



UEA

UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO
AMAZONAS



**Escola Superior de Tecnologia – EST
Curso de Engenharia Elétrica
Redes de Comunicações de Dados I**

M.Sc. Bruno da Gama Monteiro

Manaus - AM
2021

Sumário

1 Meios de Transmissão Não Guiados

1.1 O Espectro Eletromagnético

1.2 Transmissão de Rádio

1.3 Transmissão de Micro-Ondas

1.4 Transmissão em Infravermelho

1.5 Transmissão via Luz

1.6 Satélites de Comunicações

Sumário

1 Meios de Transmissão Não Guiados

1.1 O Espectro Eletromagnético

1.2 Transmissão de Rádio

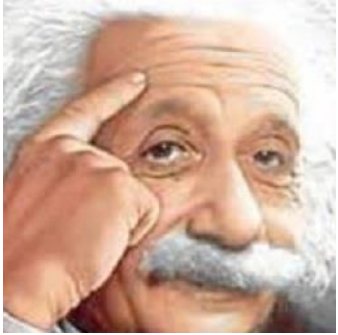
1.3 Transmissão de Micro-Ondas

1.4 Transmissão em Infravermelho

1.5 Transmissão via Luz

1.6 Satélites de Comunicações

1 Meios de Transmissão Não Guiados

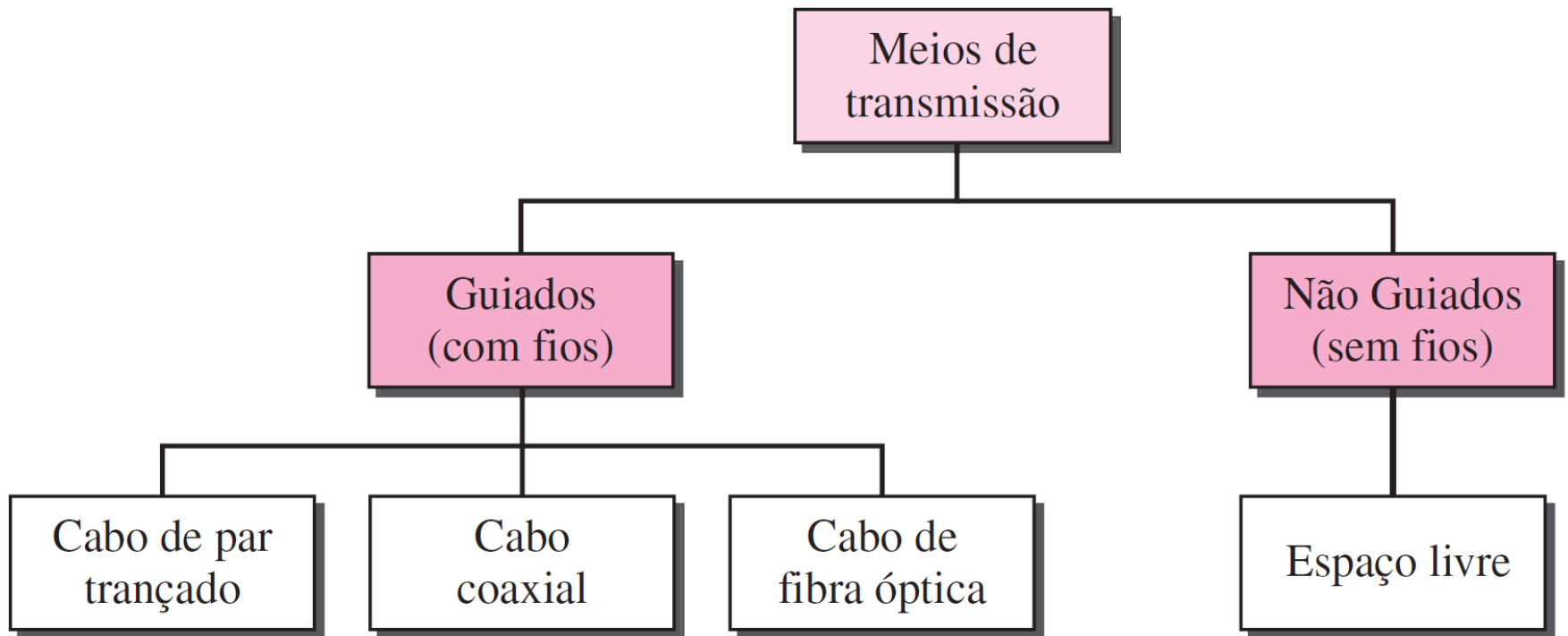


O **telégrafo** sem fio não é difícil de entender.

O **telégrafo** comum é como um gato muito comprido. Você puxa o rabo dele em Nova York e ele mia em Los Angeles. O **telégrafo** sem fio é a mesma coisa, só que sem o gato.

Albert Einstein (1879-1955)

CAMADA FÍSICA



1 Meios de Transmissão Não Guiados

Os **meios de transmissão não guiados** transportam **ondas eletromagnéticas** sem o uso de um condutor físico.

Esse tipo de comunicação é, muitas vezes, conhecido como **comunicação sem fio**.

Os sinais são normalmente transmitidos pelo espaço livre e, portanto, ficam disponíveis a qualquer um que tenha um dispositivo capaz de recebê-los.

1 Meios de Transmissão Não Guiados

Algumas pessoas precisam estar sempre *on-line*, para transferir dados para seus *laptops* e *smartphones* sem depender da infraestrutura de comunicação terrestre.

Quando há dificuldade para instalar cabos em um prédio, a tecnologia de transmissão sem fio é melhor.



1 Meios de Transmissão Não Guiados

A moderna comunicação digital sem fios surgiu nas ilhas havaianas, onde os usuários estavam separados de seu centro de computação por grandes distâncias no Oceano Pacífico.



