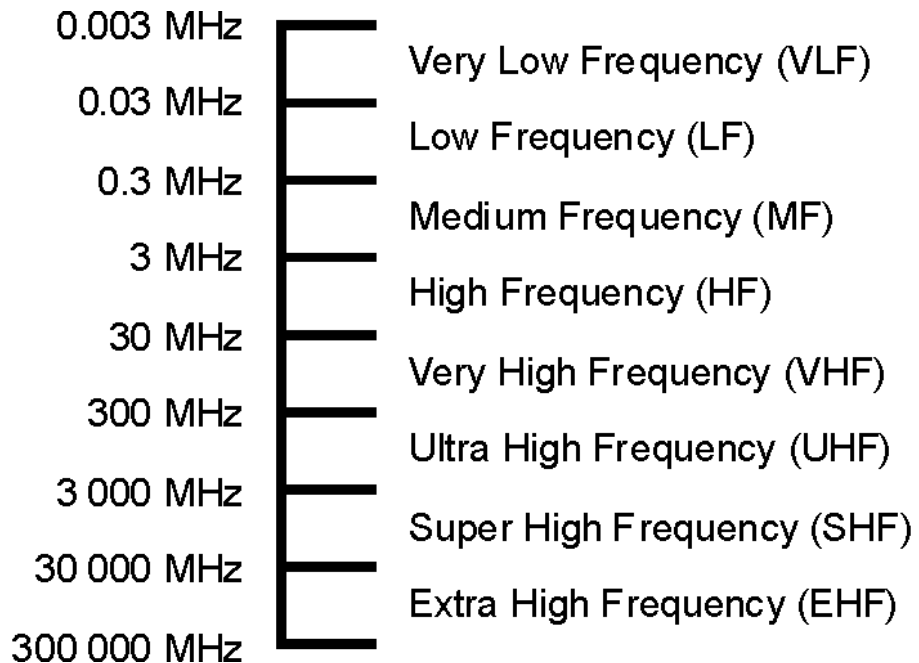
Uso do Espectro eletromagnético

Padrões de faixas existentes e órgãos regulamentadores:

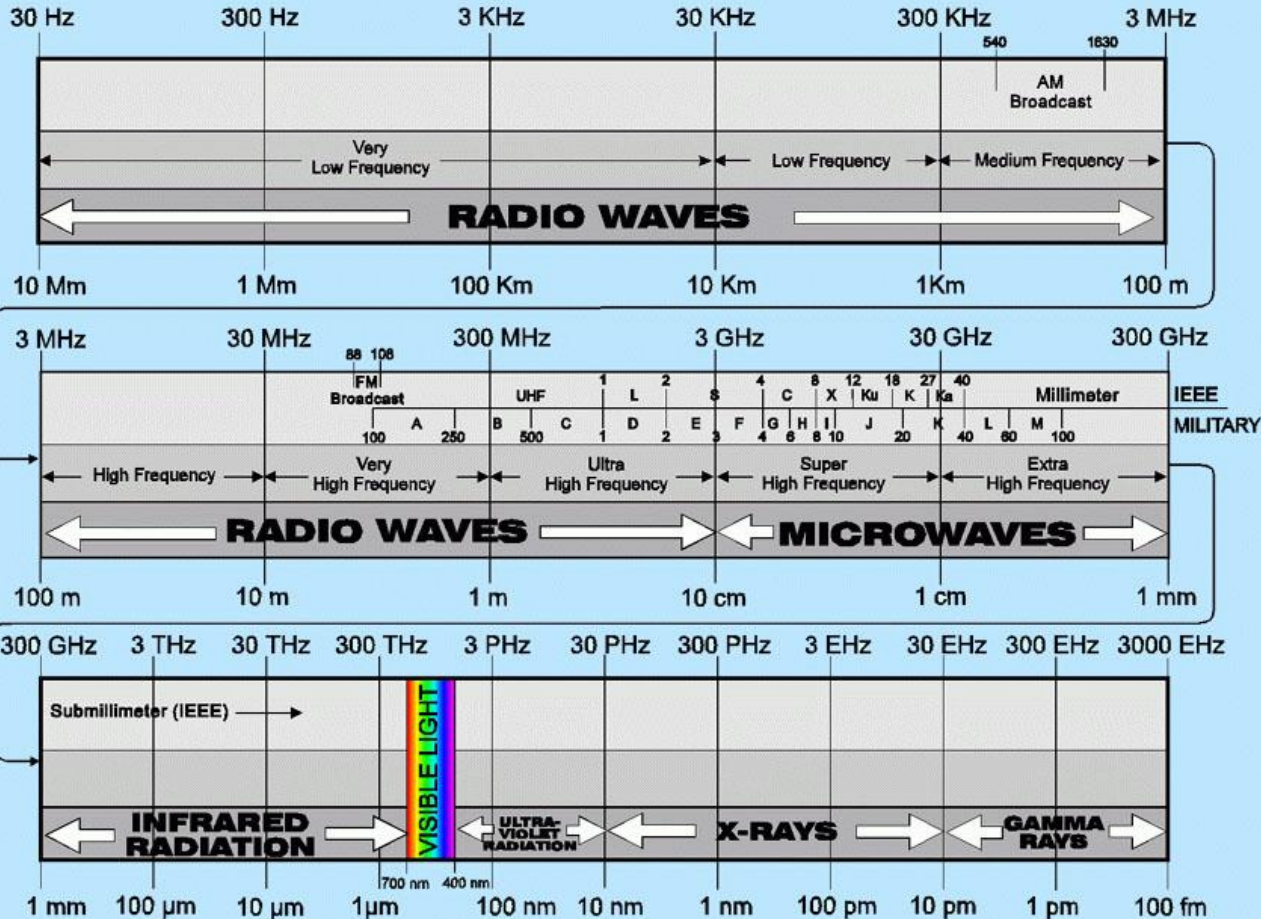
- ITU (International Telecommunication Union)
- IEEE
- NATO
- Anatel (Brasil)

