

Redes de Computadores

Camada Física

Base teórica

- É a camada mais baixa da hierarquia no modelo de protocolo que estudaremos;
- Ela define interfaces elétricas, de sincronização e outras, pelas quais os bits são enviados como sinais pelos canais;
- É o alicerce;

Base teórica

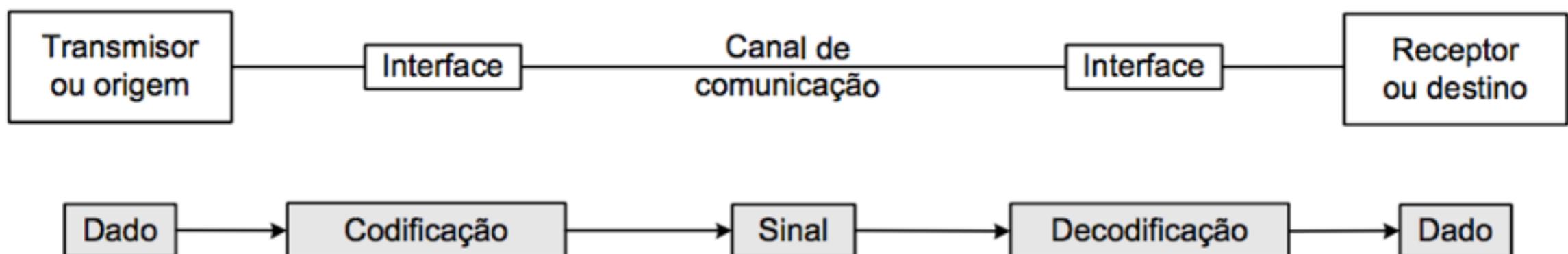
- Diferentes tipos de canais físicos determinam:
 - Throughput
 - Latência
 - Taxa de erros
 - etc...

Base teórica

Processo de Transmissão

O processo de transmissão envolve o tratamento de dados e sinais. Um **dado** é uma informação armazenada no dispositivo de origem que se deseja transmitir para o dispositivo de destino.

Para ser transmitido, o dado precisa ser codificado em um **sinal** que percorrerá o canal de comunicação até chegar ao destino, onde será decodificado.



Base teórica

Processo de Transmissão

Dados e sinais podem ser classificados como **analógicos** ou **digitais**.

O termo **analógico** está associado à ideia de valores que variam **continuamente** no tempo dentro de um conjunto **infinito** de valores.

O termo **digital** está associado à ideia de valores que variam de forma **discreta** em função do tempo dentro de um conjunto **finito** de valores.

Base teórica

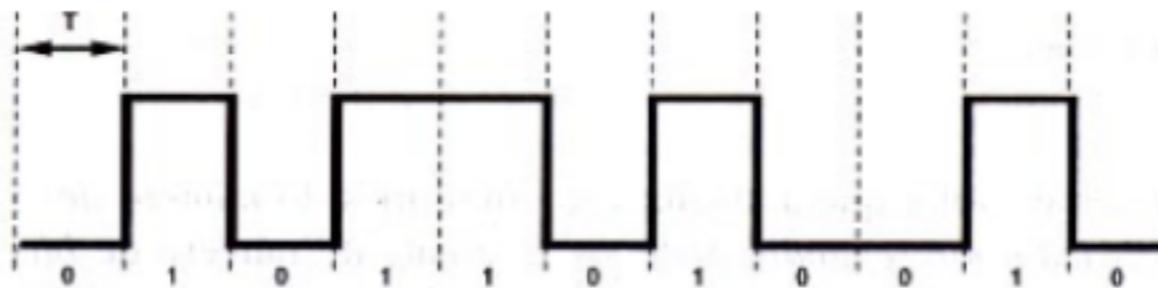
Processo de Transmissão

Computadores são considerados digitais porque representam dados e sinais apenas com dois valores: **0** e **1**.

Em redes de computadores, os dados estão sempre no formato **digital**, porém esses dados, para serem transmitidos, devem ser codificados em sinais **analógicos** ou **digitais**, dependendo do meio de transmissão.

Base teórica

Processo de Transmissão

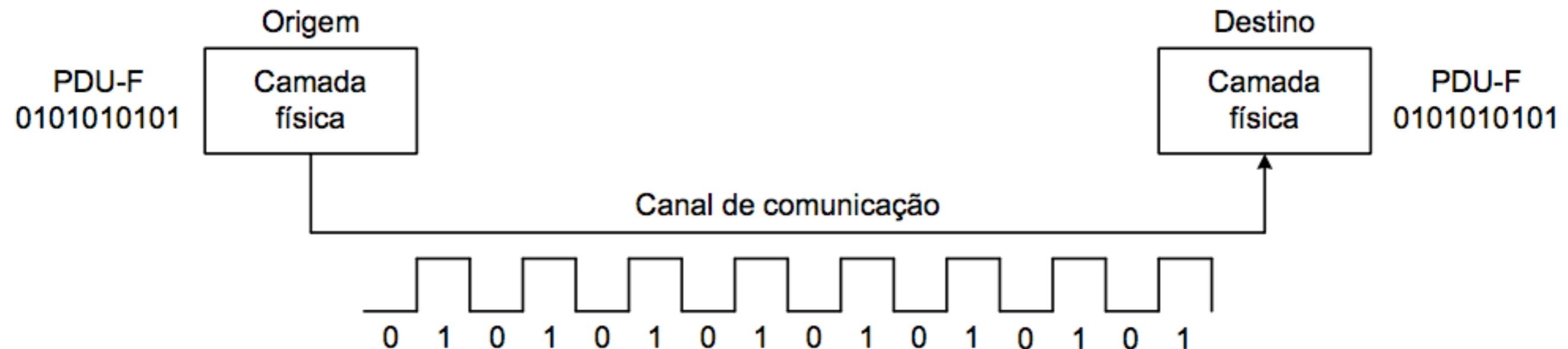


Base teórica

Processo de Transmissão

A camada física tem como principal função **a transmissão efetiva dos dados**, representados por uma sequência de bits que formam o **PDU (Protocol Data Unit)** da camada física (PDU-F).

A sequência de bits deve ser codificada em sinais na origem e transmitida pelo canal de comunicação. Os sinais recebidos no destino são decodificados, formando novamente a sequência de bits transmitida.



Base teórica

Característica do Sinal

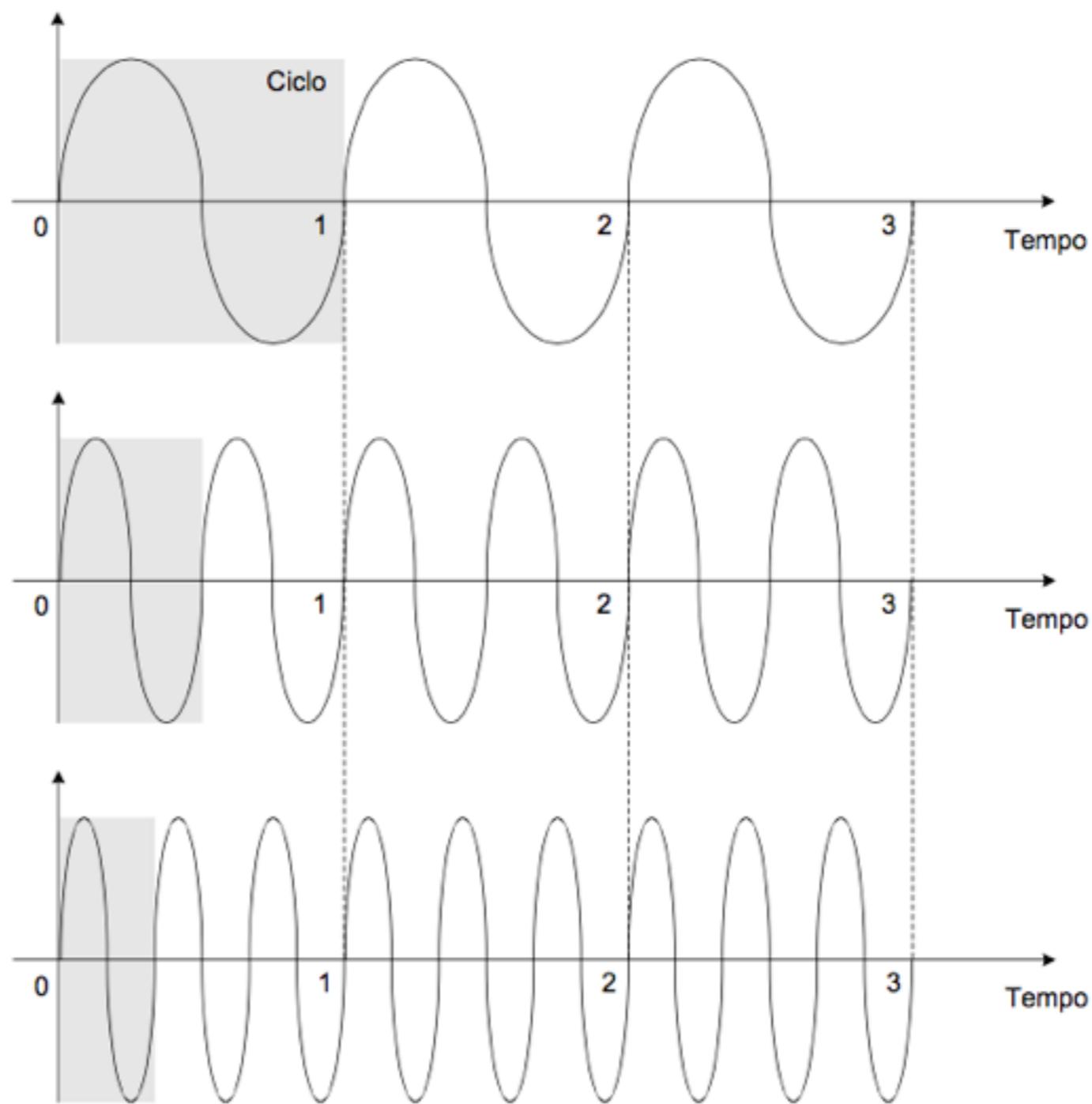
Um sinal é **periódico** quando suas características se repetem em função do tempo.

A **amplitude** de um sinal está relacionada à sua potência, e geralmente é medida em **volts**. A grande diferença entre os sinais analógico e digital é como a amplitude varia em função do tempo.

A **frequência** (f) de um sinal é o número de vezes que o ciclo se repete no intervalo de 1 segundo. A frequência é medida em ciclos por segundo ou em **Hertz** (Hz).

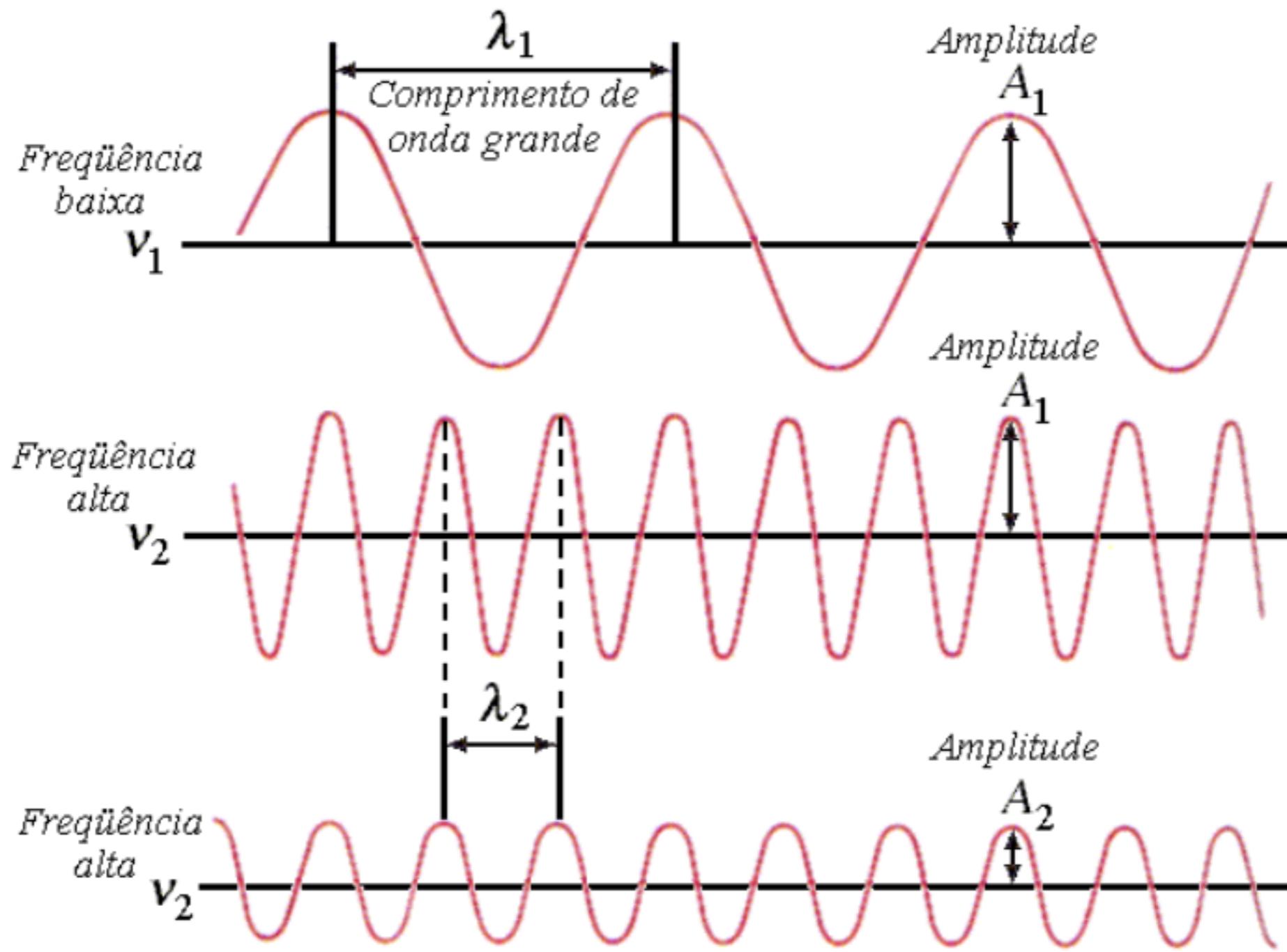
Base teórica

Característica do Sinal



Base teórica

Característica do Sinal



$$\lambda_1 > \lambda_2 , \quad v_1 < v_2 \quad \text{e} \quad A_1 > A_2$$

Base teórica

Problemas na transmissão

O projeto de um sistema de comunicação deve levar em consideração os diversos tipos de problemas na transmissão, tentando evitá-los ou minimizá-los, para que se possa aumentar a confiabilidade do sistema.

- Ruído
- Atenuação

Base teórica

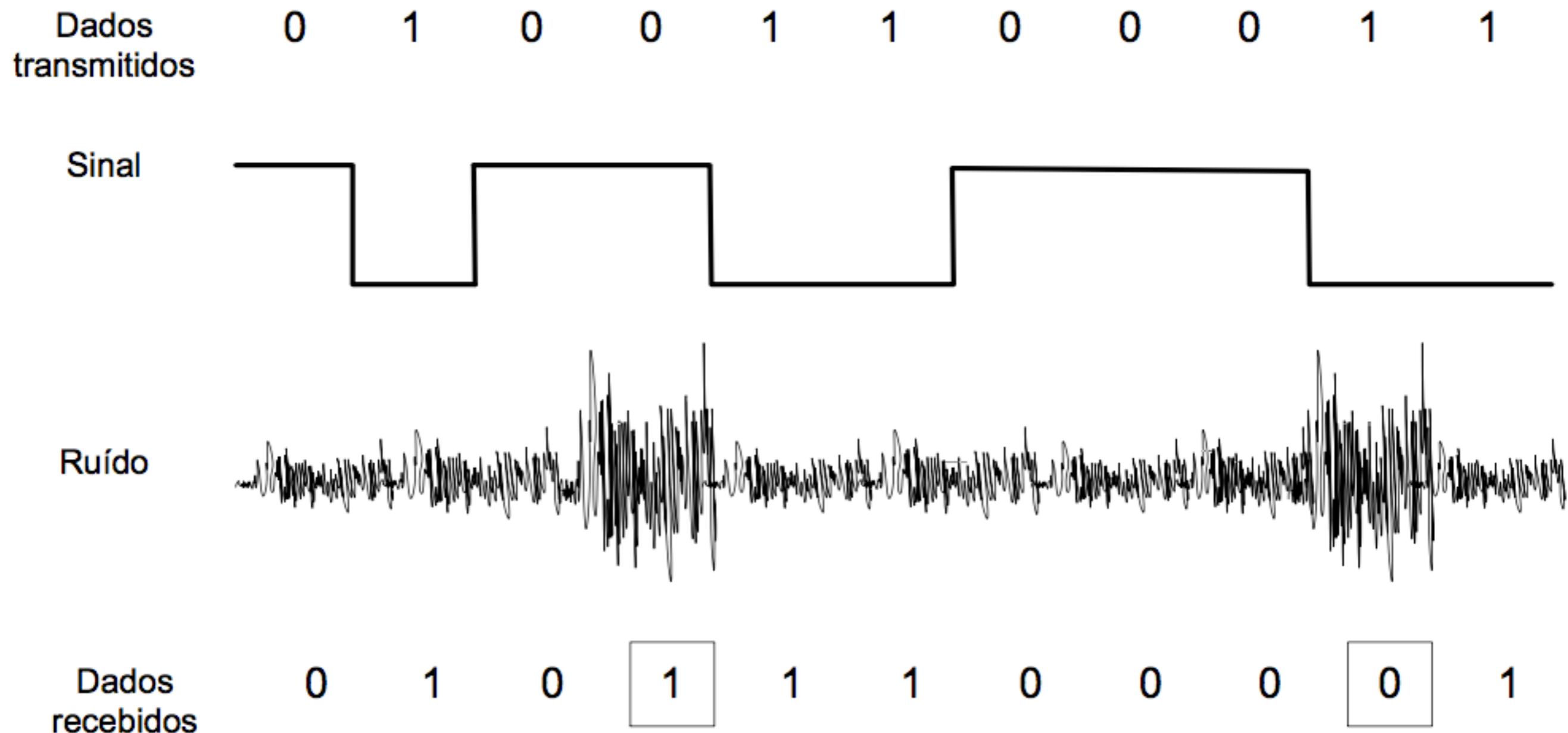
Problemas na transmissão

O problema do **ruído** é consequência de interferências eletromagnéticas indesejadas que provocam distorções nos sinais transmitidos e alteram o seu significado.