Sumário

1 Meios de Transmissão Não Guiados

1.1 O Espectro Eletromagnético

1.2 Transmissão de Rádio

1.3 Transmissão de Micro-Ondas

1.4 Transmissão em Infravermelho

1.5 Transmissão via Luz

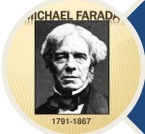
1.6 Satélites de Comunicações

1.1 O Espectro Eletromagnético

Unificação das Teorias Físicas



Isaac Newton: Gravitações Terrestre e Celeste



Faraday: Eletricidade



Ampère: Magnetismo



Maxwell: Eletromagnetismo e Óptica



Einstein: Espaço e Tempo, Gravitação

1.1 O Espectro Eletromagnético

Forças Fundamentais da Natureza

Há quatro forças fundamentais dentro de todos os átomos, que determinam as interações entre as partículas individuais e o comportamento em larga escala, de toda a matéria no Universo.

Estas são a força nuclear forte e a força nuclear fraca, a força eletromagnética e a força de gravidade.

Forças Fundamentais da Natureza

**Força de
Gravidade**

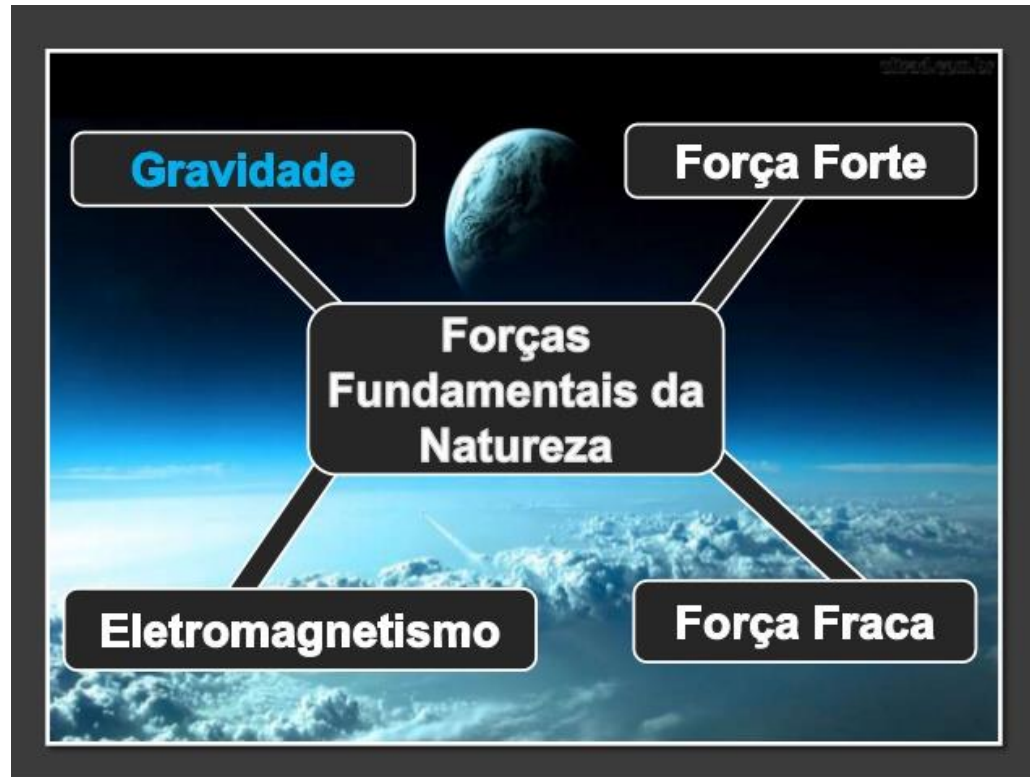
**Força
Eletromagnética**

Há quatro forças fundamentais dentro de todos os átomos, que determinam as interações entre as partículas individuais e o comportamento em larga escala, de toda a matéria no Universo.

**Força Nuclear
Forte**

**Força Nuclear
Frac**

Forças Fundamentais da Natureza

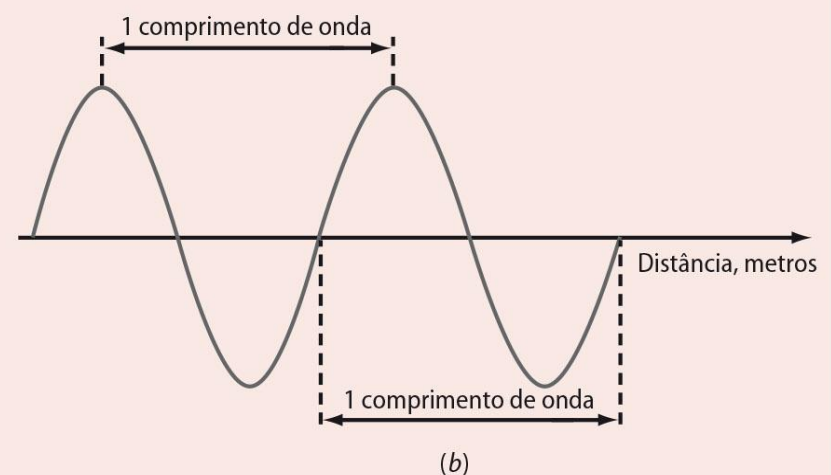
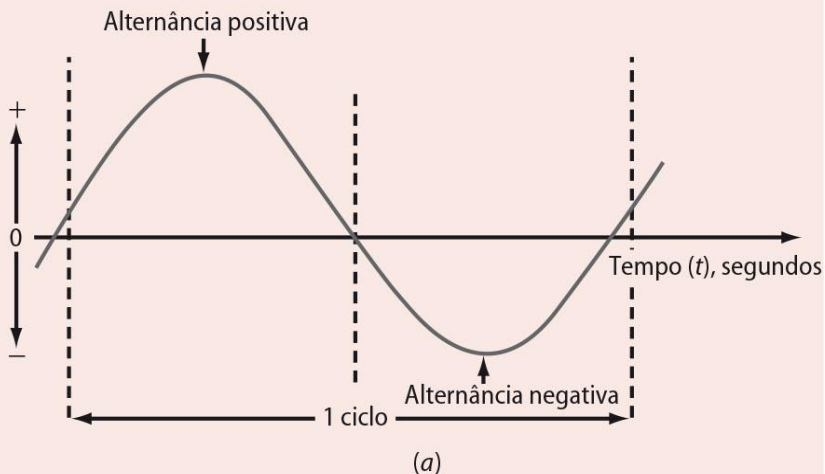


<https://questcosmic.wordpress.com/2012/06/08/a-teoria-unificada-de-stephen-hawking/forcas-fundamentais/>

1.1 O Espectro Eletromagnético

Os elétrons, ao se moverem, criam ondas eletromagnéticas que podem se propagar pelo espaço. O número de oscilações por segundo de uma onda eletromagnética é conhecido como **frequência**, f , sendo medido em Hz.