Uso do Espectro eletromagnético

Ondas de rádio e microondas:



RADIO FREQUENCY SPECTRUM



Uso do Espectro eletromagnético

Faixa de Frequência

Frequência: Unidade: ▾

Página: [1](#) - [2](#) - [3](#) - [4](#) - [5](#) - [6](#) - [7](#) - [8](#) - [9](#) - [10](#) - [Próximo >>](#)

Selecione a Faixa de Frequência

[18068 - 18168 kHz](#)

[18168 - 18780 kHz](#)

[18780 - 18900 kHz](#)

[18900 - 19020 kHz](#)

[19020 - 19680 kHz](#)

[19680 - 19800 kHz](#)

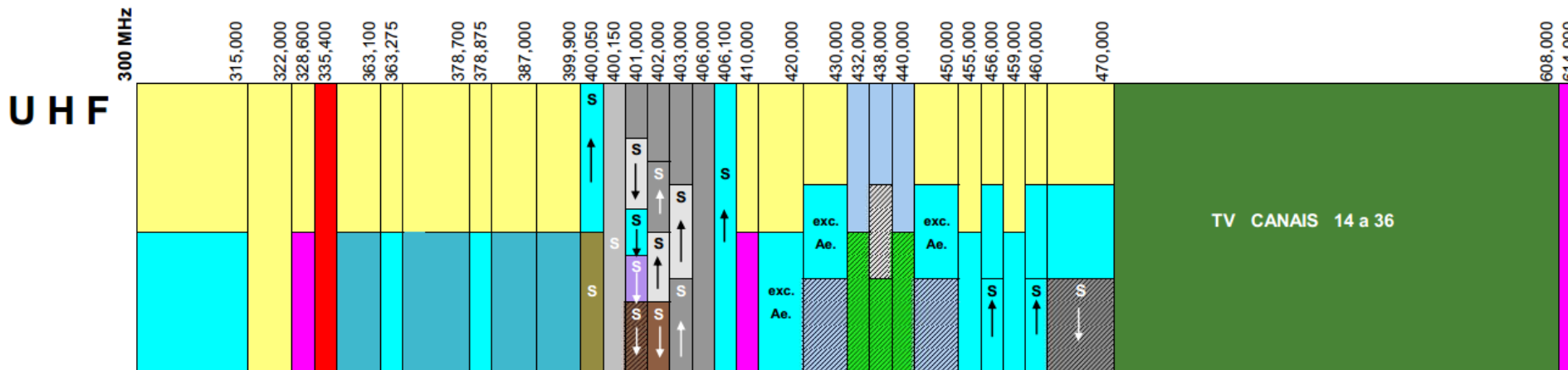
Sistema de consulta das faixas de frequência (ANATEL):

<http://sistemas.anatel.gov.br/pdf/Consulta/Consulta.asp?SISQsmodulo=1068>

Quadro de atribuição das frequências (ANATEL):

<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalRedireciona.do?codigoDocumento=314713>