O nível de ruído em uma transmissão é medido como uma relação entre a potência do sinal e a potência do ruído, chamada de **relação sinal-ruído (SNR - Signal-to-noise ratio)**. Quanto maior a SNR, melhor a qualidade do sinal.

Base teórica

Problemas na transmissão



Base teórica

Problemas na transmissão

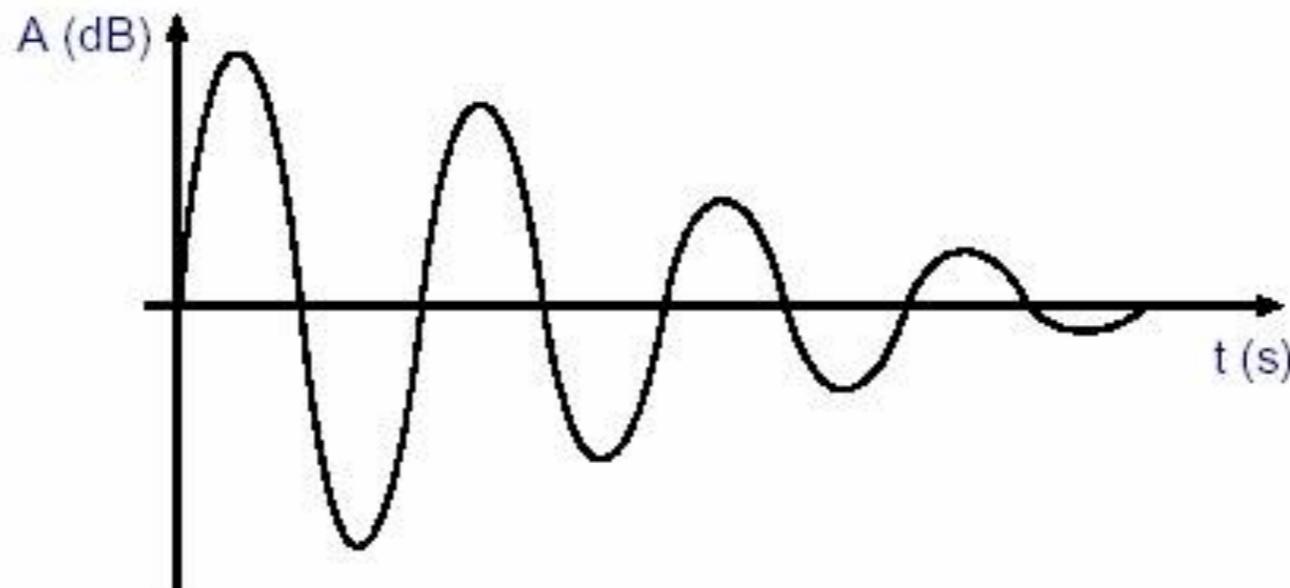
O problema da **atenuação** é consequência da perda de potência do sinal transmitido, na medida em que o sinal percorre o canal de comunicação até atingir o destino.

Nesse caso, o meio de transmissão funciona como um filtro, **reduzindo a amplitude do sinal** e impedindo que o receptor decodifique corretamente o sinal recebido.

Base teórica

Problemas na transmissão

O nível de atenuação **depende** do meio de transmissão utilizado. O efeito da atenuação **limita** diretamente o comprimento máximo de cabos e a distância máxima entre antenas.



Base teórica

Problemas na transmissão

Problemas de **atenuação** podem ser resolvidos utilizando-se equipamentos especiais que **recuperam a potência original do sinal**. No caso de sinais **analógicos**, utilizam-se **amplificadores** para recuperar o sinal, enquanto em sinais **digitais** utilizam-se **regeneradores** ou **repetidores**.

A atenuação em sinais analógicos apresenta dois problemas adicionais que devem ser considerados:

- **Primeiro**: quanto mais altas as frequências, maiores os efeitos da atenuação;
- **Segundo**: juntamente com a recuperação do sinal, ocorre a amplificação do ruído, o que pode comprometer a decodificação do sinal.

Base teórica

Largura de banda e Capacidade de transmissão

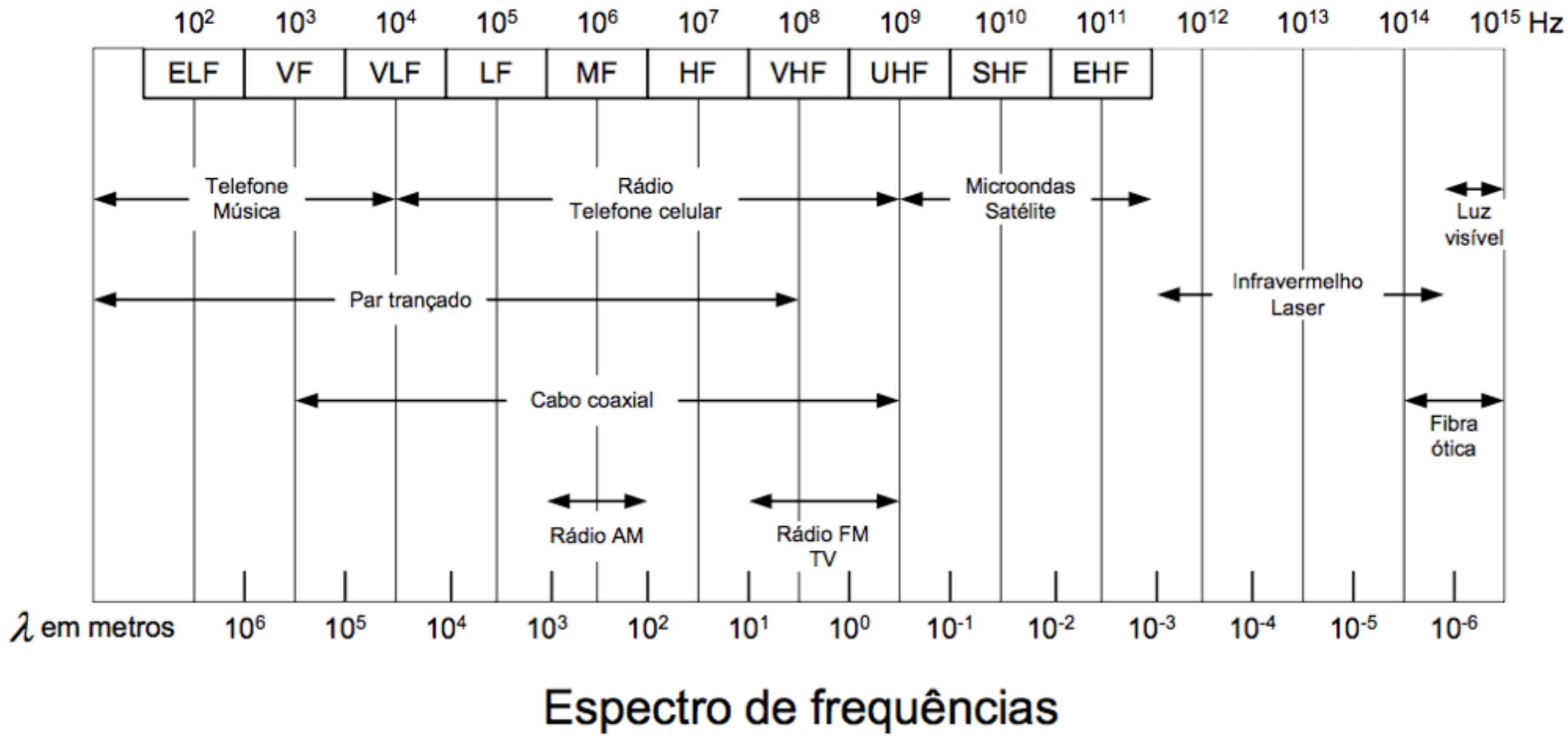
O espectro de frequências é especialmente importante em **transmissões sem fio**, pois quanto mais baixa a frequência, mais fácil para o sinal ultrapassar barreiras físicas, como paredes e montanhas.

Além disso, são menos suscetíveis ao problema de atenuação do sinal. Porém, possuem menor alcance e menor direcionalidade.

Por outro lado, as **frequências mais altas** precisam de antenas menores e o sinal possui maior alcance e direcionalidade. Entretanto, a imunidade à obstáculos é menor.