O **comprimento de onda** é a distância ocupada por um ciclo de uma onda e geralmente é expresso em metros



1.1 O Espectro Eletromagnético

Frequência e Comprimento de Onda

Comprimento de onda (λ) = velocidade da luz $\div$ frequência

Velocidade da luz = 3×10^8 metros/segundo

Portanto:

$$\lambda = 3 \times 10^8 / f$$

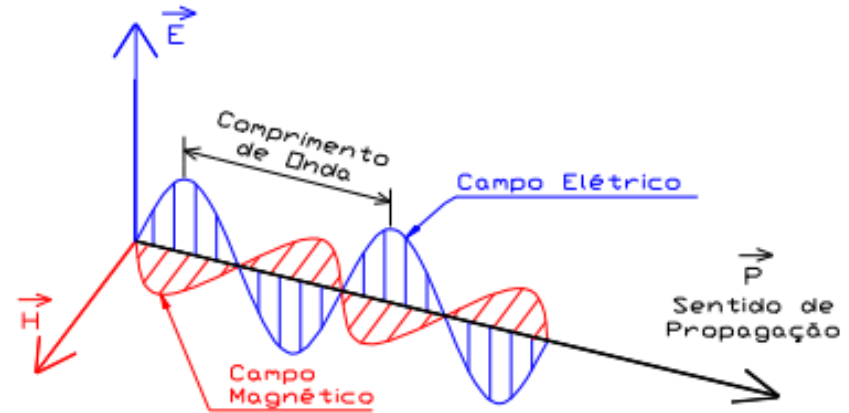
Exemplo: Qual é o comprimento de onda se a frequência for 4MHz?

$$\lambda = 3 \times 10^8 \text{ (m/s)} / 4 \times 10^6 \text{ Hz}$$

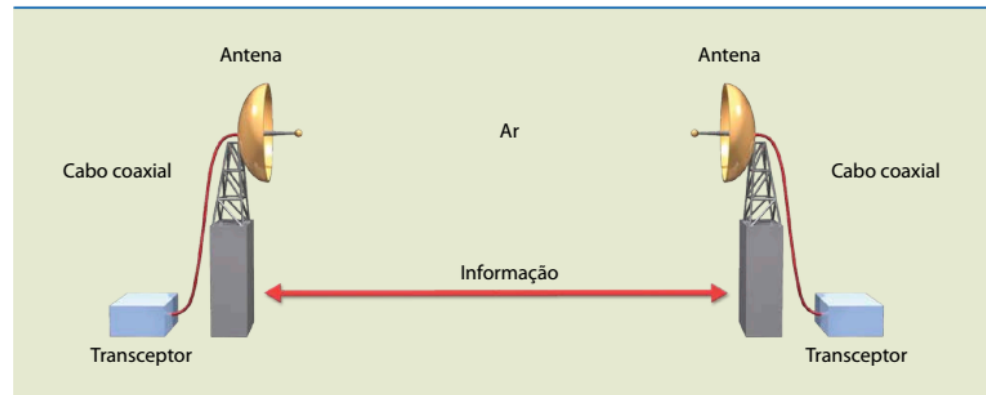
$$\lambda = 75 \text{ metros.}$$

1.1 O Espectro Eletromagnético

Quando se instala uma antena de tamanho apropriado em um circuito elétrico, as ondas eletromagnéticas podem ser transmitidas e recebidas com eficiência a uma distância bastante razoável.



$$\lambda_{\text{vácuo/ar}} = 300/f_{(\text{MHz})}$$



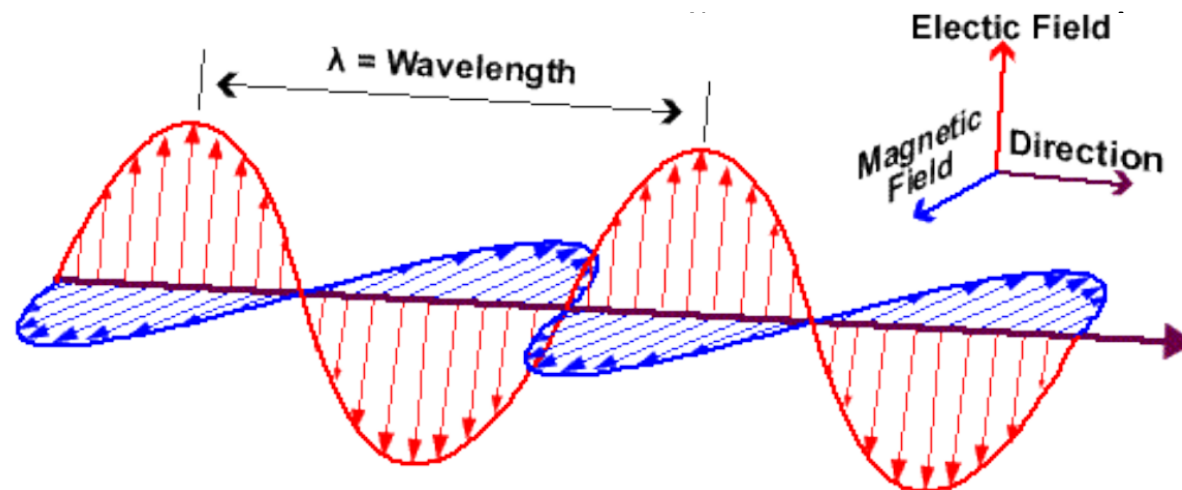
1.1 O Espectro Eletromagnético



Equações que regem todos os fenômenos eletromagnéticos na faixa de radiofrequências e muitos fenômenos na faixa de frequências ópticas foram, estabelecidas em 1863, por James Clerk **Maxwell**, Físico e matemático escocês.

☆ 13 Junho 1831 Edinburgh, Escócia

† 5 Novembro 1879 Cambridge, Cambridgeshire, Inglaterra



Ondas são um meio de transportar energia ou informação.