Uso do Espectro eletromagnético



MÓVEL



RADIODIFUSÃO



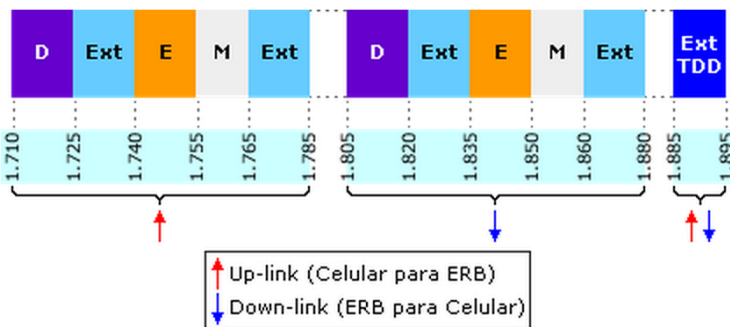
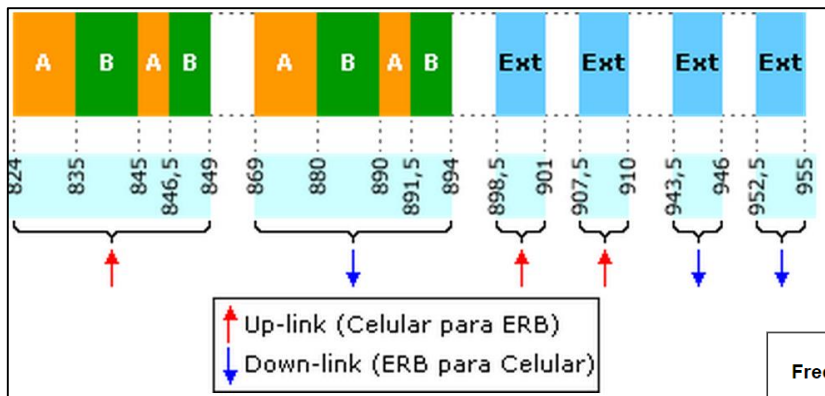
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Principais faixas de frequência utilizadas em telefonia celular no Brasil

BANDAS DE TELEFONIA CELULAR



Faixa reservada para 2G (GSM)



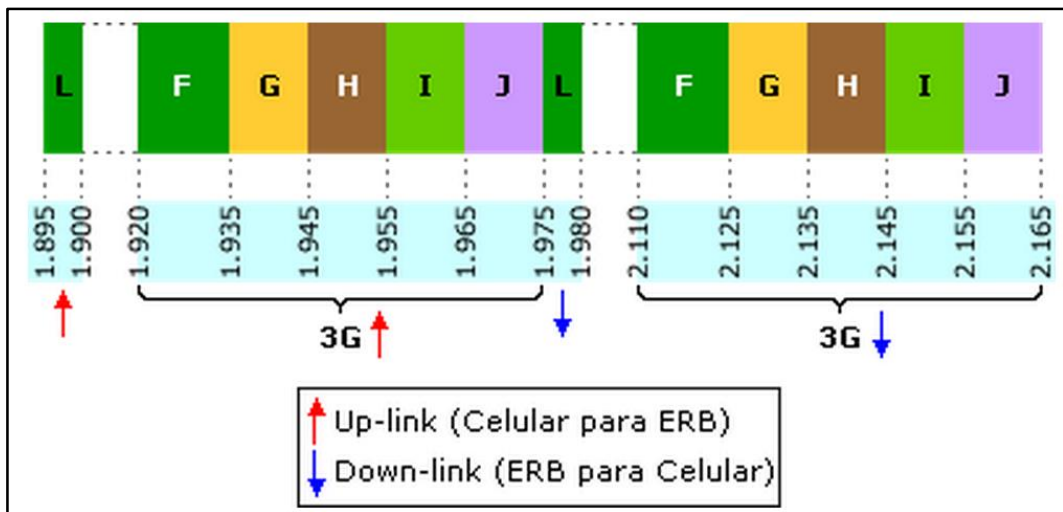
Frequências (MHz)	Transmissão da	
	Estação Móvel	ERB
Subfaixa A**	824-835 845-846,5	869-880 890-891,5
Subfaixa B**	835-845 846,5-849	880-890 891,5-894
Subfaixa D	910-912,5 1710-1725	955-957,5 1805-1820
Subfaixa E	912,5-915 1740-1755	957,5-960 1835-1850
Subfaixas de Extensão	898,5-901*	943,5-946*
	907,5-910*	952,5-955*
	1725-1740	1820-1835
	1775-1785	1870-1880

* Não serão autorizadas para prestadoras do SMP operando nas Bandas D e E. Todas as operadoras de Banda D e E adquiriram também as faixas de frequências de 900 MHz alocadas para a sua Banda.