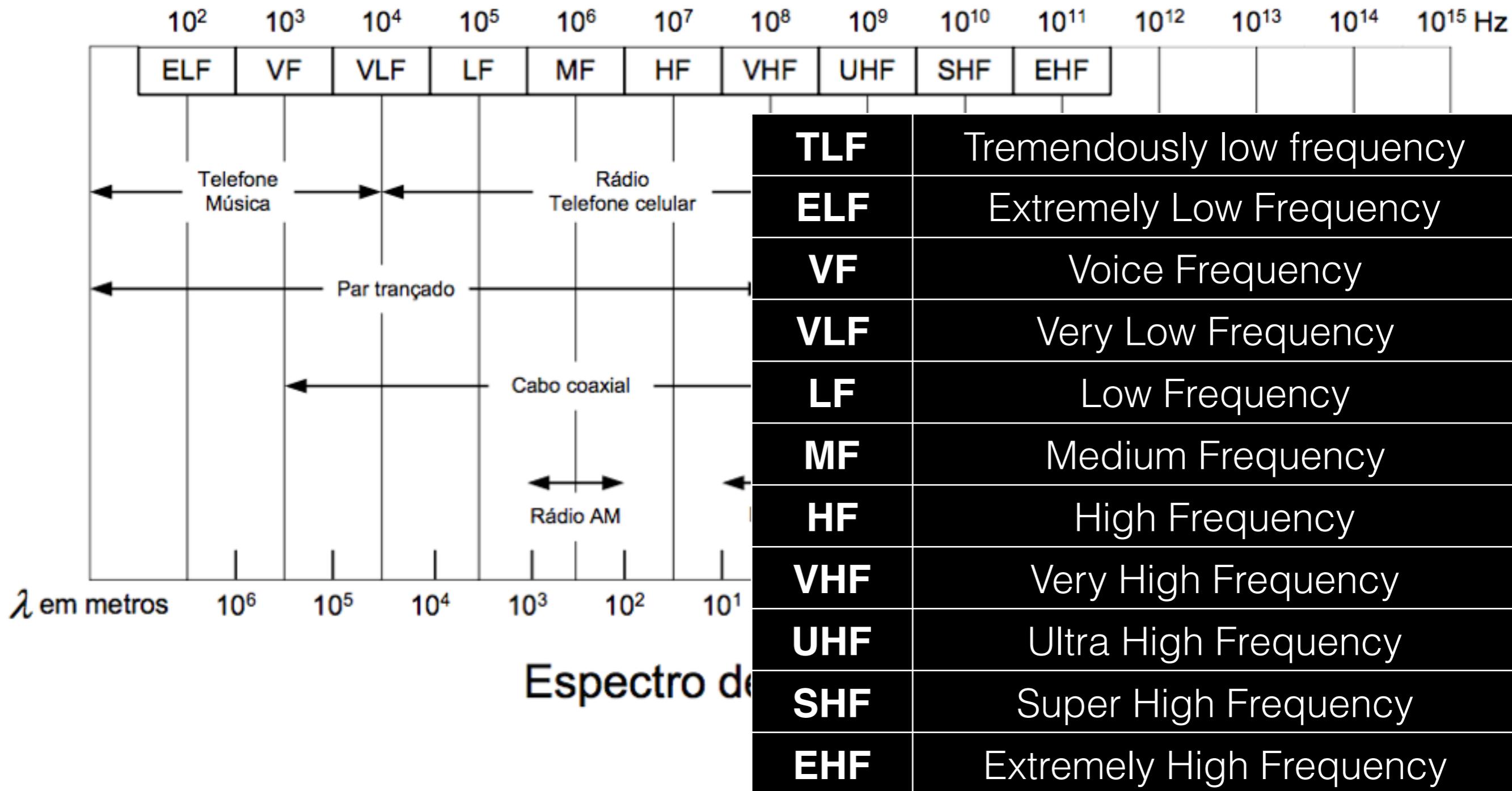
Base teórica

Largura de banda e Capacidade de transmissão



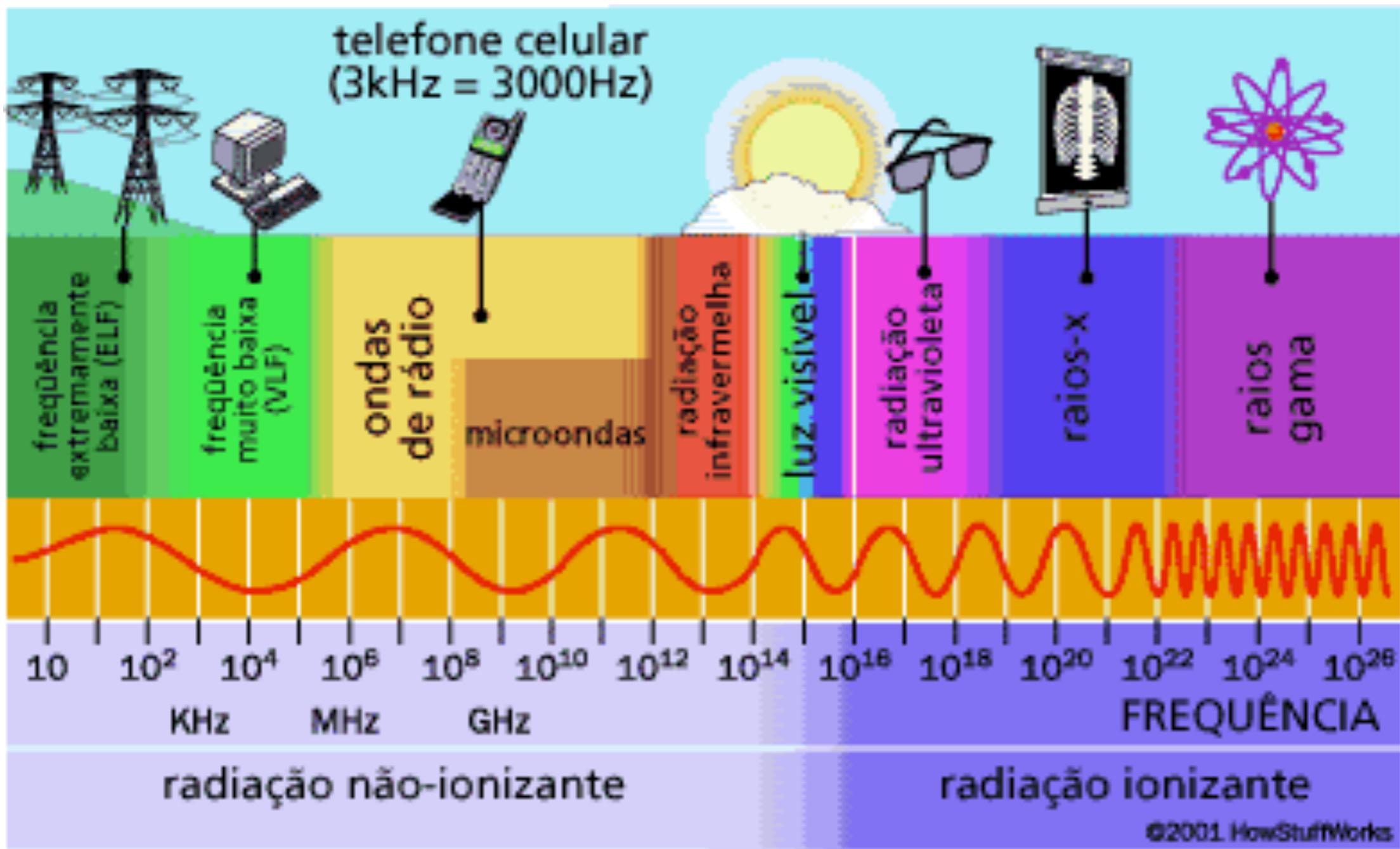
Base teórica

Largura de banda e Capacidade de transmissão



Base teórica

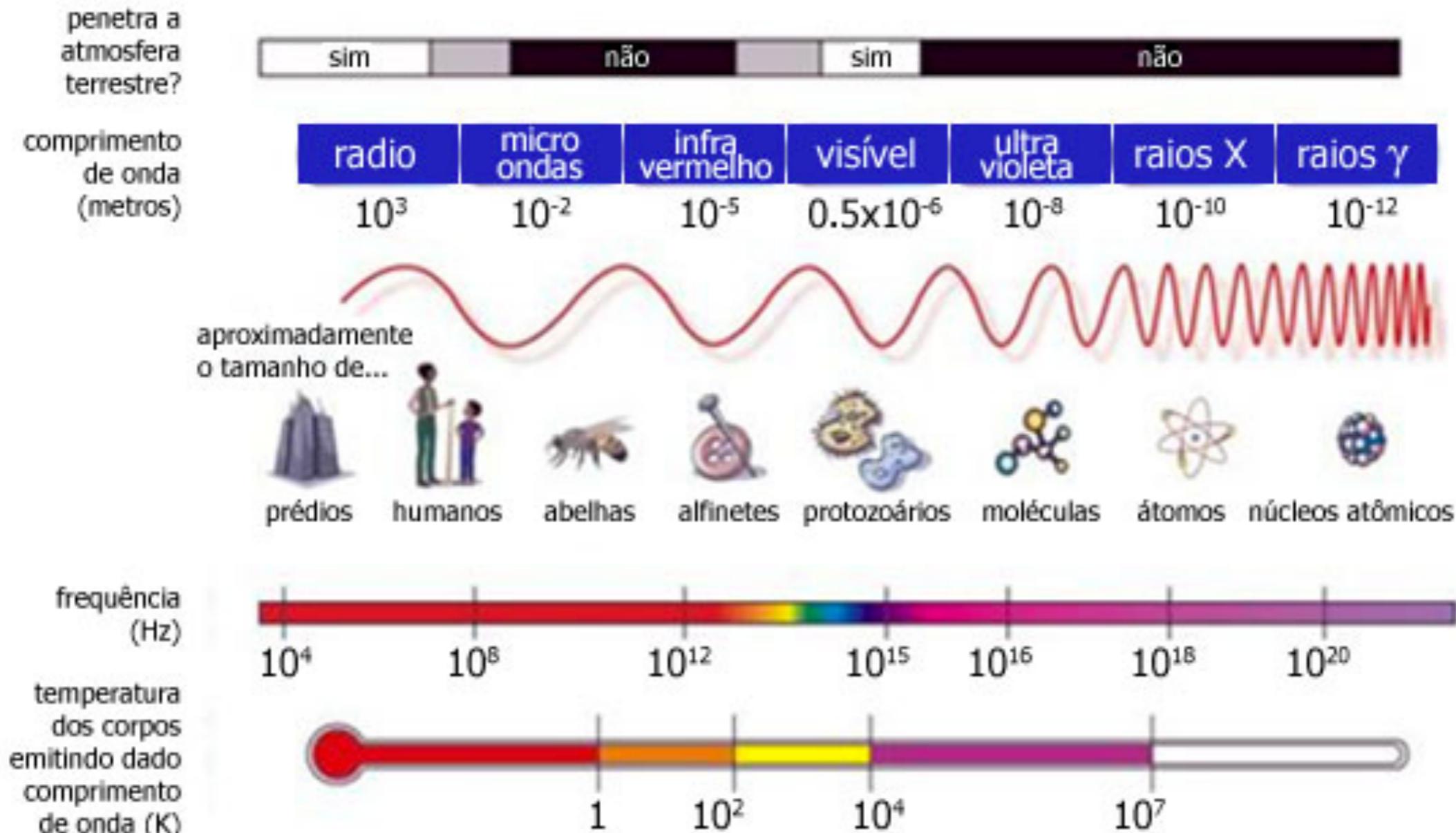
Largura de banda e Capacidade de transmissão



Base teórica

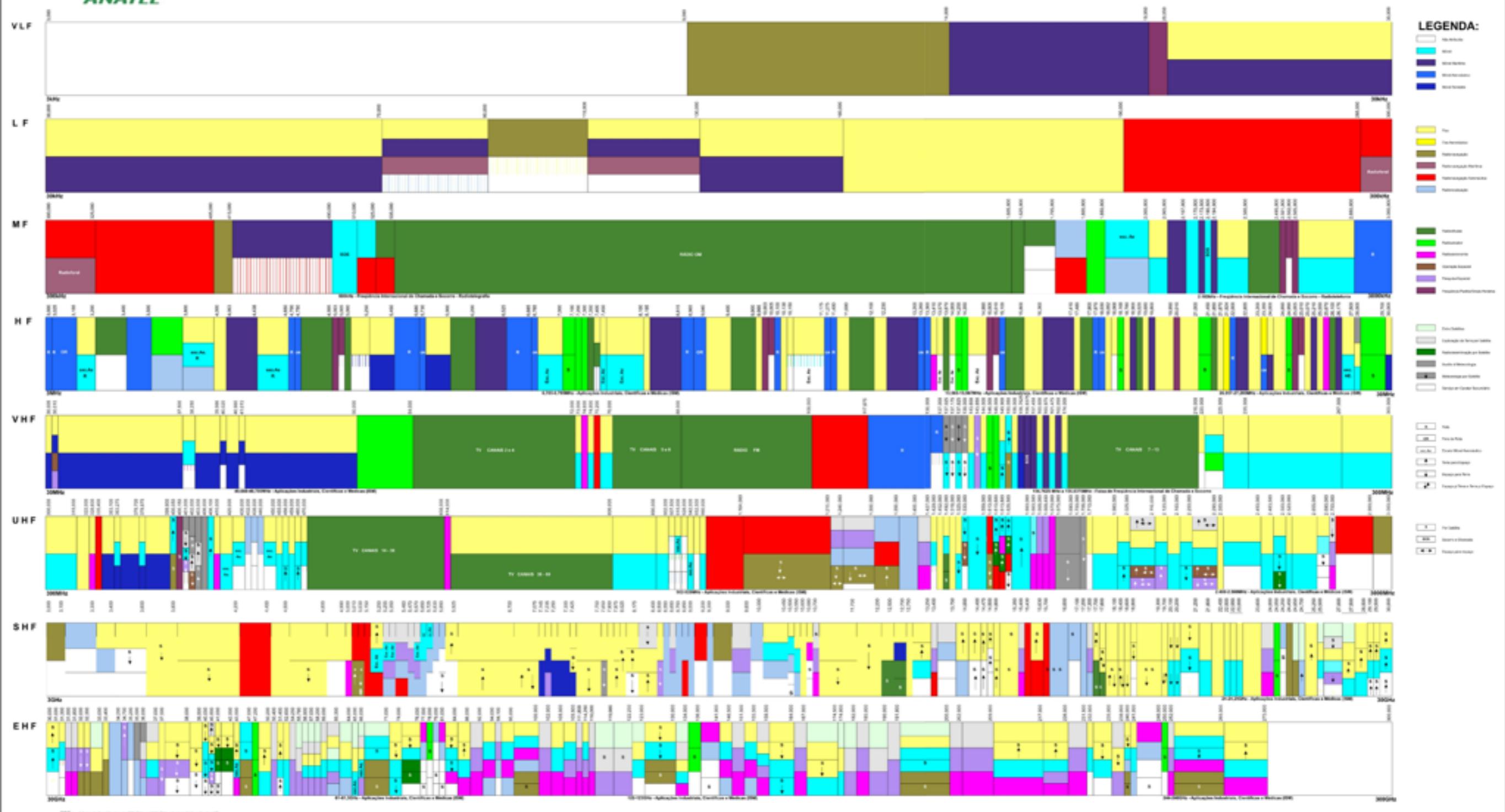
Largura de banda e Capacidade de transmissão

O Espectro Eletromagnético





ATRIBUIÇÃO DE FAIXAS DE FREQÜÊNCIAS NO BRASIL



Base teórica

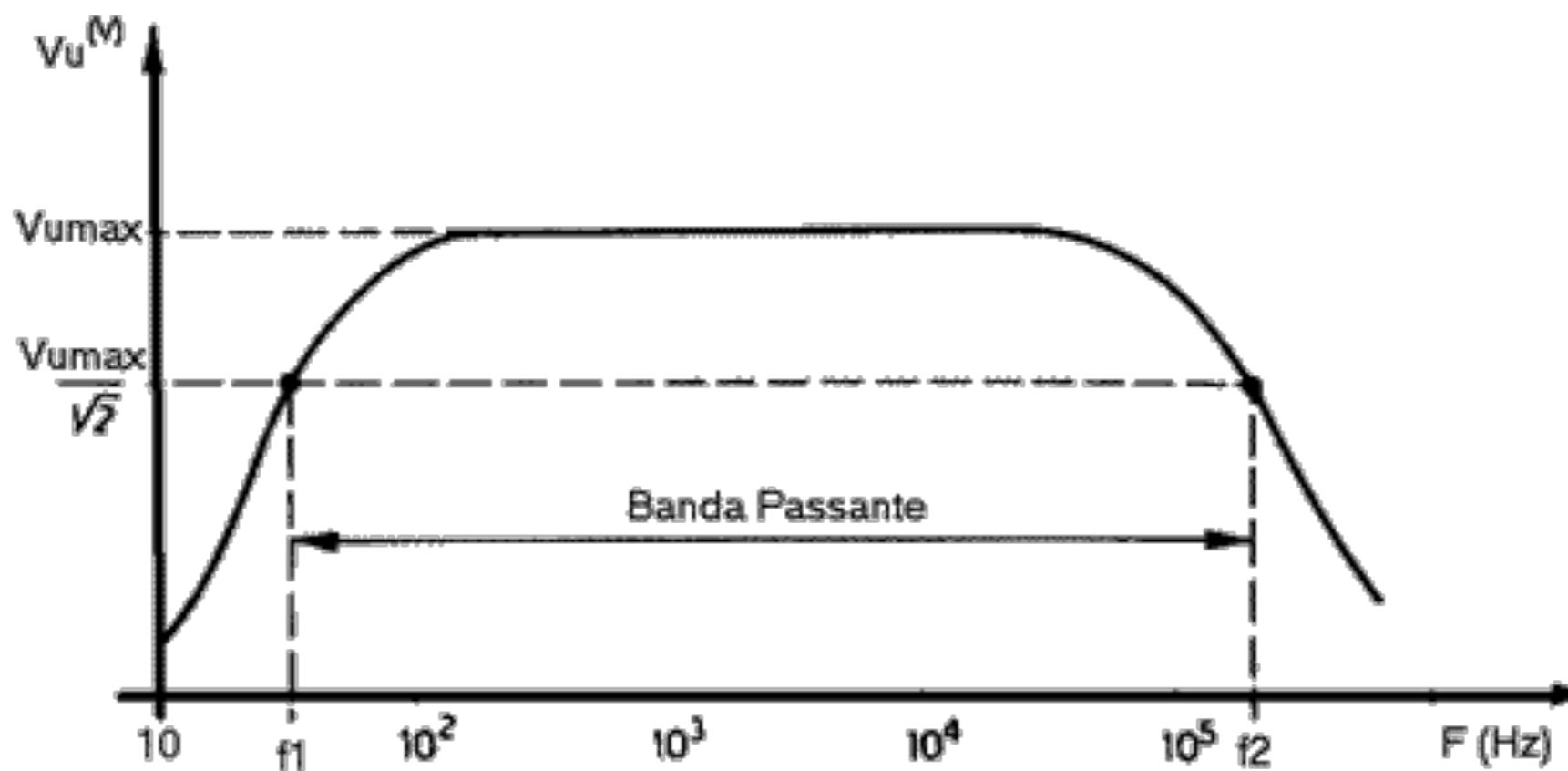
Sinais limitados pela largura de banda

- Largura de banda:
 - **Computação:** é a taxa de dados máxima de um canal;
 - **Engenharia:** quantidade medida em Hz.

Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

Banda Passante – É a faixa de frequência que permanece praticamente preservada pelo meio de transmissão.



Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

- **Análise de Fourier**

- Jean Baptiste Fourier;
- Provou que qualquer função periódica razoavelmente estável pode ser construída como a soma de **senos** e **cossenos**.

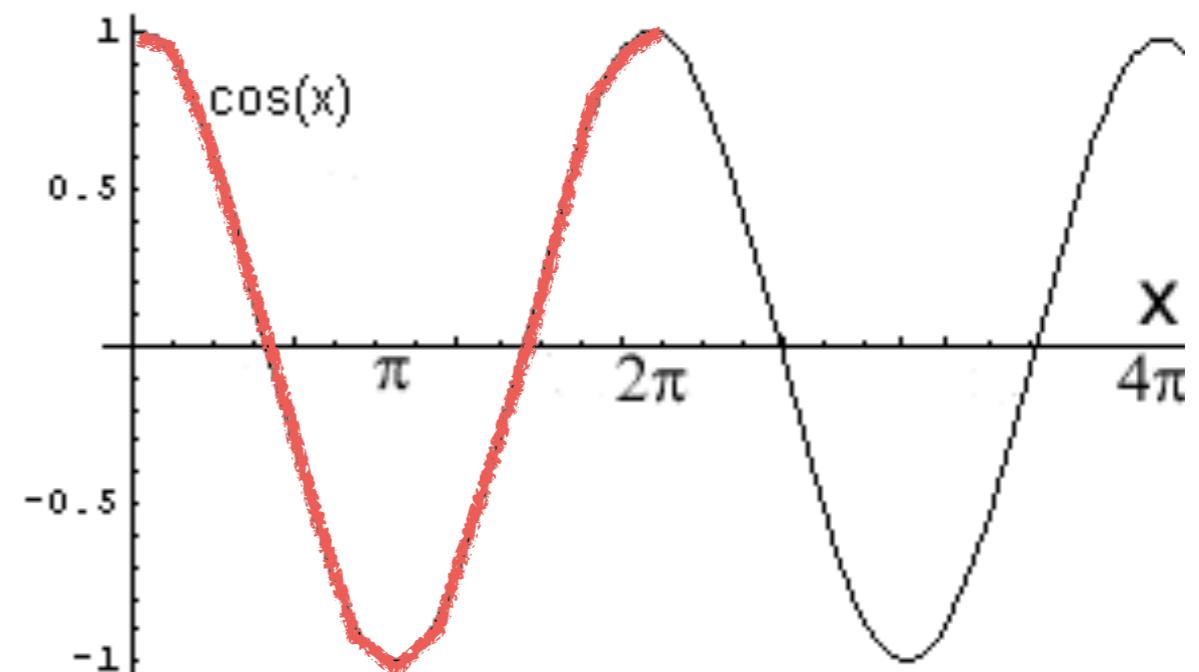
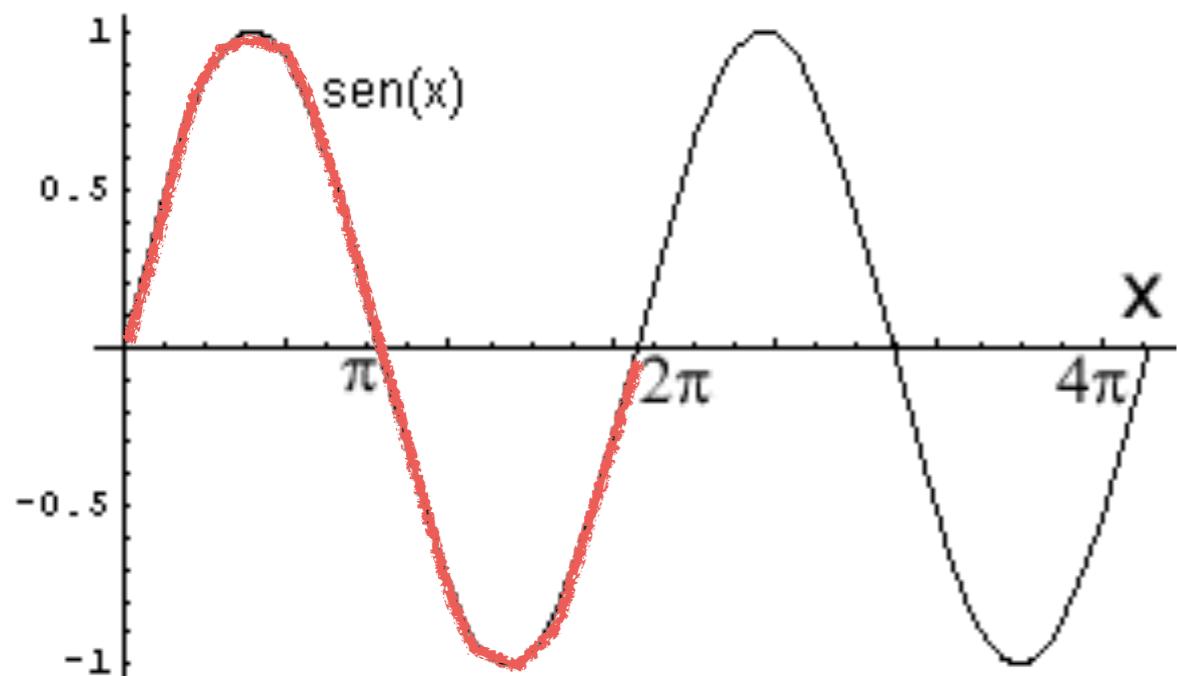
$$f(x) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=0}^{\infty} a_n \sin\left(\frac{\pi x n}{T}\right) + \sum_{n=0}^{\infty} b_n \cos\left(\frac{\pi x n}{T}\right)$$



Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

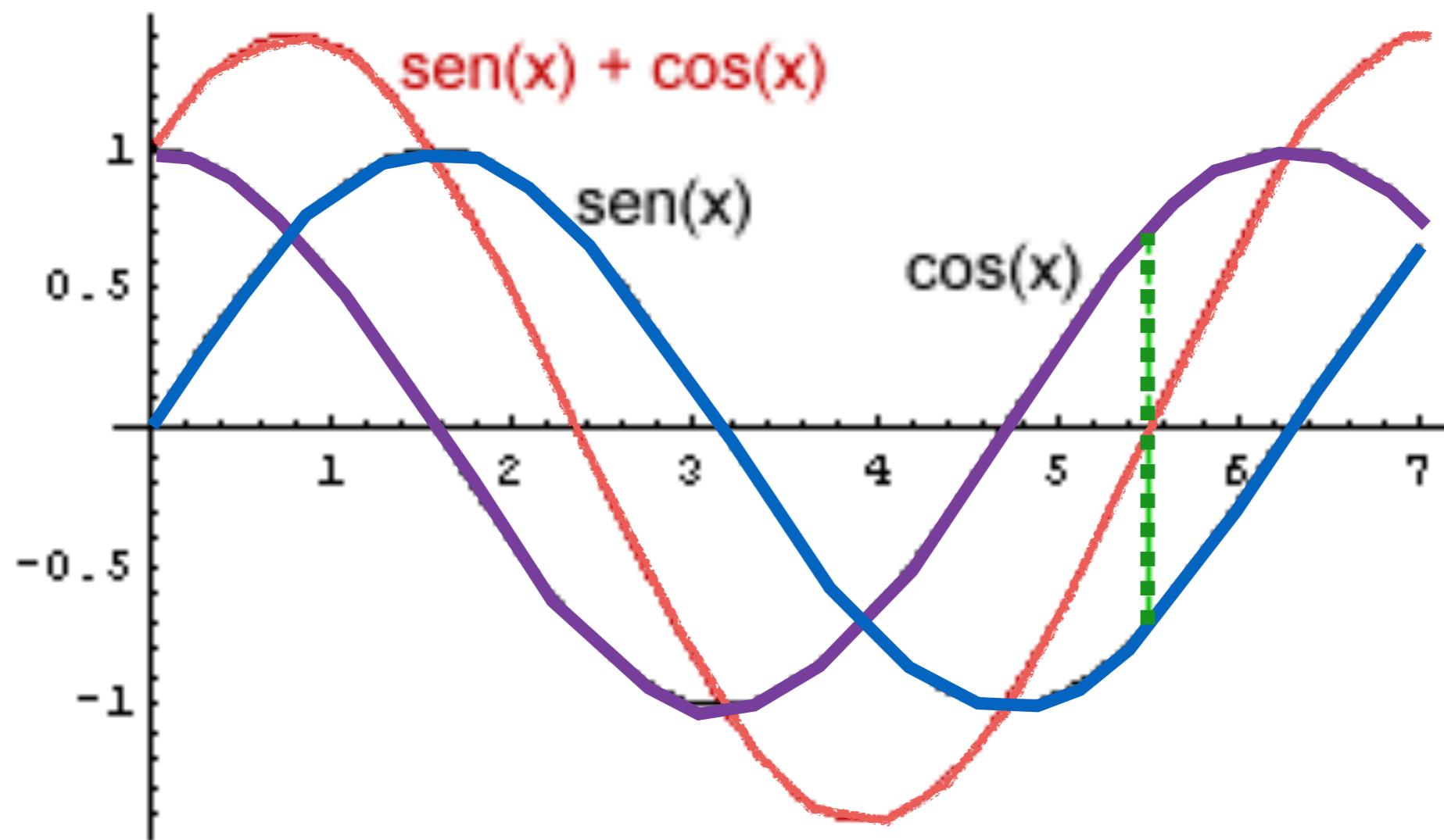
- Período



Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

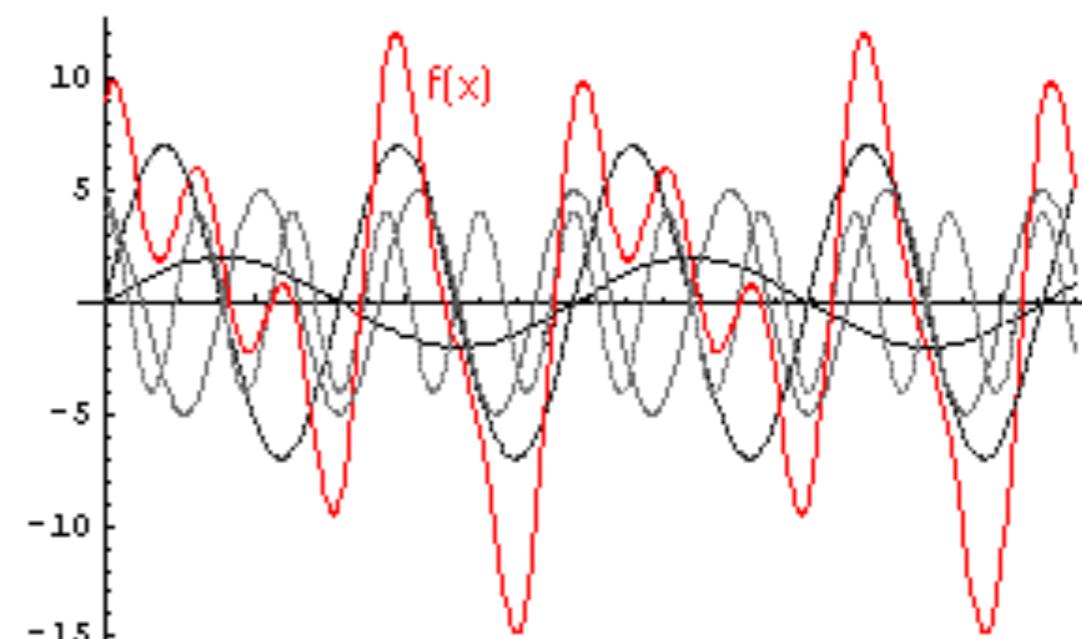
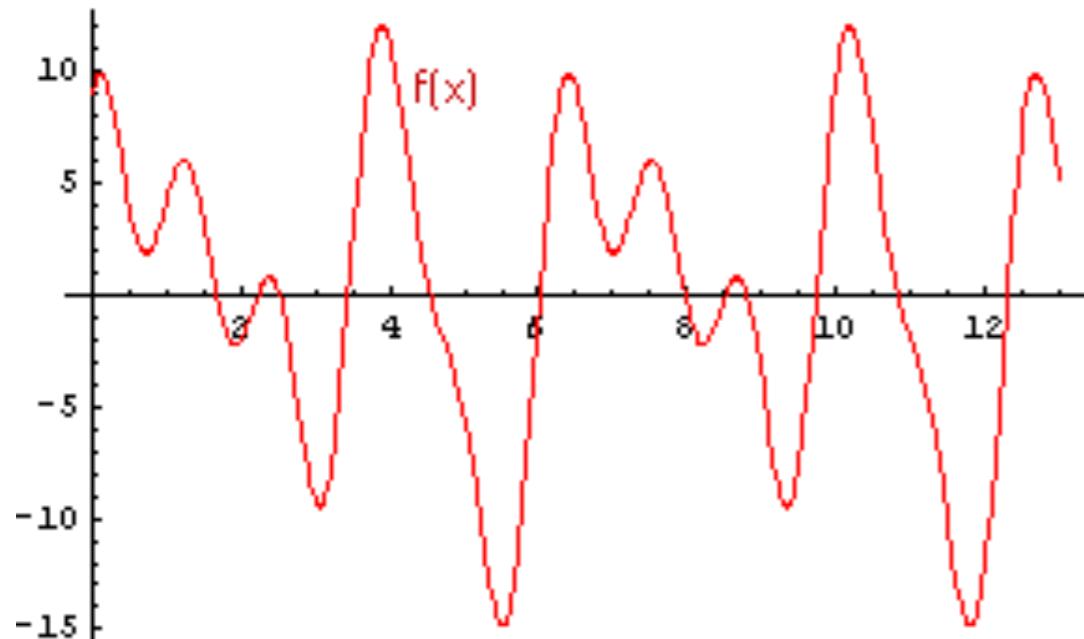
- Período



Base teórica

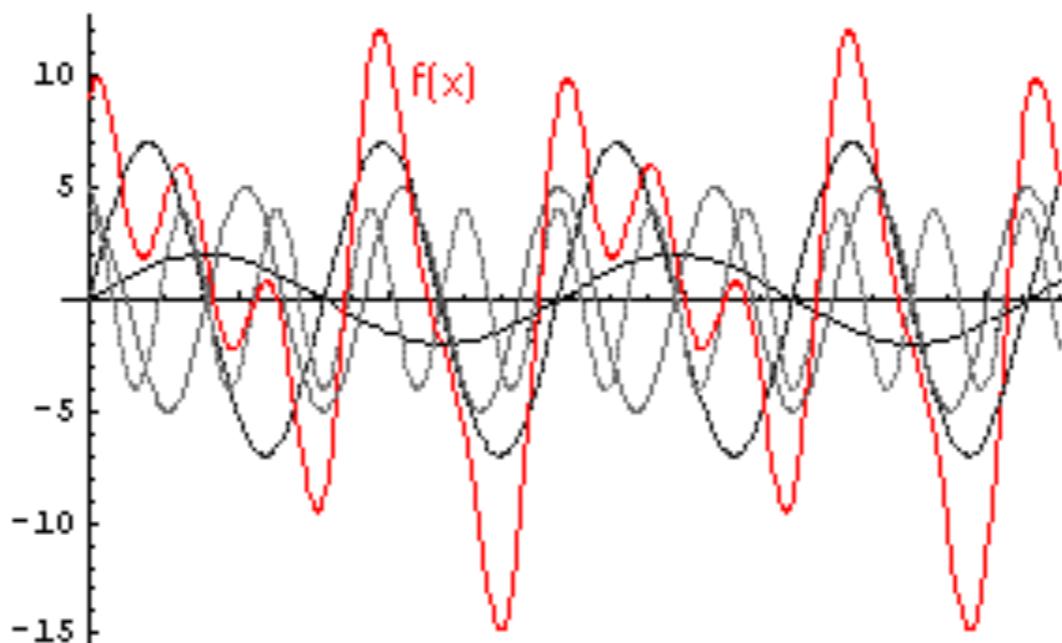
Sinais limitados pela largura de banda

- Segundo Fourier, qualquer função periódica, por mais complicada que seja, pode ser representada como a soma de várias funções seno e cosseno com amplitudes, fases e períodos escolhidos convenientemente.



Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda



$$f(x) = 2\sin(x) + 7\sin(2x) + 5\cos(3x) + 4\cos(5x)$$

Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

- Qualquer função $f(x)$ pode, segundo Fourier, ser escrita na forma da soma de uma série de funções seno e cosseno da seguinte forma geral:

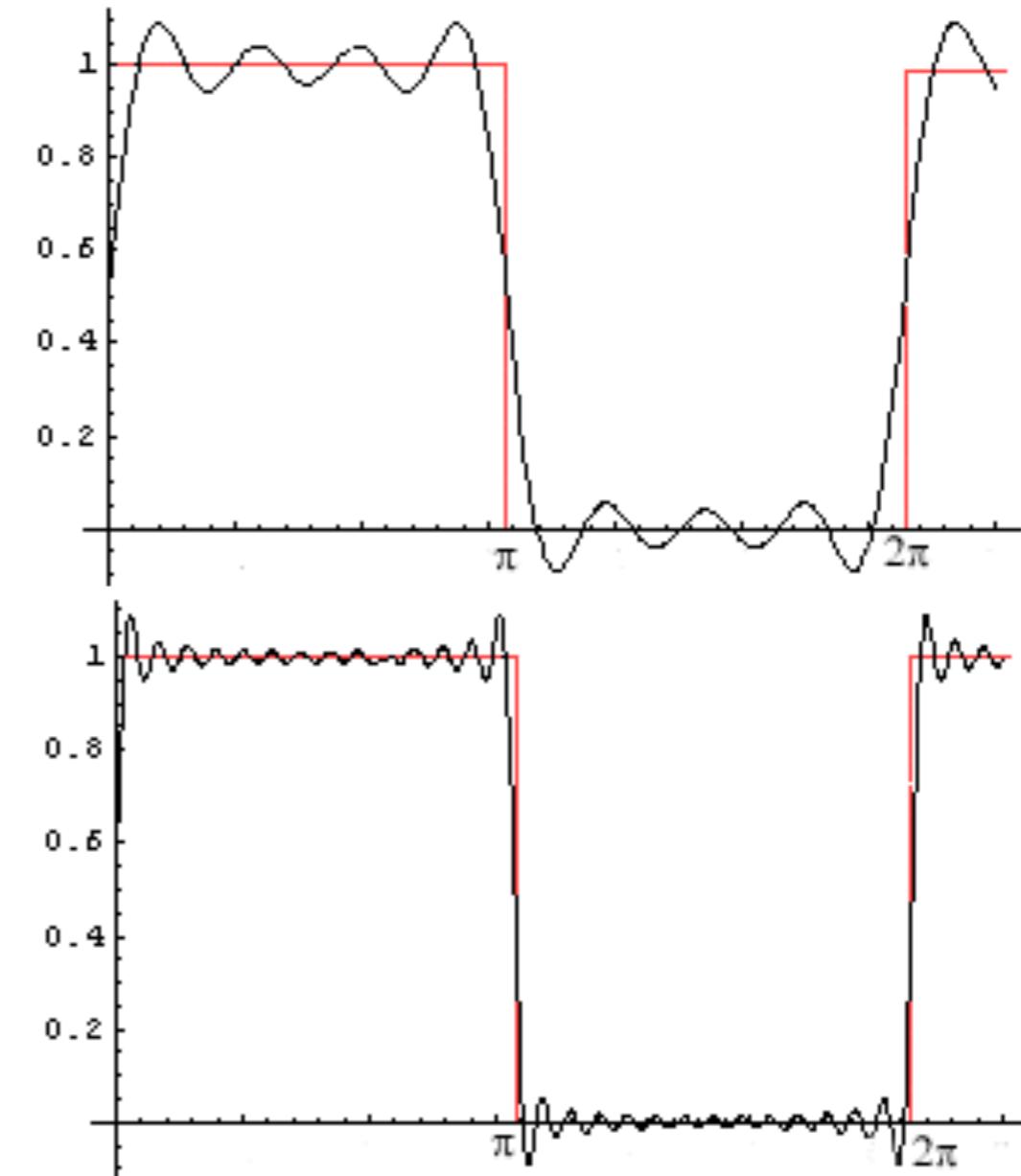
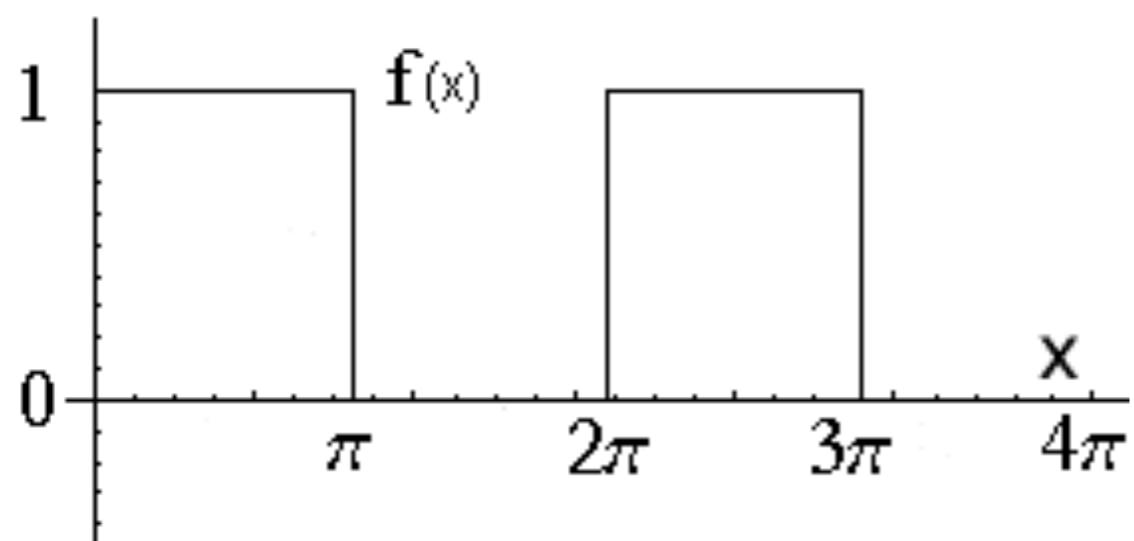
$$f(x) = a_0 + a_1 \sin(x) + a_2 \sin(2x) + a_3 \cos(3x) + \dots \\ + b_1 \cos(x) + b_2 \cos(2x) + b_3 \cos(3x) + \dots$$

$$f(x) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=0}^{\infty} a_n \sin\left(\frac{\pi x n}{T}\right) + \sum_{n=0}^{\infty} b_n \cos\left(\frac{\pi x n}{T}\right)$$

Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

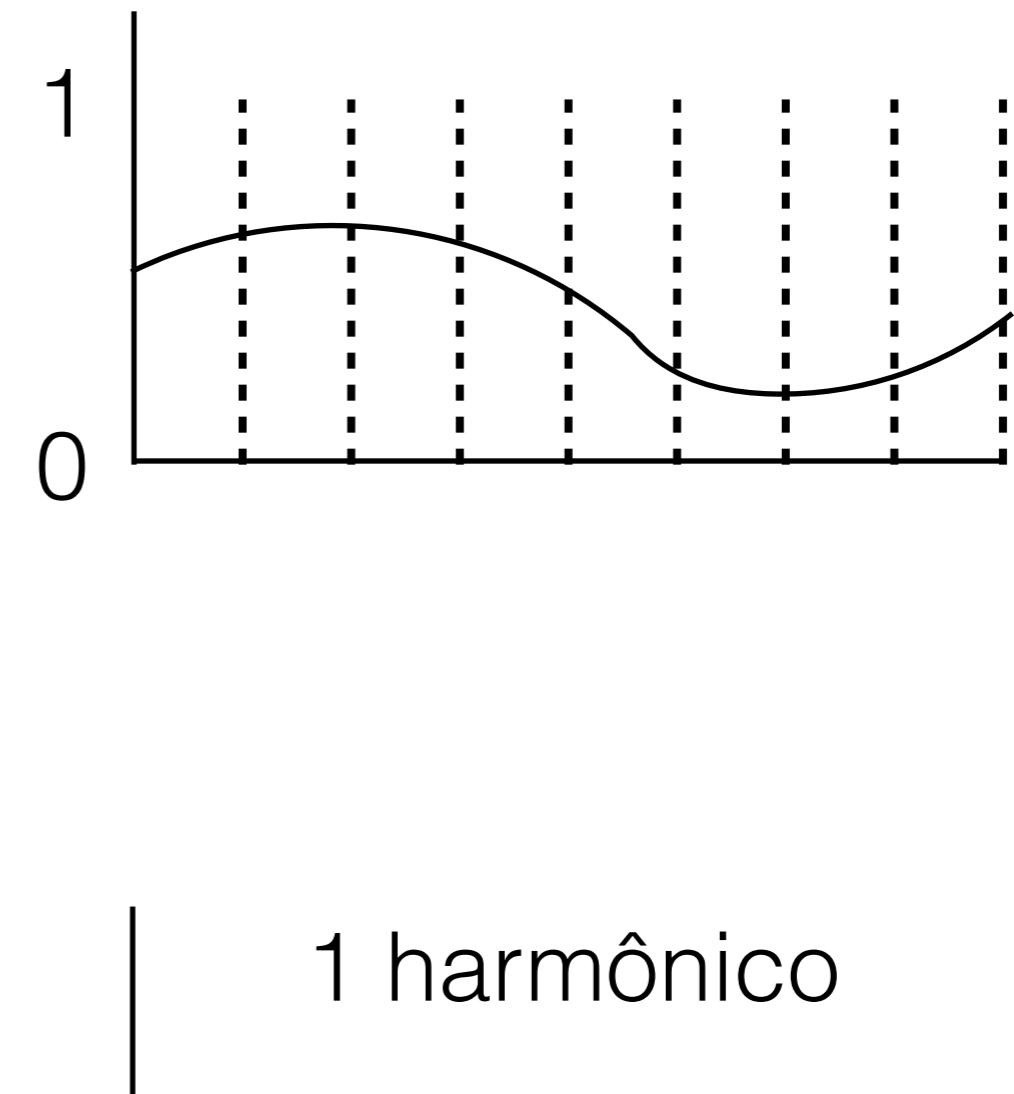
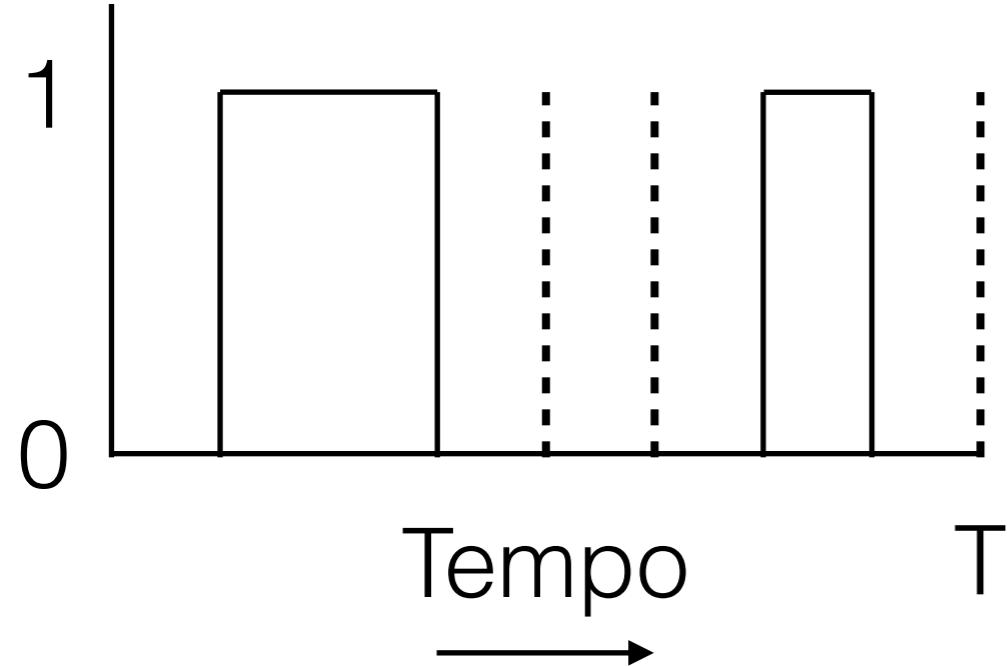
- Função periódica simples, “onda quadrada”, “função degrau”.



Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

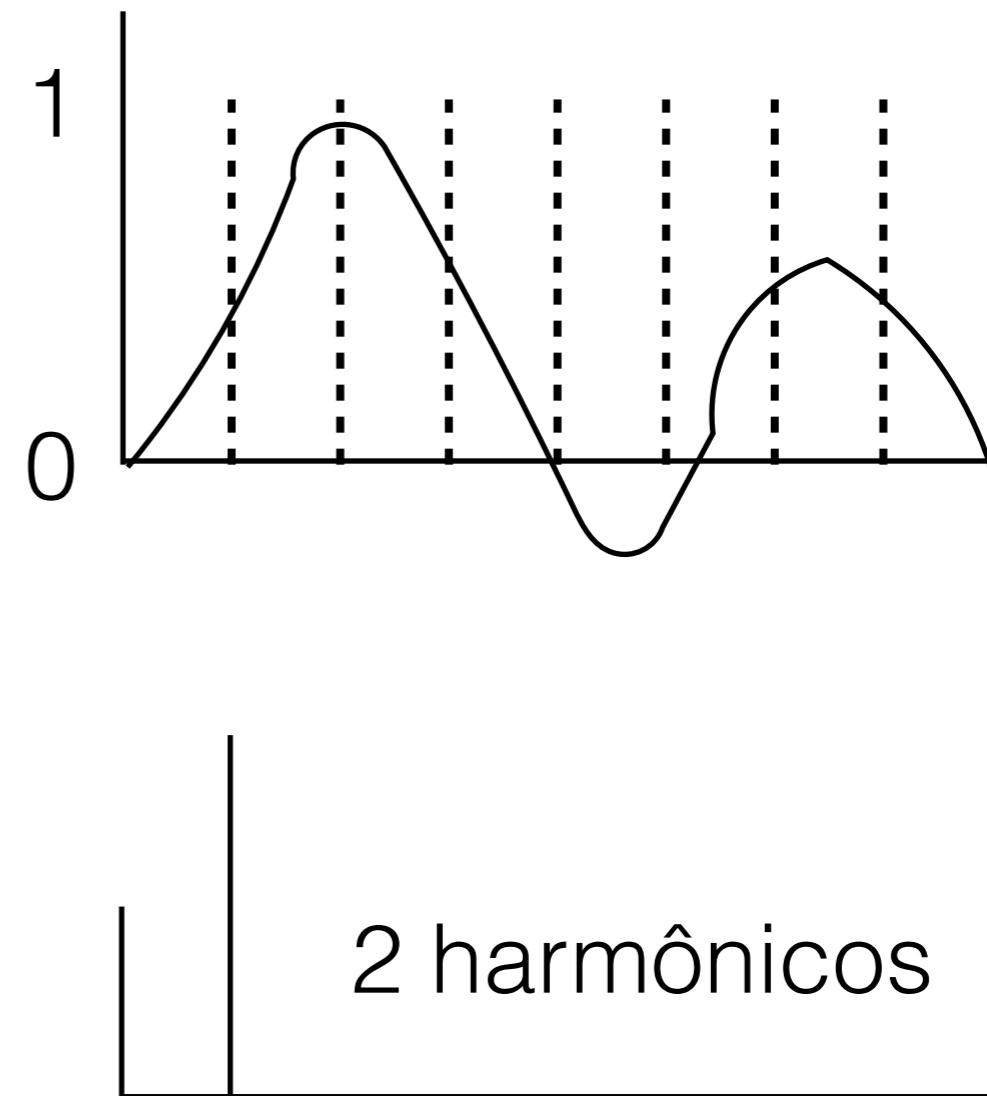
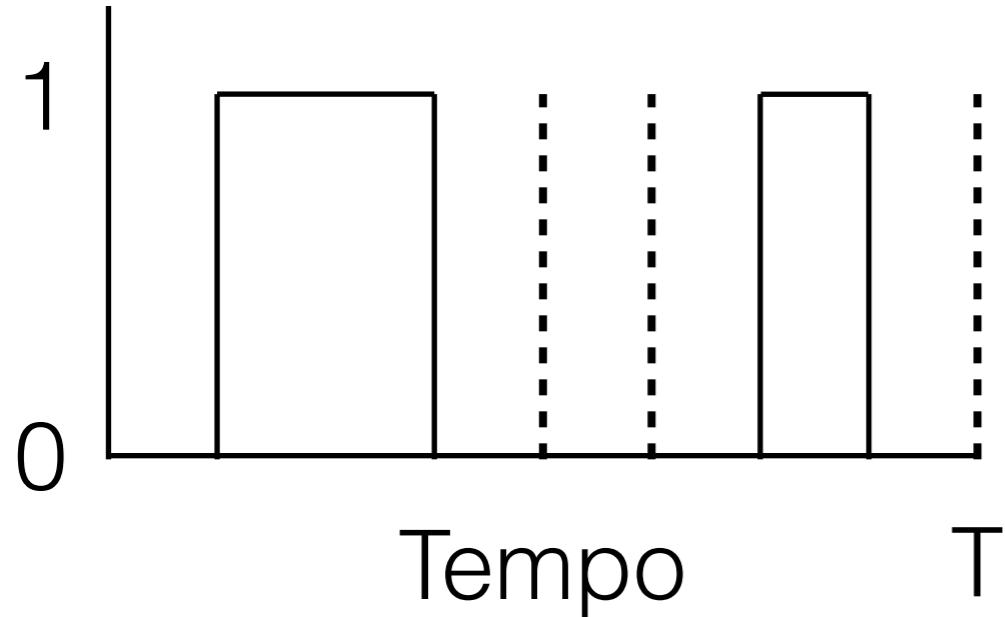
- Exemplo, caractere ASCII b



Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

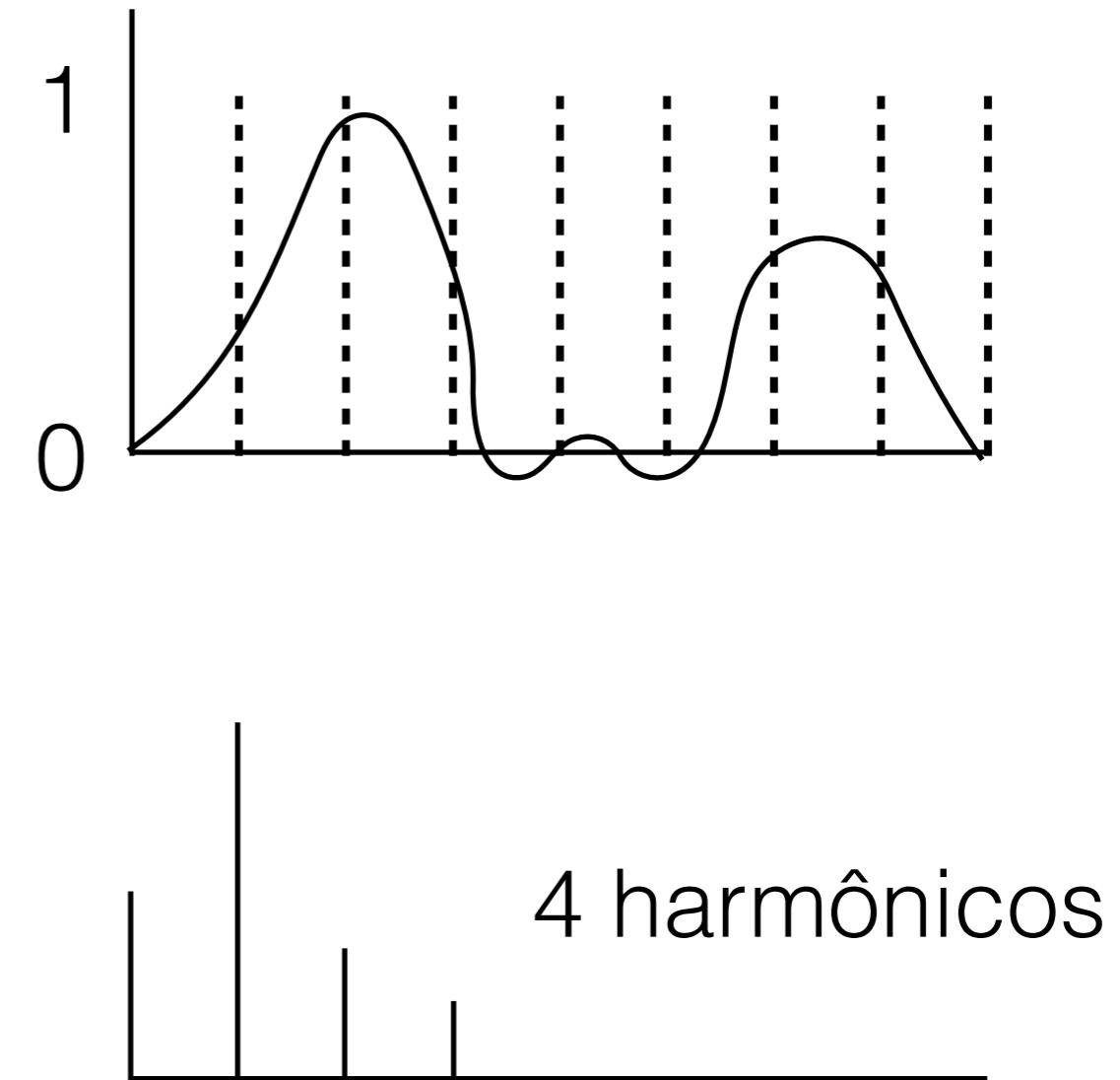
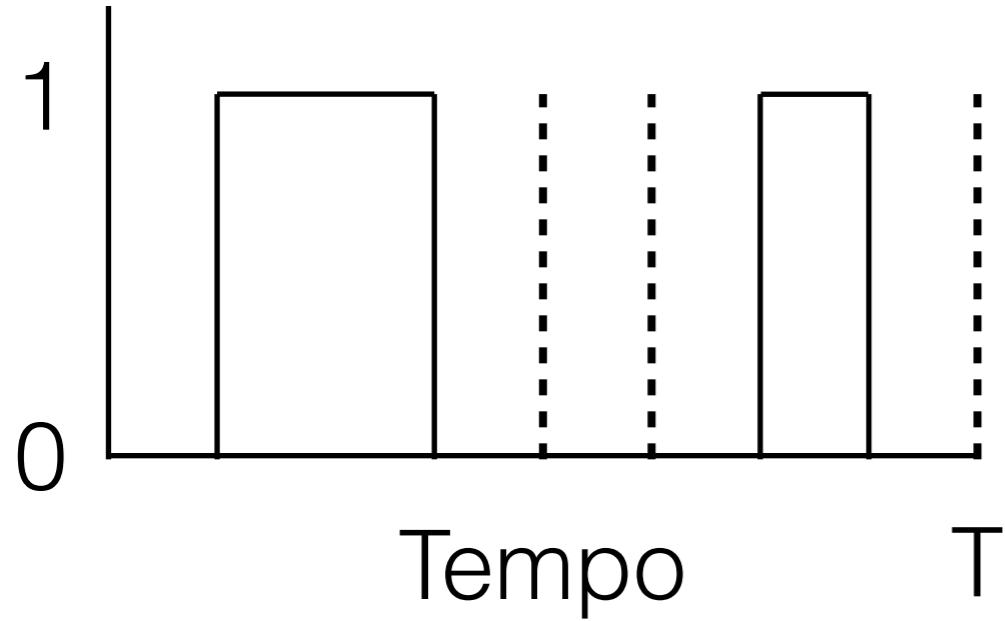
- Exemplo, caractere ASCII b



Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

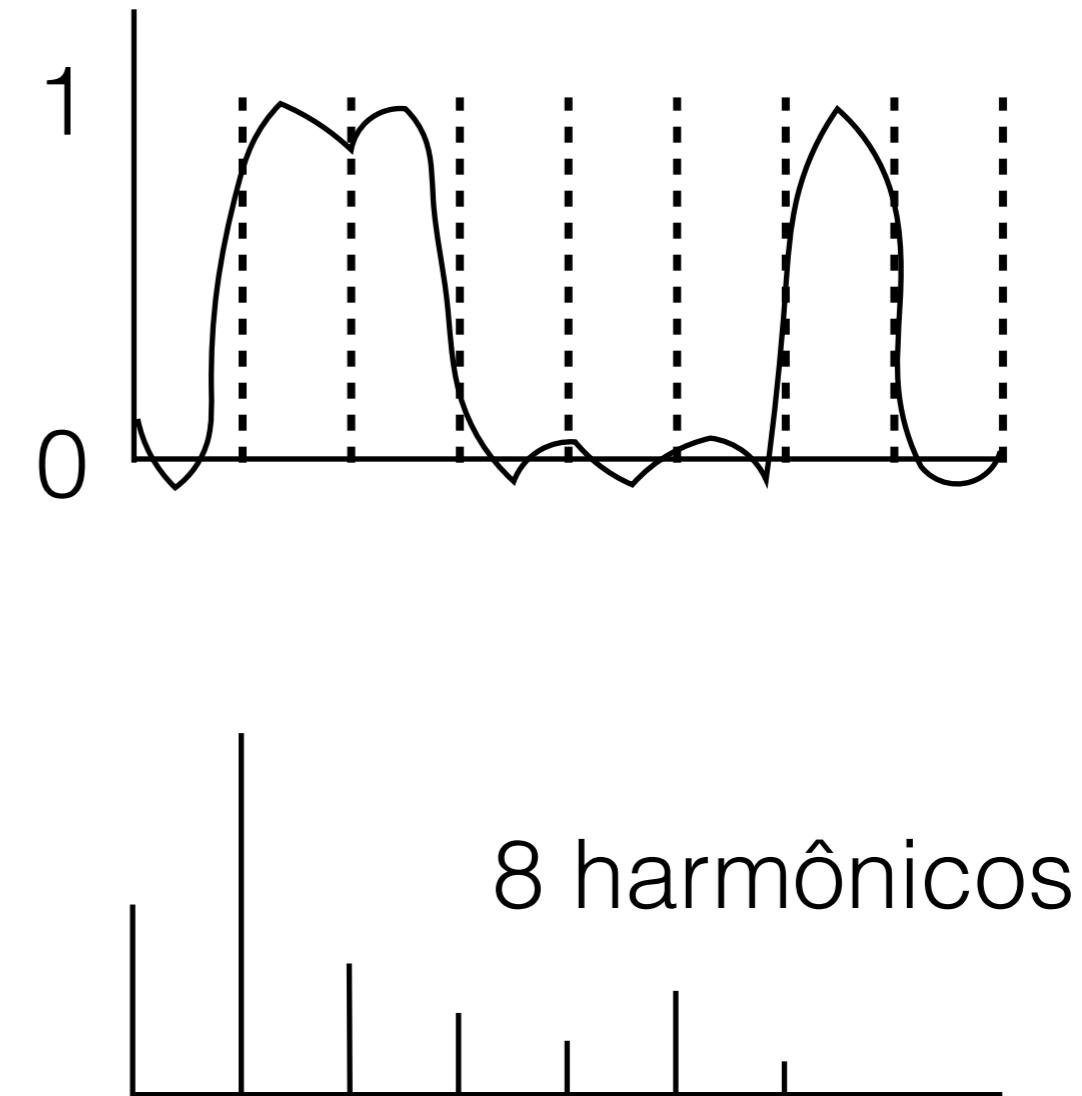
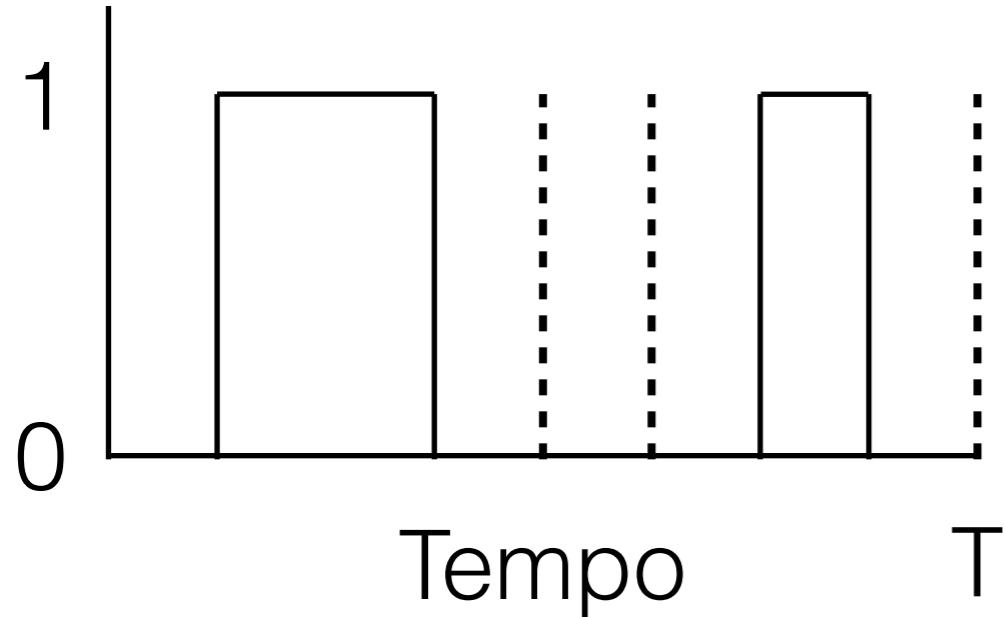
- Exemplo, caractere ASCII b



Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

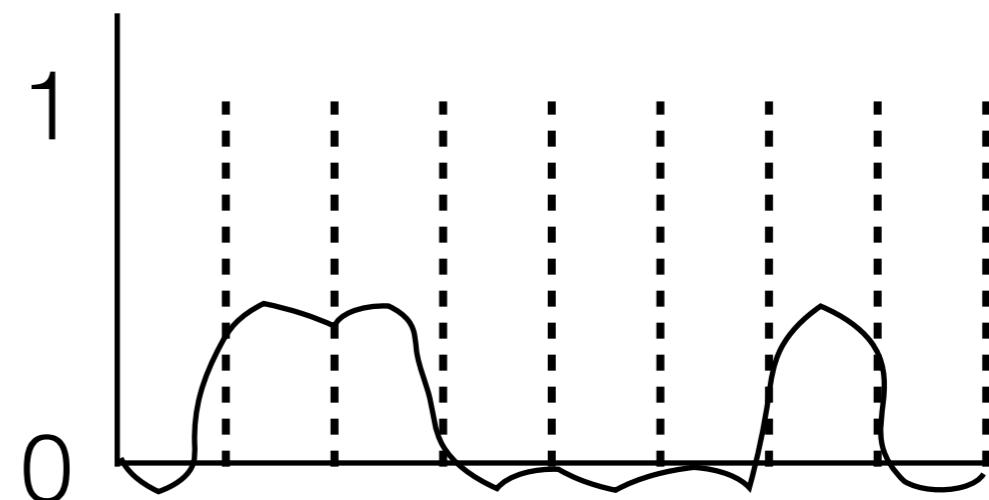
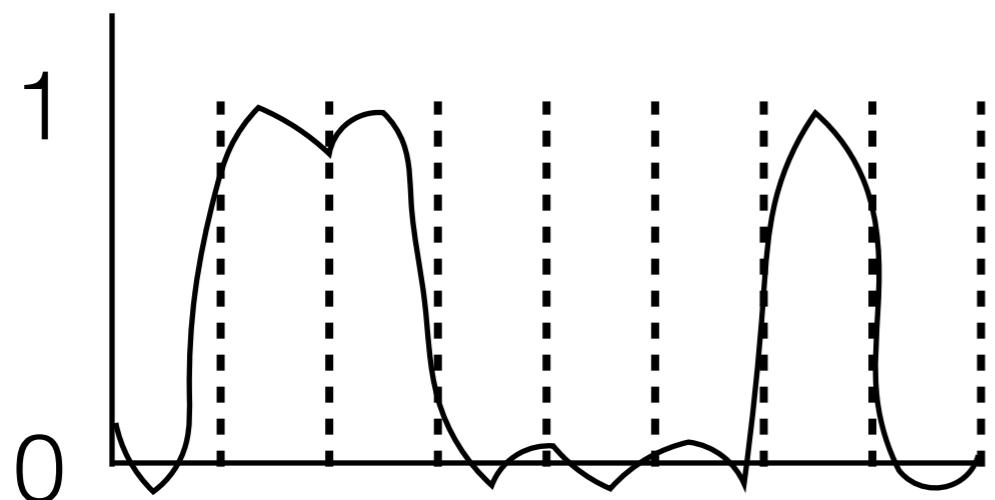
- Exemplo, caractere ASCII b



Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

Se as perdas de energia fossem **iguais** em **todas** as componentes de frequência o resultado seria o **mesmo sinal** porém com uma **menor amplitude**.



Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

- Em geral, para um fio, as amplitudes são transmitidas sem redução, de 0 até alguma frequência f_c
- A faixa de frequências transmitidas sem serem fortemente atenuadas denomina-se **largura de banda**
- **A largura de banda** é uma propriedade física do meio de transmissão, que depende, por exemplo, da construção da espessura e do comprimento do meio (fio ou fibra)

Base teórica

Sinais limitados pela largura de banda

- Filtros geralmente limitam ainda mais o volume de largura da banda. Por exemplo:
 - 802.11 - 20 MHz
 - canais de TV analógicos - 6 MHz
- Os filtros permitem que mais sinais compartilhem determinada região do espectro, melhorando a eficiência geral do sistema.

Base teórica

Taxa máxima de dados de um canal

- Em 1924, **Henry Nyquist**, percebeu que até um **canal perfeito** tem uma taxa de **capacidade finita**.

$$taxa = 2Blog_2V \text{ bits/s}$$

largura de banda B Hz

níveis discretos



Base teórica

Taxa máxima de dados de um canal

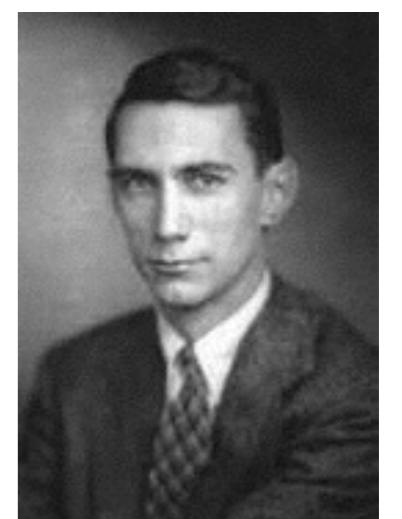
- Em 1924, **Henry Nyquist**, percebeu que até um **canal perfeito** tem uma taxa de **capacidade finita**.

$$taxa = 2Blog_2V \text{ bits/s}$$



- Em 1948, **Claude Shannon**, estendeu o trabalho de Nyquist para um canal sujeito a ruído.

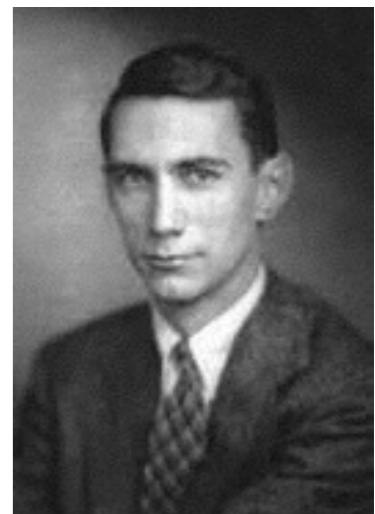
$$num_{max} = Blog_2(1 + S/N)$$



Base teórica

Taxa máxima de dados de um canal

- Em 1948, **Claude Shannon**, estendeu o trabalho de Nyquist para um canal sujeito a ruído.



$$num_{max} = B \log_2(1 + S/N)$$

largura de banda B Hz

relação sinal-ruído

Base teórica

Taxa máxima de dados de um canal

- **SNR (Signal-to-Noise Ratio)**
- O volume de ruído térmico presente é medido pela relação entre a potência do sinal e a do ruído.
- Em geral, não se faz referência a relação propriamente dita, mas a quantidade, medida em **dB**

Base teórica

Relembrando decibel (dB)

- **dB** é uma unidade logarítmica muito utilizada em telecomunicações, representando relações de potências, tensões ou outras relações
- Por definição, uma quantidade Q em dB é igual a 10 vezes o logaritmo decimal da relação de duas potências, ou seja

$$Q(\text{dB}) = 10 \log_{10}(\text{P1}/\text{P2})$$

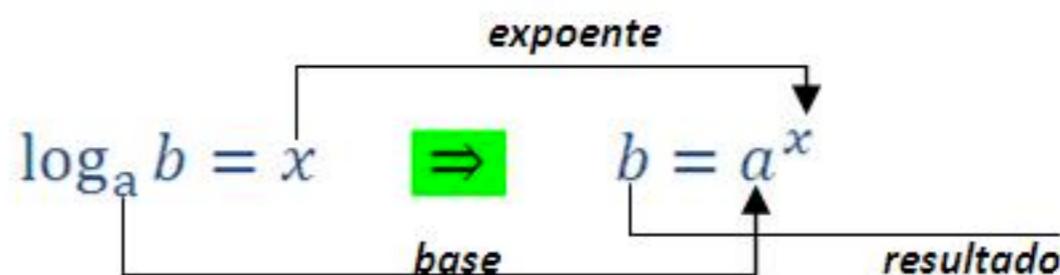
Base teórica

Relembrando decibel (dB)

$$Q(\text{dB}) = 10 \log_{10}(\text{P1}/\text{P2})$$

Na prática; logaritmo de b na base a:

*é o **expoente** pelo qual uma dada base **a** deverá ser elevada para que o seu resultado seja **b**.*



Base teórica

Relembrando decibel (dB)

Q(dB)	P1/P2
30	1000
20	100
10	10
6	4
3	2
0	1
-3	0,5
-6	-0,25
-10	-0,1
-20	-0,01

Meios de Transmissão

Meios de Transmissão

Guiados (com fio)

Par trançado

Cabo coaxial

Fibra óptica

Não guiados (sem fio)

Rádio

Microondas

Satélite

Infravermelho

Meios de Transmissão

Aspectos

- Confiabilidade
- Segurança
- Instalação/Manutenção
- Custo

Meios de Transmissão

Par trançado

- O par trançado consiste em **4 pares de fios de cobre** envoltos em material plástico, enrolados em forma de espiral para reduzir o efeito de ruídos e manter constantes suas propriedades elétricas. Suporta sinalização analógica e digital.



Meios de Transmissão

Par trançado



**UTP – Unshielded
Twisted Pair (par
trançado não-blindado)**



**STP – Shielded Twisted
Pair (par trançado
blindado)**

Meios de Transmissão

Par trançado

- baixo custo
- fácil instalação se comparado aos outros meios cabeados, porém é suscetível a diferentes tipos de ruídos.
- Permite taxas de transmissão acima de 1 Gbps em pequenas distâncias.



UTP – Unshielded Twisted Pair (par trançado não-blindado)

Meios de Transmissão

Par trançado

- possui um revestimento externo que reduz interferências, permitindo maiores distâncias e taxas de transmissão.
- é mais caro e difícil de manusear que o UTP.
- Uma das aplicações para o STP é em redes locais Token Ring e redes Ethernet 10 Gbits.



STP – Shielded Twisted Pair (par trançado blindado)

Meios de Transmissão

Par trancado



UTP shielding:

- no overall shielding
- unshielded wire pairs



F/UTP shielding:

- overall foil shielding
- unshielded wire pairs



F/FTP shielding:

- overall foil shielding
- screen foiled wire pairs



SF/UTP shielding:

- braided and foil shielding
- unshielded wire pairs



S/FTP shielding:

- braided shielding
- screen foiled wire pairs

Meios de Transmissão

Par trançado

Categoria	Largura de Banda	Taxa de Transmissão	Utilização
1	0.4 MHz	1 Mbps	Voz
2	4 MHz	4 Mbps	Token ring
3	16 MHz	16 Mbps	10BaseT Ethernet
4	20 MHz	20 Mbps	LANs e Token ring
5	100 MHz	100 Mbps (2 pares)	100BaseT Ethernet
	100 MHz	1000 Mbps (4 pares)	Gigabit Ethernet
5e	100 MHz	1000 Mbps (2 pares)	Gigabit Ethernet
6	250 MHz	1000 Mbps (2 pares)	Gigabit Ethernet
6a	500 MHz	10.000 Mbps	10 Gigabit
7	600 MHz	10.000 Mbps	10 Gigabit

Meios de Transmissão

Par trançado

Balanced Twisted-Pair Cable Specifications					
	CAT5	CAT5e	CAT6	CAT6a	CAT7
Frequency	100 MHz	100 MHz	250 MHz	500 MHz	600 MHz
Attenuation (min. at 100 MHz)	22.0 dB	22.0 dB	19.8 dB	—	20.8 dB
Characteristic Impedance	100 ohms ± 15%	100 ohms ± 15%	100 ohms ± 15%	—	100 ohms ± 15%
NEXT (min. at 100 MHz)	32.3 dB	35.3 dB	44.3 dB	27.9 dB	62.1 dB
PS-NEXT (min. at 100 MHz)	—	32.3 dB	42.3 dB	—	59.1 dB
EL-FEXT (min. at 100 MHz)	—	23.8 dB	27.8 dB	9.3 dB	(not yet specified)
PS-ELFEXT (min. at 100 MHz)	—	20.8 dB	24.8 dB	—	(not yet specified)
PS-ANEXT (min. at 500 MHz)	—	—	—	49.5 dB	—
PS-AELFEXT (min. at 500 MHz)	16.0 dB	20.1 dB	20.1 dB	23.0 dB	14.1 dB
Return Loss (min. at 100 MHz)	16.0 dB	20.1 dB	20.1 dB	8.0 dB	14.1 dB
Delay Skew (max. per 100 m)	—	45 ns	45 ns	—	20 ns
Networks Supported	100BASE-TX	1000BASE-T	1000BASE-T	10GBASE-T	(not yet specified)