1.1 O Espectro Eletromagnético



União Internacional de Telecomunicações – UIT

Fundada em 1865, com sede em Genebra, Suíça;

Estabelecida para tratar da crescente necessidade de coordenação internacional para telegrafia, tornando-se uma agência especializada da ONU em 1947;

Atualmente conta com 193 Estados-Membros (Brasil membro desde 04/07/1877);

Dividida em três setores que tratam de questões específicas em radiocomunicações (UIT-R), padronização (UIT-T) e desenvolvimento (UIT-D);

1.1 O Espectro Eletromagnético



União Internacional de Telecomunicações – UIT

Conta com a participação de países, do setor privado e de outras organizações internacionais;

Administra um mecanismo de coordenação de **frequências** e órbitas para as redes e serviços globais de telecomunicações por satélite.



1.1 O Espectro Eletromagnético



União Internacional de Telecomunicações – UIT

Constituição da UIT estabelece que ela deve:

...atribuir espectro, registrar a atribuição de frequências dos serviços de rádio e gerir e registrar as posições orbitais e outros parâmetros de satélites, “em vistas a **evitar interferência prejudicial** entre estações de rádio em diferentes países” e coordenar esforços para **eliminar interferência prejudicial entre estações de rádio de diferentes países** e aperfeiçoar o uso do espectro e órbita.

1.1 O Espectro Eletromagnético

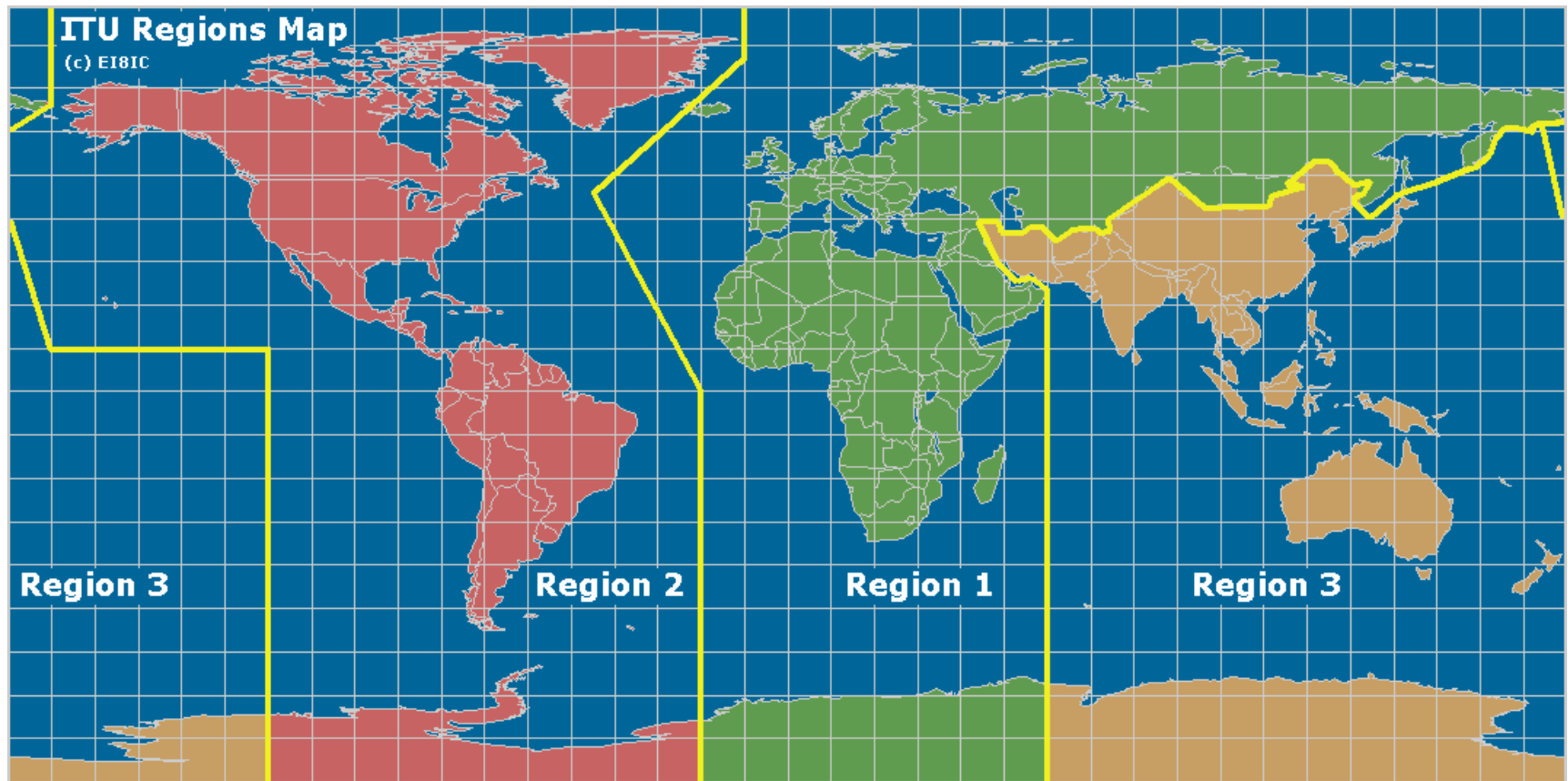


União Internacional de Telecomunicações – UIT **Missão**

“Assegurar o uso racional, equitativo, eficiente e econômico do **espectro de radiofrequências** por todos os serviços de radiocomunicações, incluindo aqueles utilizando órbitas de satélites, e executar estudos e adotar recomendações (padrões) sobre questões de radiocomunicações.” (Res. 71, § 4.3)

1.1 O Espectro Eletromagnético

União Internacional de Telecomunicações – UIT



Regiões da Terra, de acordo com a UIT

Band number	Symbols	Frequency range (lower limit exclusive, upper limit inclusive)	Corresponding metric subdivision	Metric abbreviations for the bands
3	ULF	300-3 000 Hz	Hectokilometric waves	B.hkm
4	VLF	3-30 kHz	Myriametric waves	B.Mam
5	LF	30-300 kHz	Kilometric waves	B.km
6	MF	300-3 000 kHz	Hectometric waves	B.hm
7	HF	3-30 MHz	Decametric waves	B.dam