** Admite o emprego de sistemas analógicos (AMPS) nas Bandas A e B até 30/06/2008.

Faixa reservada para 3G

Padrão dominante: UMTS (WCDMA/HSDPA)



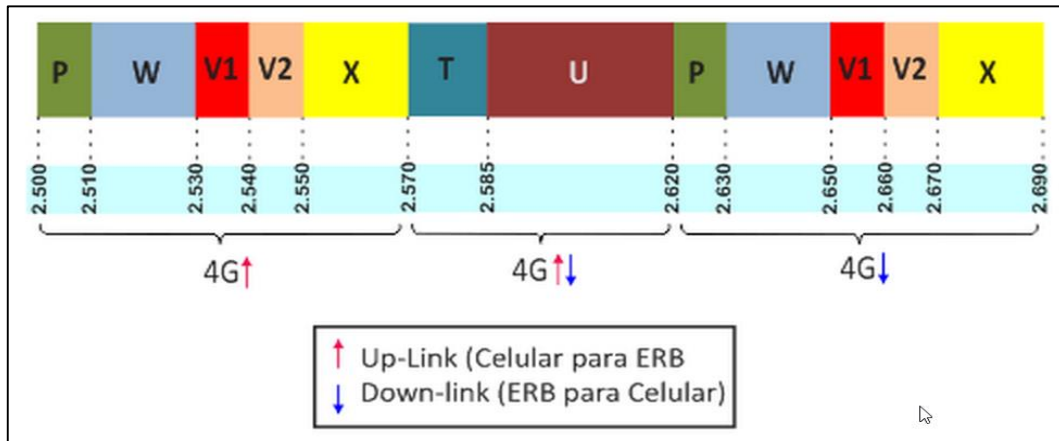
MHz	Transmissão da	
	Estação Móvel	ERB
F*	1920-1935	2.110-2.125
G*	1.935-1.945	2.125-2.135
H*	1.945-1.955	2.135-2.145
I*	1.955-1.965	2.145-2.155
J*	1.965-1.975	2.155-2.165
L	1.895-1.900	1.975-1.980
M	1.755-1.765	1.850-1.860
Subfaixa de Extensão	1.765-1.770	1.860-1.865
	1.770-1.775	1.865-1.870
	1.885-1.890**	
	1.890-1.895**	

* Faixas reservadas para sistemas 3G

** Sistemas TDD (Time Division Duplex) que utilizam a mesma subfaixa de frequências para transmissão nas duas direções.

Faixa reservada para 4G (LTE)

Embora a frequência de 700 MHz seja a mais recomendável para essa tecnologia, no Brasil começou a ser implantada na faixa de 2500 MHz. Com o fim da TV analógica, o espectro de 700 MHz será realocado para o 4G.



(TELECO Website)

Subfaixa (MHz)	Largura de Banda (MHz)	Transmissão da		Operadora
		Estação Móvel	ERB	
P	10+10	2.500-2.510	2.620-2.630	Claro (11 lotes); TIM (6 lotes); Oi (11 lotes)
W	20+20	2.510-2.530	2.630-2.650	Claro
V1	10+10	2.530-2.540	2.650-2.660	TIM
V2	10+10	2.540-2.550	2.660-2.670	Oi
X	20+20	2.550-2.570	2.670-2.690	Vivo
T	15	2.570-2.585*		-
U	35	2.585-2.620*		Sky e Sunrise (12 lotes cada)

* Sistemas TDD (Time Division Duplex) que utilizam a mesma subfaixa de frequências para transmissão nas duas direções.

Curiosidades

A cor visível de uma folha indica que suas moléculas refletem bem a luz (onda EM) verde.

Diferentes materiais (ou regiões) possuem diferentes 'assinaturas espectrais', ou seja, respondem de forma diferente à diferentes comprimentos de onda (ou frequências) eletromagnética

Assinaturas digitais podem ser úteis em topografia para diversas aplicações (ex.: verificar se há água em outro planeta).

Curiosidades

Documentário sobre o espectro eletromagnético:

<https://www.youtube.com/watch?v=HPcAWNIVI-8>

Tabela de atribuição do espectro dos Estados Unidos

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/United States Frequency Allocations Chart 2011 -
The Radio Spectrum.pdf](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/United_States_Frequency_Allocations_Chart_2011_-_The_Radio_Spectrum.pdf)