Meios de Transmissão

Par trançado

Balanced Twisted-Pair Cable Specifications					
	CAT5	CAT5e	CAT6	CAT6a	CAT7
Frequency	100 MHz	100 MHz	250 MHz	500 MHz	600 MHz
Attenuation (min. at 100 MHz)	22.0 dB	22.0 dB	19.8 dB	—	20.8 dB
Characteristic Impedance	100 ohms ± 15%	100 ohms ± 15%	100 ohms ± 15%	—	100 ohms ± 15%
NEXT (min. at 100 MHz)	32.3 dB	35.3 dB	44.3 dB	27.9 dB	62.1 dB
PS-NEXT (min. at 100 MHz)	—	32.3 dB	42.3 dB	—	59.1 dB
EL-FEXT (min. at 100 MHz)	—	23.8 dB	27.8 dB	9.3 dB	(not yet specified)
PS-ELFEXT (min. at 100 MHz)	—	20.8 dB	24.8 dB	—	(not yet specified)
PS-ANEXT (min. at 500 MHz)	—	—	—	49.5 dB	—
PS-AELFEXT (min. at 500 MHz)	16.0 dB	20.1 dB	20.1 dB	23.0 dB	14.1 dB
Return Loss (min. at 100 MHz)	16.0 dB	20.1 dB	20.1 dB	8.0 dB	14.1 dB
Delay Skew (max. per 100 m)	—	45 ns	45 ns	—	20 ns
Networks Supported	100BASE-TX	1000BASE-T	1000BASE-T	10GBASE-T	(not yet specified)

Meios de Transmissão

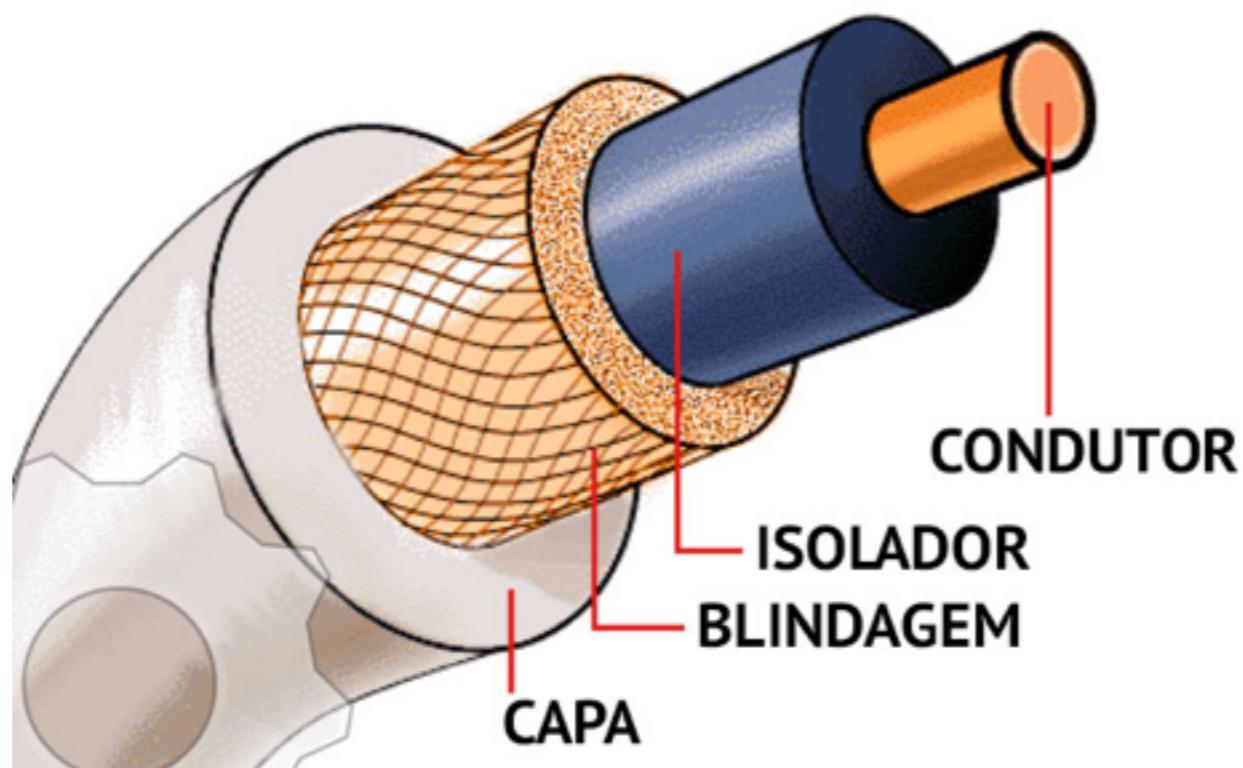
Par trançado



Meios de Transmissão

Cabo coaxial

É formado por dois condutores, um interno e um externo, e entre os condutores existe um material isolante. O condutor externo é uma malha metálica que serve de blindagem para o condutor interno, feito de cobre. O cabo é revestido por uma proteção plástica.



Meios de Transmissão

Cabo coaxial

- Menos suscetível a ruídos que o par trançado não blindado
- Taxas de transmissão limitadas até 10Mbps e distâncias maiores (~185m).
- Custo é maior
- Instalação não é tão simples quanto a do par trançado.

Meios de Transmissão

Cabo coaxial

Permite sinalização analógica e digital.

Principais aplicações: sistema de TV a cabo e sistema telefônico.

Cabos coaxiais já foram largamente utilizados em redes locais, porém, atualmente, o par trançado e a fibra óptica substituíram esse meio.

Meios de Transmissão

Cabo coaxial

Dois tipos de cabo coaxial são bastante utilizados:

Coaxial fino (Thin Ethernet - 10Base2)

Coaxial grosso (Thick Ethernet - 10Base5)



Meios de Transmissão

Cabo coaxial

Coaxial fino (Thin Ethernet - 10Base2)

- É o meio mais utilizado em redes locais, comumente com a topologia em barra
- O método de acesso ao meio usado em cabos coaxiais finos é o detecção de portadora, com detecção de colisão
- Cabo coaxial fino é mais maleável
- Possui maior imunidade a ruídos eletromagnéticos de baixa frequência, pois sofre menos reflexões.

Meios de Transmissão

Cabo coaxial

Coaxial fino (Thin Ethernet - 10Base2)

- É utilizado para transmissão analógico.
- Em redes locais, a banda é dividida em dois canais ou caminhos: caminho de transmissão (Inbound) e, caminho de recepção (Outbound).
- É muito utilizado para aplicações em redes locais com integração de serviços de dados, voz e imagens.
- Sua instalação requer prática e pessoal especializado.

Meios de Transmissão

Cabo coaxial

Coaxial fino (Thin Ethernet - 10Base2)

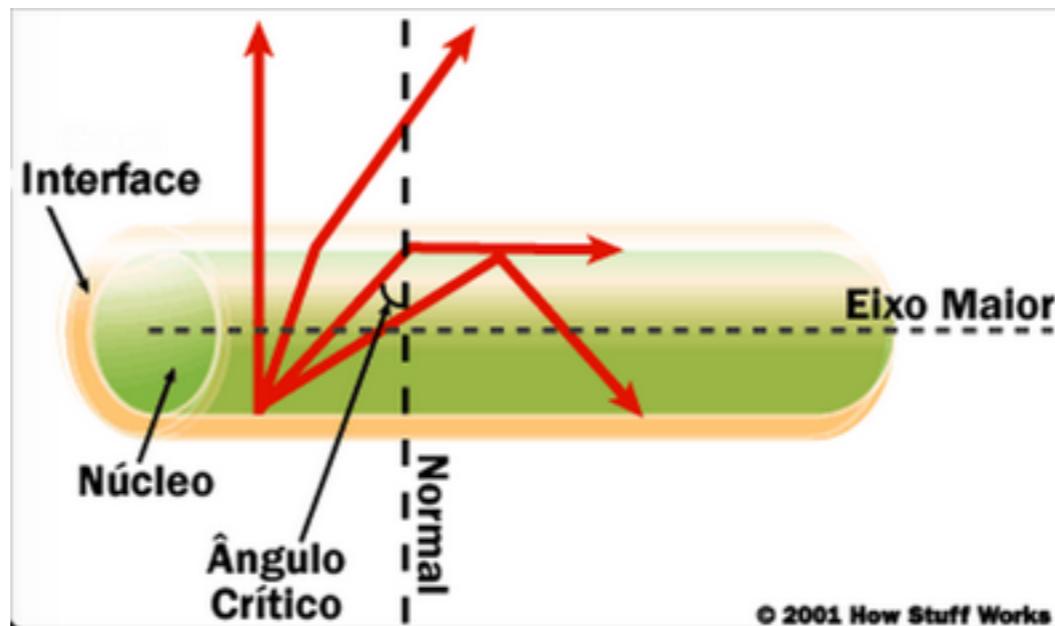
- Necessita de amplificadores analógicos periódicos, que transmitem o sinal num único sentido, assim, um computador que envia um pacote não será capaz de alcançar os computadores a montante dele se houver um amplificador entre eles. Para solucionar este problema foram criados os sistemas com cabo único e com cabo duplo.
 - No cabo duplo, toda transmissão é feita no cabo 1 e toda recepção ocorre no cabo 2.
 - No cabo único, é alocado bandas diferentes de frequência para comunicação, entrando e saindo por um único cabo.

Meios de Transmissão

Fibra Óptica

A fibra óptica utiliza a **luz** para a transmissão de dados, ao contrário do par trançado e do cabo coaxial, que utilizam **sinais elétricos**.

Para que a luz possa ser enviada pela fibra sem que haja dispersão, utiliza-se dos princípios de **refração** e **reflexão**.



Meios de Transmissão

Fibra Óptica

Núcleo feito de vidro muito fino, da espessura aproximada de fio de cabelo.

O núcleo é envolvido por um **revestimento** (casca) feito de um material que possui índice de **refração menor que o núcleo**.

Esse conjunto (núcleo + casca) é recoberto por uma camada mais espessa de um material protetor, chamado de **coating**, ou buffer.

O cabo resultante é protegido por uma malha de fibras de kevlar e por uma nova cobertura plástica chamada de jaqueta, que sela o cabo.

Meios de Transmissão

Fibra Óptica



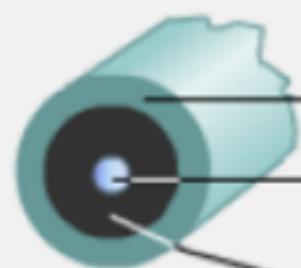
Meios de Transmissão

Fibra Óptica

Monomodo



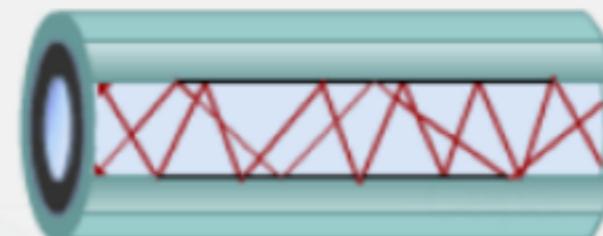
Exige um caminho muito reto



Revestimento Polimérico
Núcleo de Vidro = 8,3 to 10 microns
Revestimento Interno de Vidro com 125 microns de diâm.

- Núcleo pequeno
- Menos dispersão
- Própria para aplicações de longa distância (até ~3Km, 9.840 pés)
- Utiliza lasers como fonte de luz, freqüentemente dentro de backbones em cidades universitárias, para distâncias de vários milhares de metros

Multimodo



Vários caminhos-desordenado



Revestimento
Núcleo de Vidro de 50 ou 62,5 microns
Revestimento Interno de Vidro com 125 microns de diâm.

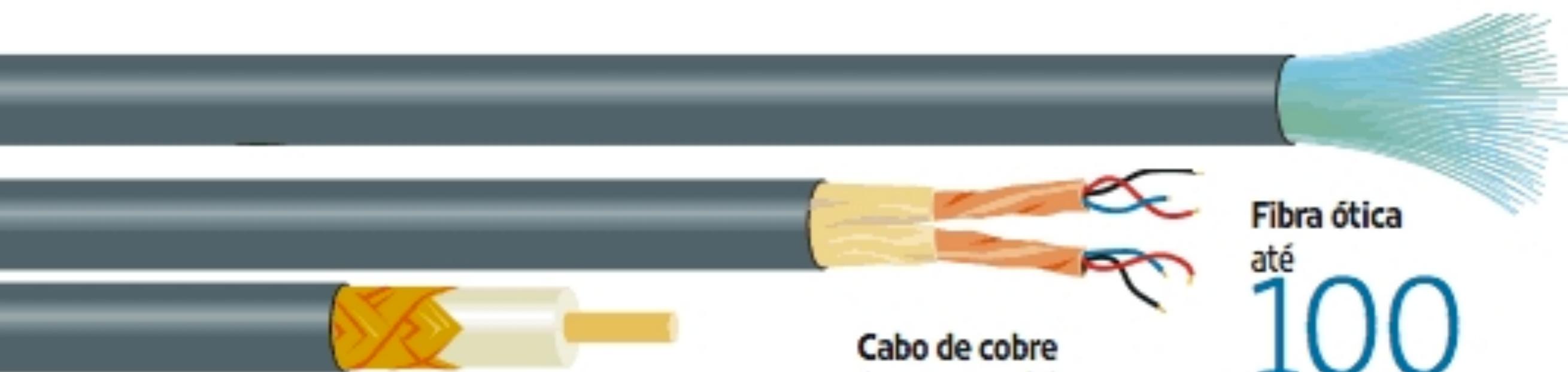
- Núcleo maior que o do cabo monomodo (50 ou 62,5 microns ou maior)
- Permite maior dispersão e portanto, perda de sinal
- Usada para aplicações de longa distância, mas não tão longa quanto a fibra monomodo (até ~2Km, 6.560 pés)
- Utiliza LEDs como fonte de luz, freqüentemente dentro de redes locais ou a distâncias de algumas centenas de metros dentro de uma rede de cidade universitária

Meios de Transmissão

Fibra Óptica

- + Grande largura de banda;
- + Grande capacidade de transmissão;
- + É imune a ruídos;
- + Sofre menor efeito da atenuação, permitindo maiores distâncias e um número menor de repetidores;
- + Maior segurança das informações;
- + É leve e fino, o que facilita a sua instalação física.
- Custo (cabo, conectores, interfaces de rede e demais componentes ópticos) e difícil reparo caso haja rompimento do cabo.

Meios de Transmissão



Cabo coaxial
20 Mbps
(TV, dados e
outros sistemas
de vídeo, como
monitoramento)

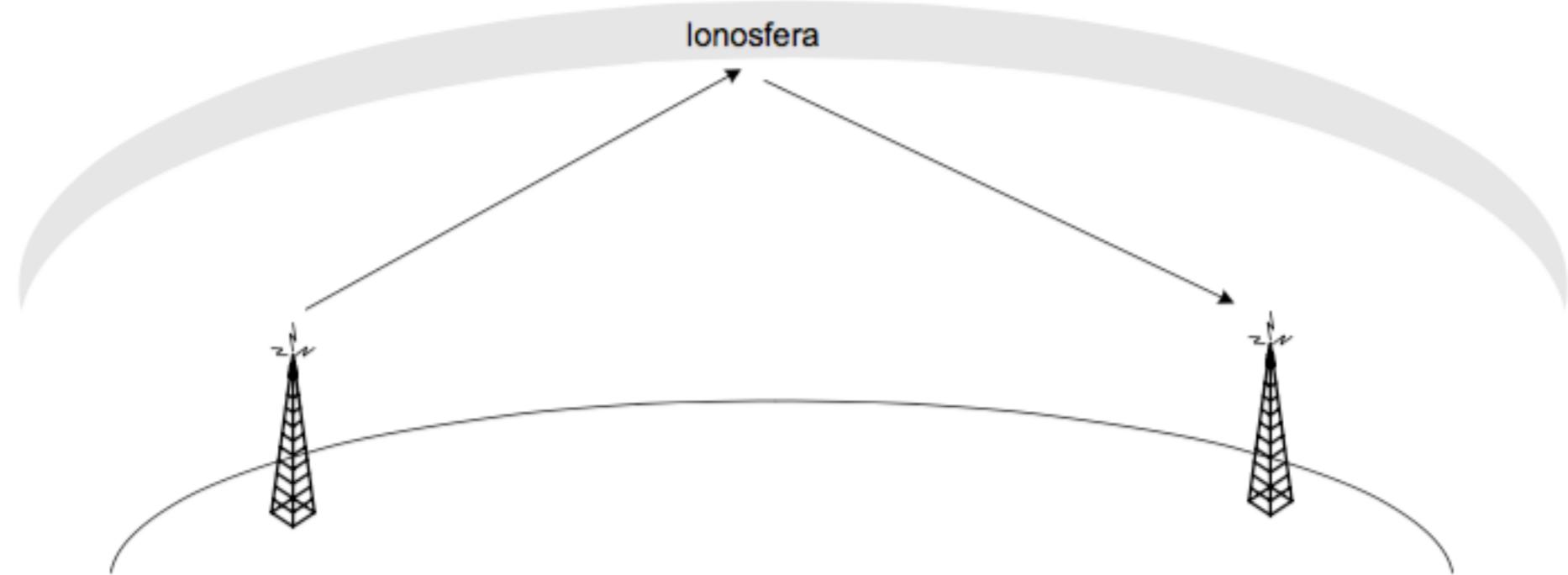
Cabo de cobre
(par trançado)
até
30 Mbps
(telefonia e
dados)

Fibra ótica
até
100
Mbits
por segundo (Mbps)
(TV, telefonia e
dados)

Meios de Transmissão

Rádio

O espectro de frequências de **rádio** inclui as faixas de rádio AM, FM, TV aberta e telefonia móvel celular. Nesse espectro as ondas passam facilmente por obstáculos, e podem alcançar longas distâncias, especialmente quando as ondas são refratadas na ionosfera.