Band number	Symbols	Frequency range (lower limit exclusive, upper limit inclusive)	Corresponding metric subdivision	Metric abbreviations for the bands
8	VHF	30-300 MHz	Metric waves	B.m
9	UHF	300-3 000 MHz	Decimetric waves	B.dm
10	SHF	3-30 GHz	Centimetric waves	B.cm
11	EHF	30-300 GHz	Millimetric waves	B.mm
12		300-3 000 GHz	Decimillimetric waves	B.dmm
13		3-30 THz	Centimillimetric waves	B.cmm
14		30-300 THz	Micrometric waves	B.mm
15		300-3 000 THz	Decimicrometric waves	B.dmm

Letter symbols	Radar (GHz)		Space radiocommunications	
	Spectrum regions	Examples	Nominal designations	Examples (GHz)
L	1-2	1.215-1.4	1.5 GHz band	1.525-1.710
S	2-4	2.3-2.5 2.7-3.4	2.5 GHz band	2.5-2.690
C	4-8	5.25-5.85	4/6 GHz band	3.4-4.2 4.5-4.8 5.85-7.075
X	8-12	8.5-10.5	—	—

Letter symbols	Radar (GHz)		Space radiocommunications	
	Spectrum regions	Examples	Nominal designations	Examples (GHz)
Ku	12-18	13.4-14.0 15.3-17.3	11/14 GHz band 12/14 GHz band	10.7-13.25 14.0-14.5
K(1)	18-27	24.05-24.25	20 GHz band	17.7-20.2
Ka(1)	27-40	33.4-36.0	30 GHz band	27.5-30.0
V	—	—	40 GHz band	37.5-42.5 47.2-50.2

(1) For space radiocommunications K and Ka bands are often designated by the single symbol Ka.

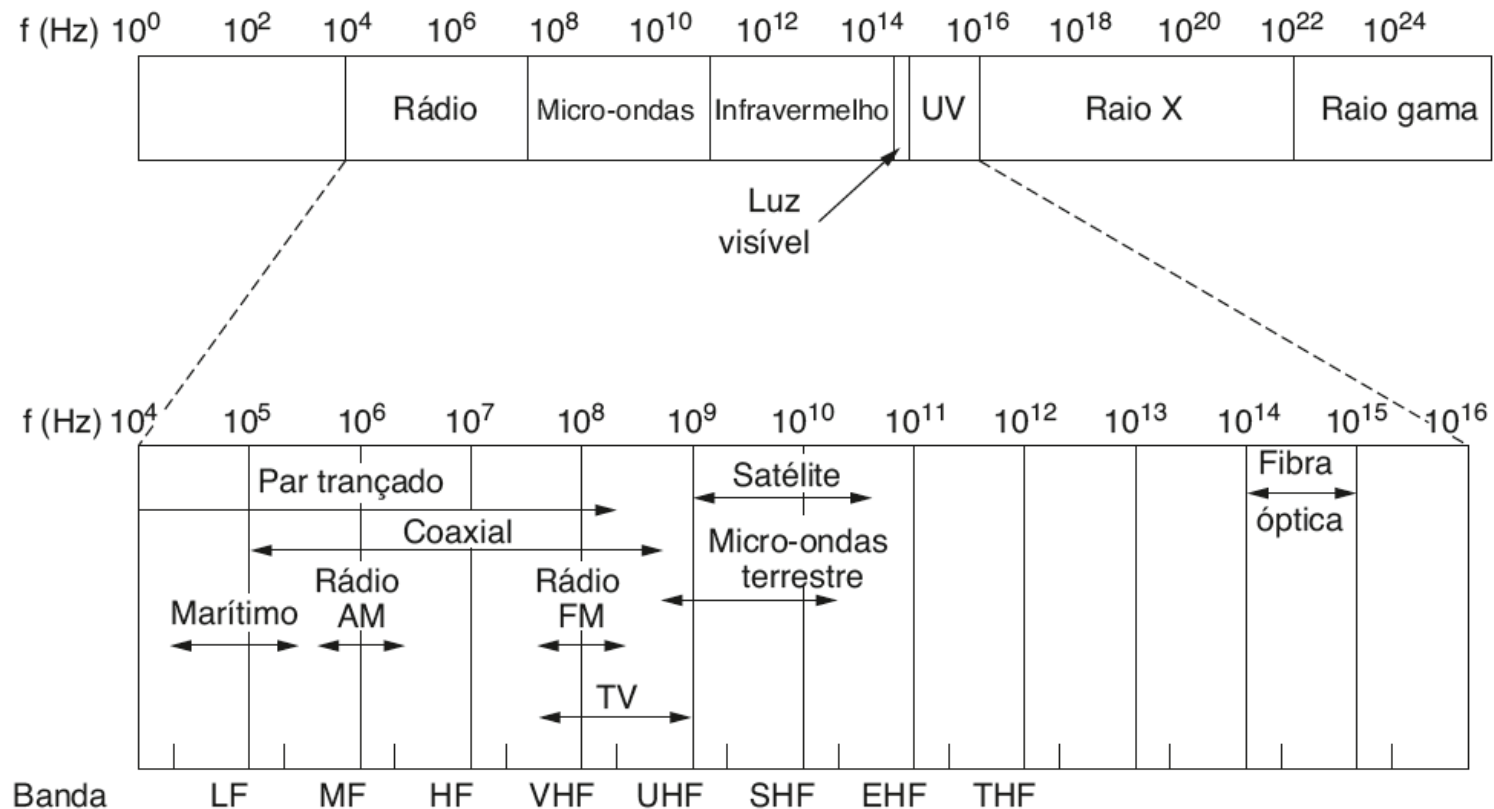
Band number	Symbols	Frequency range (lower limit exclusive, upper limit inclusive)	Corresponding metric subdivision	Metric abbreviations for the bands
8	VHF	30-300 MHz	Metric waves	B.m
9	UHF	300-3 000 MHz	Decimetric waves	B.dm
10	SHF	3-30 GHz	Centimetric waves	B.cm
11	EHF	30-300 GHz	Millimetric waves	B.mm
12		300-3 000 GHz	Decimillimetric waves	B.dmm
13		3-30 THz	Centimillimetric waves	B.cmm
14		30-300 THz	Micrometric waves	B.mm
15		300-3 000 THz	Decimicrometric waves	B.dmm

Letter symbols	Radar (GHz)		Space radiocommunications	
	Spectrum regions	Examples	Nominal designations	Examples (GHz)
L	1-2	1.215-1.4	1.5 GHz band	1.525-1.710
S	2-4	2.3-2.5 2.7-3.4	2.5 GHz band	2.5-2.690
C	4-8	5.25-5.85	4/6 GHz band	3.4-4.2 4.5-4.8 5.85-7.075
X	8-12	8.5-10.5	—	—

Letter symbols	Radar (GHz)		Space radiocommunications	
	Spectrum regions	Examples	Nominal designations	Examples (GHz)
Ku	12-18	13.4-14.0 15.3-17.3	11/14 GHz band 12/14 GHz band	10.7-13.25 14.0-14.5
K(1)	18-27	24.05-24.25	20 GHz band	17.7-20.2
Ka(1)	27-40	33.4-36.0	30 GHz band	27.5-30.0
V	—	—	40 GHz band	37.5-42.5 47.2-50.2

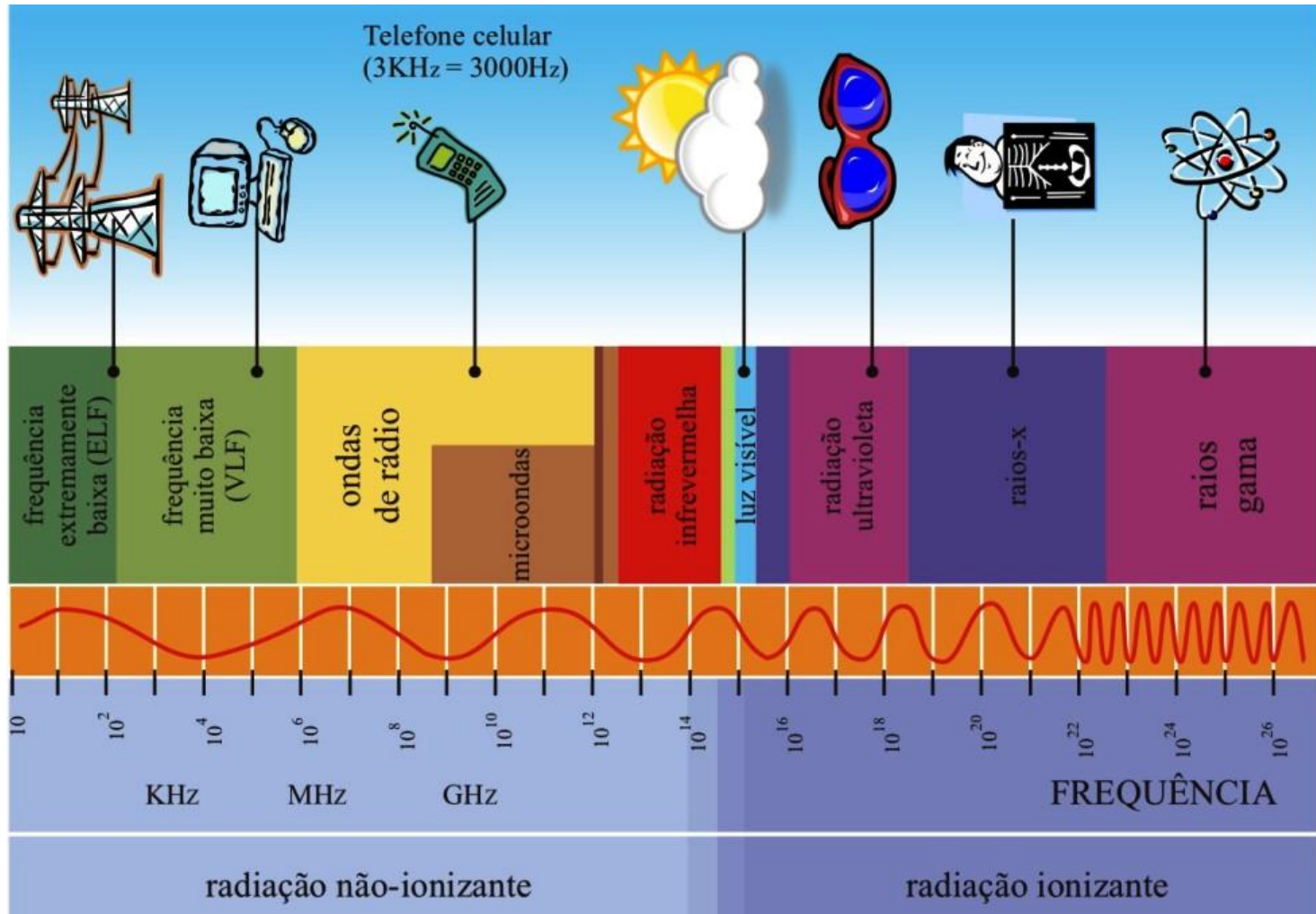
(1) For space radiocommunications K and Ka bands are often designated by the single symbol Ka.

1.1 O Espectro Eletromagnético



O espectro eletromagnético e o uso nas comunicações.

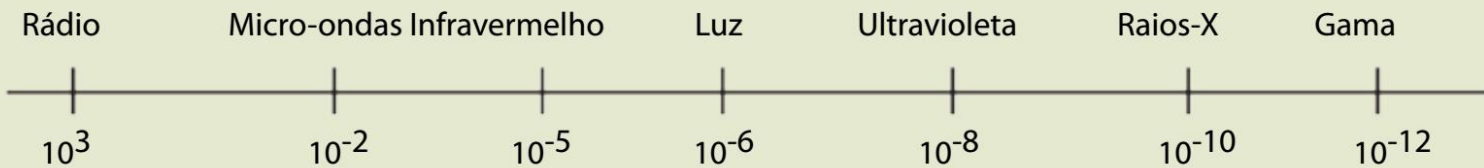
1.1 O Espectro Eletromagnético



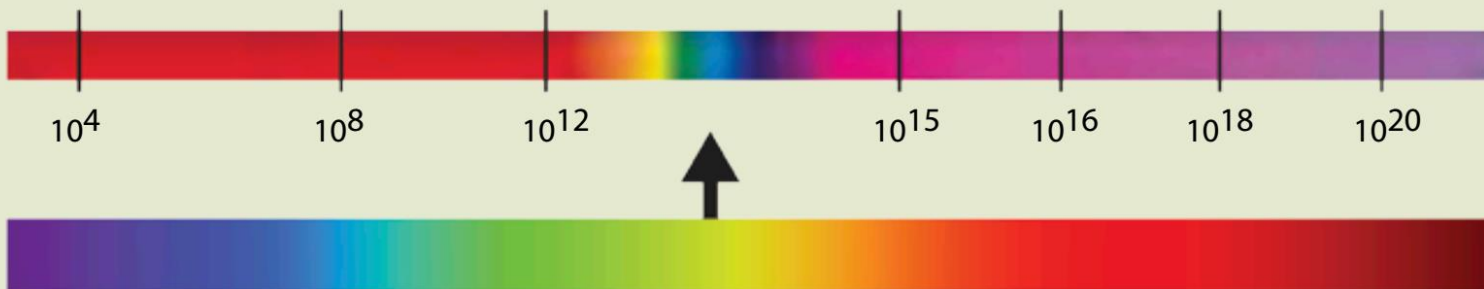
1.1 O Espectro Eletromagnético

Espectro eletromagnético

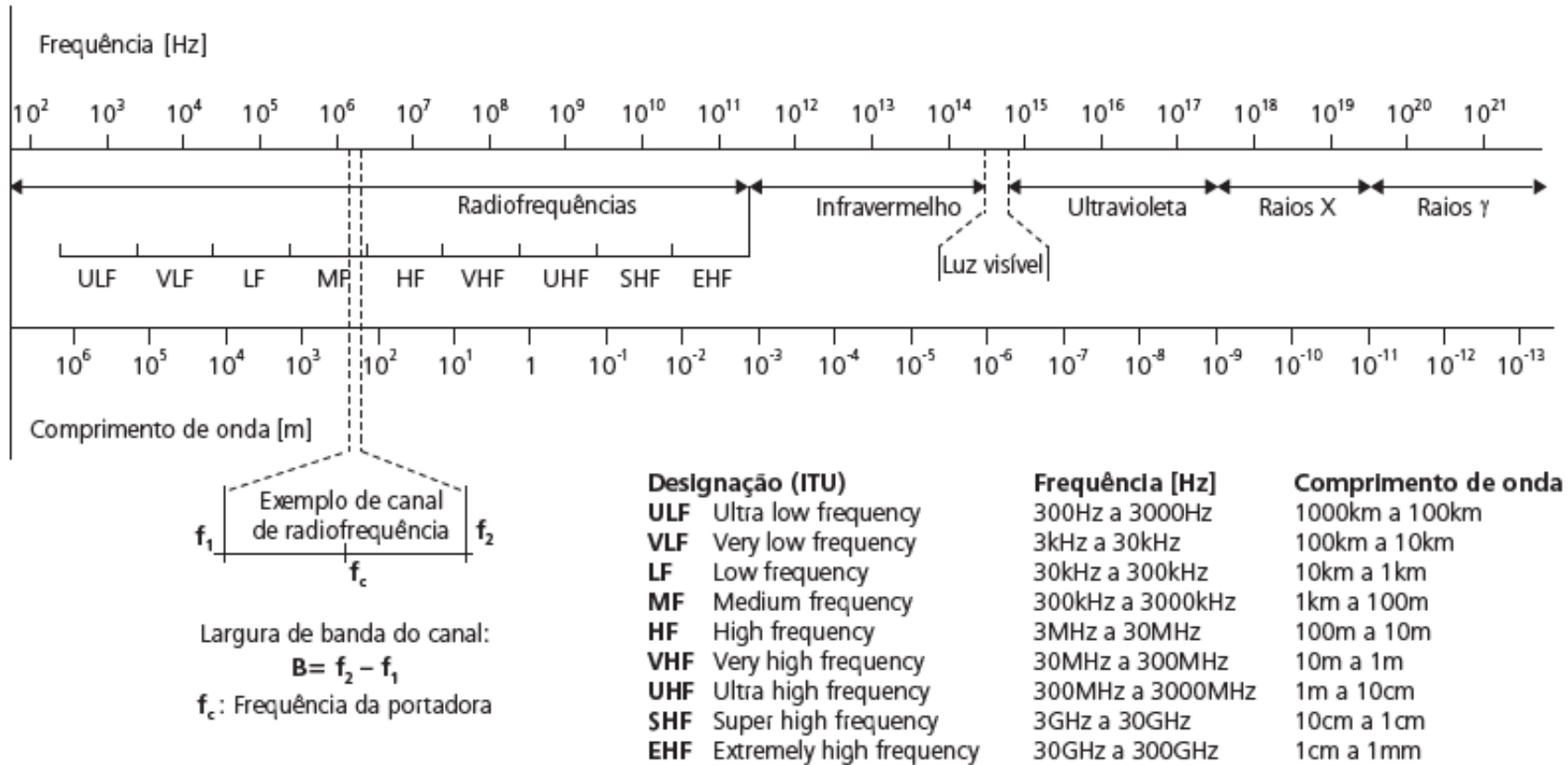
Comprimento de onda
(metros)



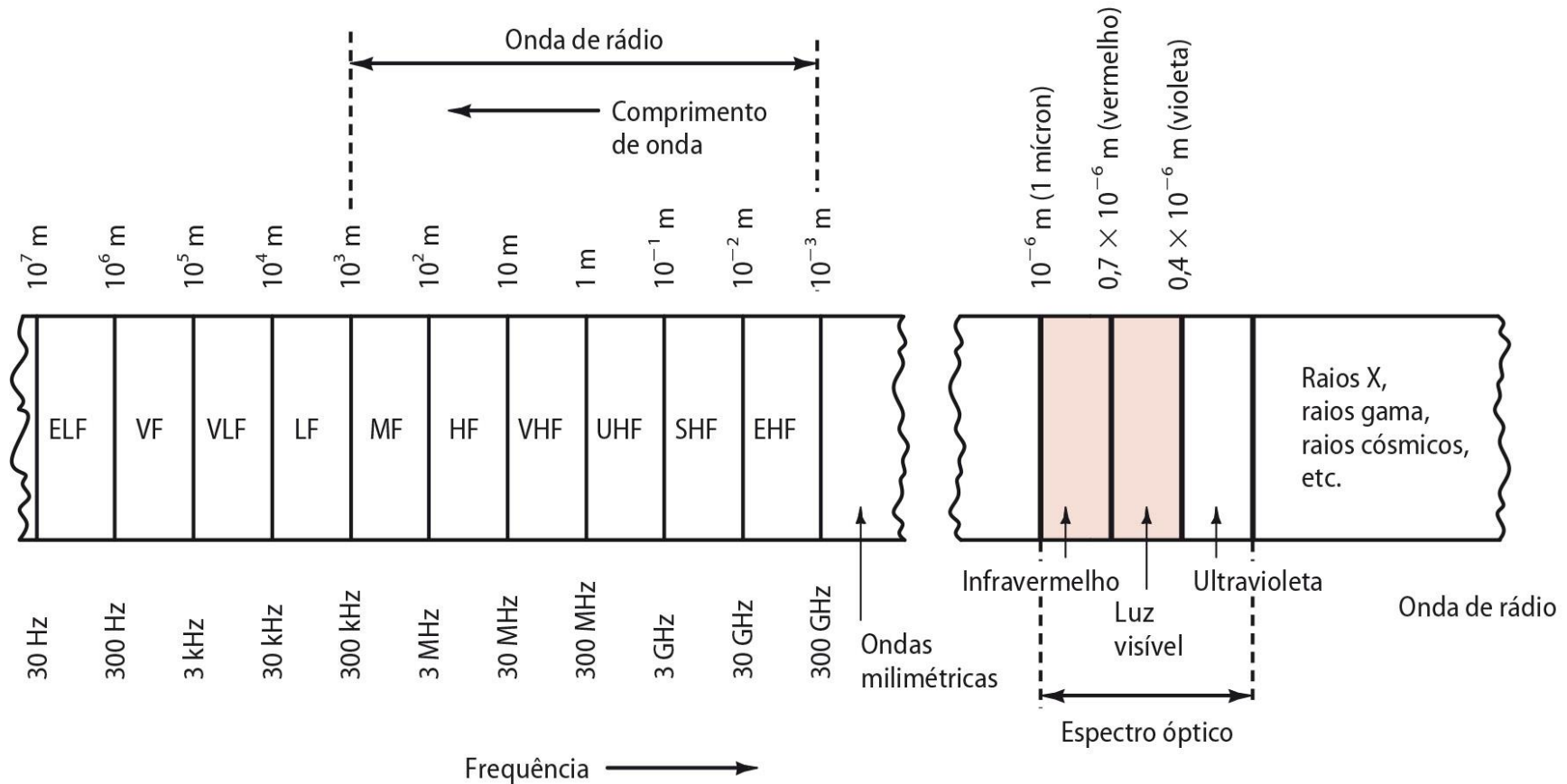
Frequência (Hz)



1.1 O Espectro Eletromagnético



1.1 O Espectro Eletromagnético



1.1 O Espectro Eletromagnético

Frequency	Wavelength	Application
50–60 Hz	6000–5000 km	AC electricity transmission
3–30 kHz	100–10 km	Sub-marine communication
30–300 kHz	10–1 km	Long-wave radio broadcast
180–1600 kHz	1.7 km–188 m	AM radio broadcast
1.8–30 MHz	167–10 m	Shortwave radio
88–108 MHz	3.4–2.7 m	FM broadcast
300–3000 MHz	1–0.1 m	UHF point to point
800–2200 MHz	0.375–0.136 m	Mobile base station
1–60 GHz	0.3–0.005 m	Microwave links
60–300 GHz	0.005–0.001 m	Millimeter-wave links
352, 230, 193 THz	1550, 1300, 850 nm	Fiber-optic links
420–750 THz	714–400 nm	Visible light

Table 2.1: *Applications within the electromagnetic spectrum, arranged by frequency*

1.1 O Espectro Eletromagnético

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

1995: A Emenda Constitucional nº8/1995 eliminou a exclusividade da concessão para exploração de serviços de telecomunicações a empresas sob controle acionário estatal. Com essa alteração da Constituição, o Estado passou da função de provedor para a de regulador de serviços de telecomunicações.

1997: A Anatel foi criada pela Lei 9.472/1997.

1.1 O Espectro Eletromagnético

Superintendência de Outorga e Recursos à Prestação

V - supervisionar e administrar o **uso do espectro de radiofrequência**, dos recursos para a exploração de satélites e de recursos de numeração;

VII - elaborar regulamentação técnica de atribuição, destinação e condições de **uso de radiofrequências** e de planos de distribuição de canais referentes aos serviços de radiodifusão sonora e de sons e imagens, seus auxiliares, correlatos e ancilares, em conjunto com a Superintendência de Planejamento e Regulamentação;

1.1 O Espectro Eletromagnético

Superintendência de Fiscalização

I - fiscalizar a execução, a comercialização e o uso dos serviços de telecomunicações, inclusive dos Serviços de Radiodifusão sonora e de sons e imagens em seus aspectos técnicos;

II - fiscalizar a implantação e funcionamento **de redes de telecomunicações;**

III - fiscalizar a utilização dos **recursos de radiofrequência**, dos recursos para exploração de satélites e dos recursos de numeração;

Sumário

1 Meios de Transmissão Não Guiados

1.1 O Espectro Eletromagnético

1.2 Transmissão de Rádio

1.3 Transmissão de Micro-Ondas

1.4 Transmissão em Infravermelho

1.5 Transmissão via Luz

1.6 Satélites de Comunicações

Referências

TANENBAUM, Andrew. S; Wetherall, David. **Redes de Computadores**. 5.ed. Traduzido por Daniel Vieira. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. Tradução de: Computer networks.

FIM