Meios de Transmissão

Rádio

- A transmissão via rádio utiliza antenas **omnidirecionais**, ou seja, os sinais são transmitidos em todas as direções. Nesse caso, não há necessidade de que o transmissor e o receptor estejam alinhados ponto a ponto.
- Como os sinais na frequência de rádio são transmitidos por difusão, o problema com interferências deve ser evitado. Por isso, a utilização do espectro de frequência é regulamentada pelos governos de cada país.
- Existem algumas faixas de frequência, chamadas ISM (Industrial, Scientific, Medical), que podem ser utilizadas livremente, desde que a transmissão seja feita em baixa potência.
 - Ex.: redes sem fio IEEE 802.11 e telefone sem fio.

Meios de Transmissão

Microondas

A transmissão na faixa de microondas utiliza antenas direcionais, ou seja, as antenas funcionam no esquema ponto a ponto. As antenas devem ser colocadas em algum tipo de elevação (torres, por exemplo) para permitir distâncias maiores e evitar os obstáculos.



Meios de Transmissão

Microondas

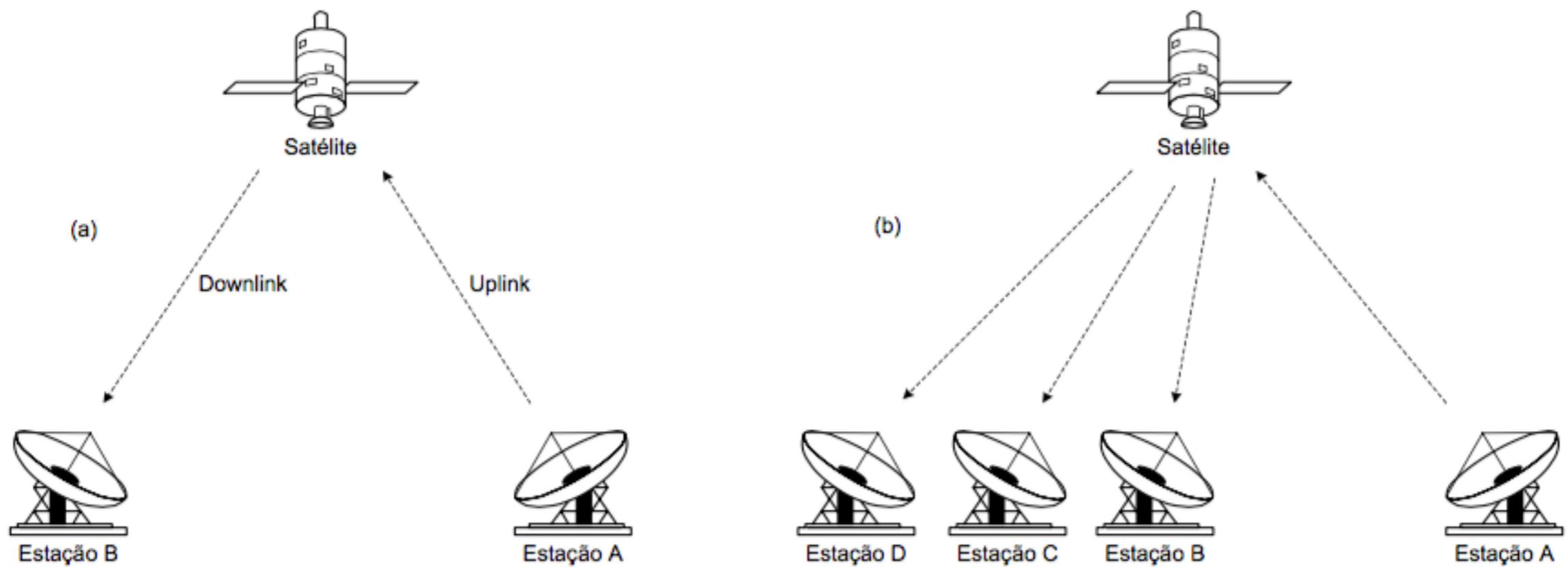
Transmissões que utilizam microondas são susceptíveis a interferências e atenuação, especialmente em caso de chuva.

São largamente utilizadas no sistema de telefonia para a transmissão de voz, por emissoras de TV e provedores de Internet.

Meios de Transmissão

Satélite

A comunicação via satélite utiliza estações terrestres e satélites que ficam em órbita da Terra e funcionam como repetidores.



Meios de Transmissão

Satélite

Vantagens: Cobertura geográfica e grande largura de banda, oferecendo altas taxas de transmissão.

Desvantagens: são susceptíveis a ruídos e atenuação, especialmente em certas frequências. Também existe um tempo de atraso de propagação do sinal, decorrente da distância que o sinal deve percorrer entre origem e destino.

Aplicações: TV, ligações telefônicas de longa distância e para conectar empresas em diferentes cidades ou países.

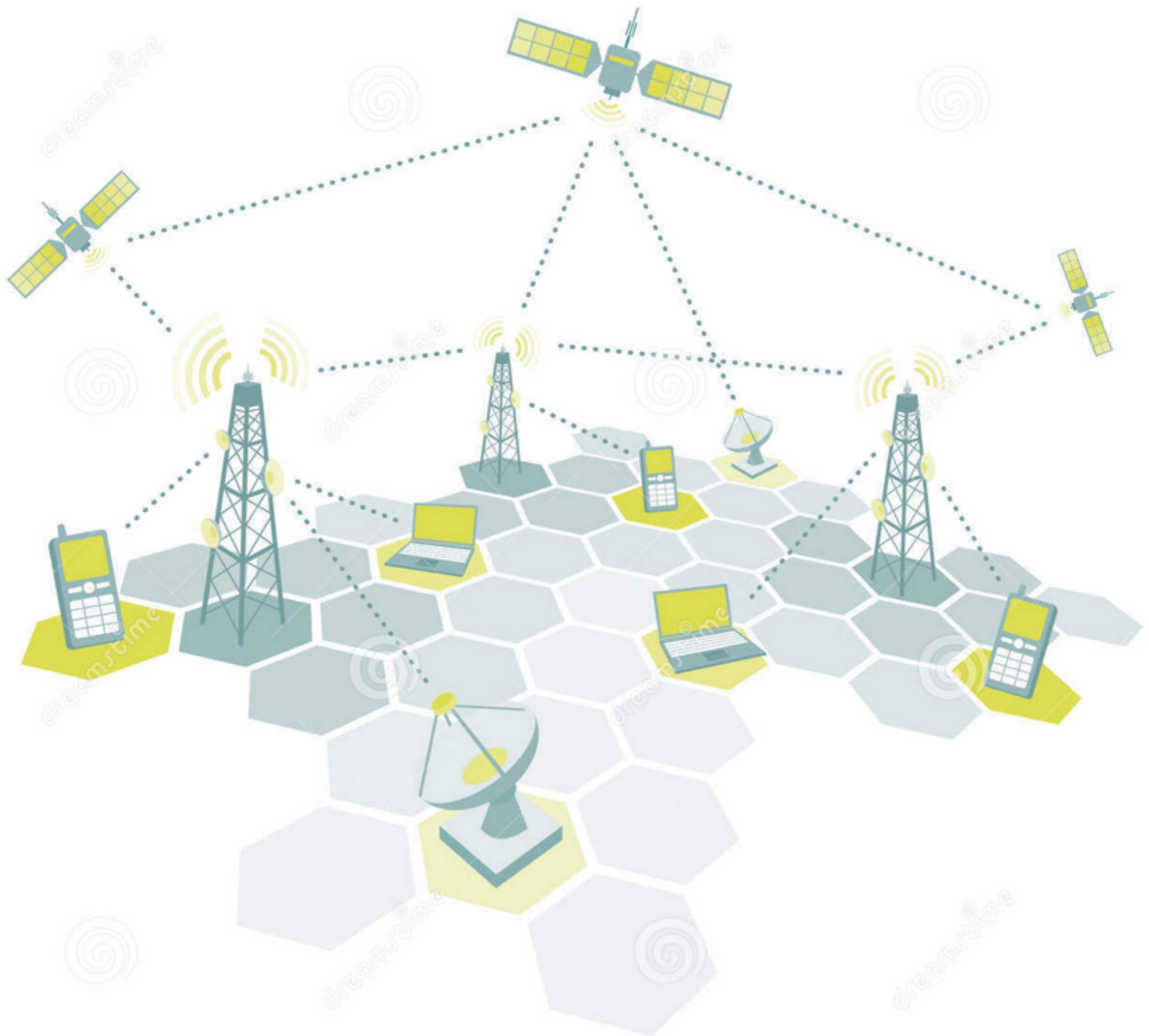
Meios de Transmissão

Infravermelho

As frequências chamadas de **infravermelho** ficam logo abaixo da luz visível. O sinal de infravermelho não ultrapassa obstáculos, e é indicado para a conexão de dispositivos próximos, geralmente dentro do mesmo ambiente.

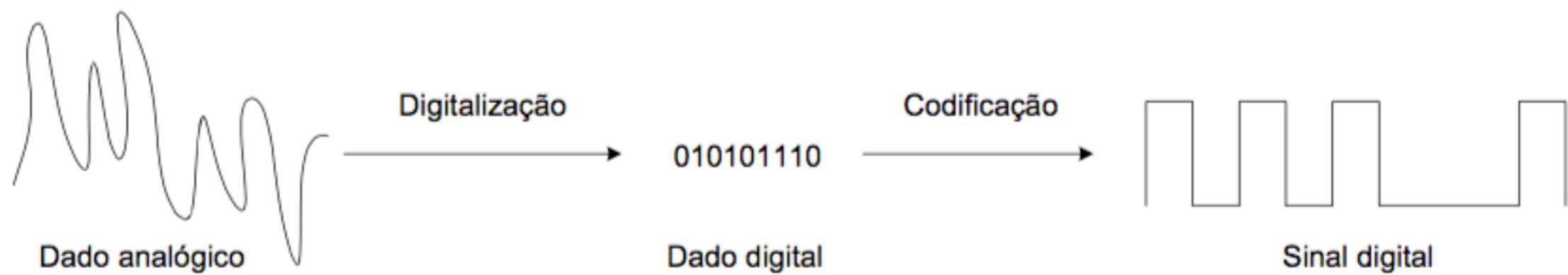
Dessa forma, é possível que dispositivos operando na mesma faixa de frequência, mas em ambientes diferentes, funcionem sem interferir uns com os outros.

Aplicações: conexão de periféricos, como teclado e mouse sem fios, redes locais sem fio padrão IEEE 802.11 com taxas de transmissão de 1 e 2 Mbps e, principalmente, em aparelhos de controle remoto.

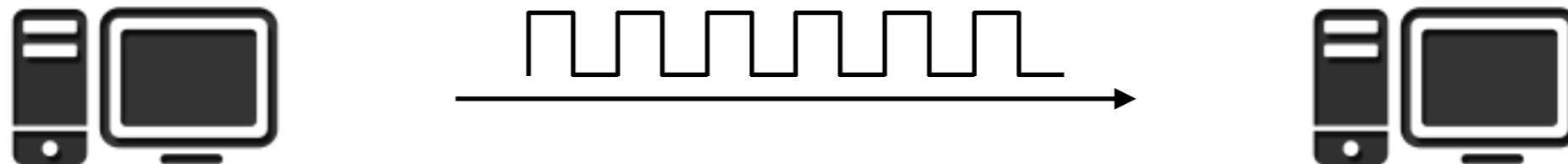


Sinalização

Sinalização



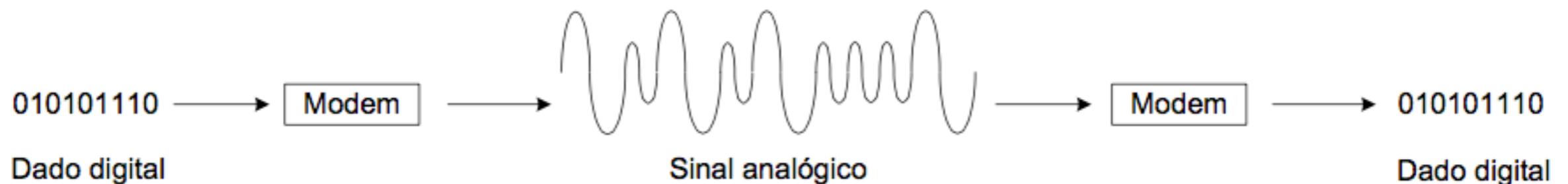
Sinalização



Sinalização

A **sinalização analógica** é a técnica que utiliza sinais analógicos para a transmissão de dados digitais ou analógicos. A sinalização analógica é largamente utilizada por dispositivos conectados à linhas telefônicas.

Nesse esquema de sinalização, os dispositivos são conectados ao meio através de um modem (modulador-demodulador), que tem a função de realizar a **modulação** do sinal na origem e a **demodulação** do sinal no destino.



Sinalização

O processo de modulação, base da sinalização analógica, utiliza o conceito de onda portadora. A **onda portadora** é um sinal contínuo que funciona como um meio de transporte para os dados a serem enviados.

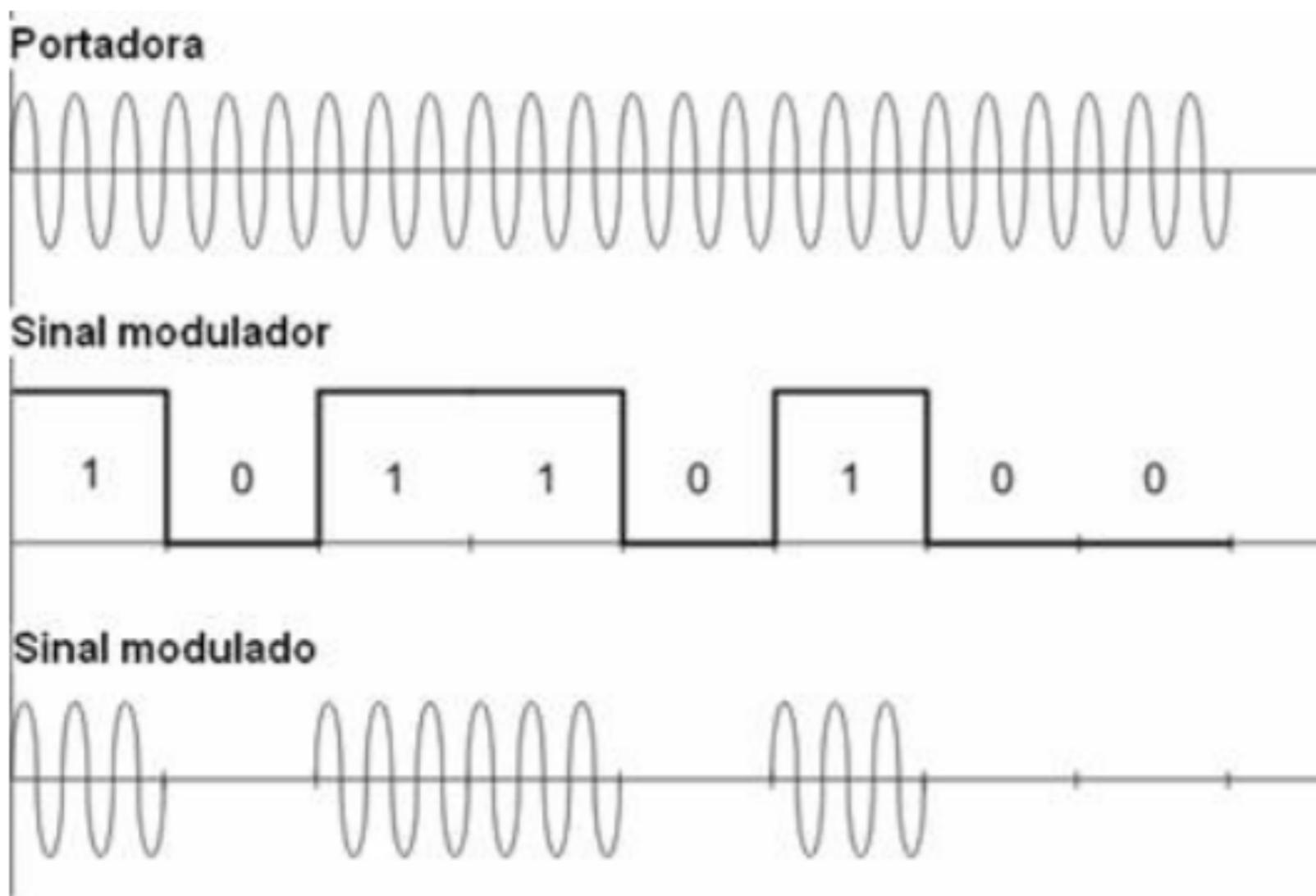
A **modulação** é o processo que envolve alterar uma ou mais características da onda portadora, como amplitude, frequência ou fase, de forma que os dados possam ser transmitidos.

O processo inverso, que permite obter os dados a partir da onda portadora, é chamado **demodulação**.

Existem, basicamente, três técnicas de modulação: chaveamento por deslocamento de **amplitude, frequência e fase**.

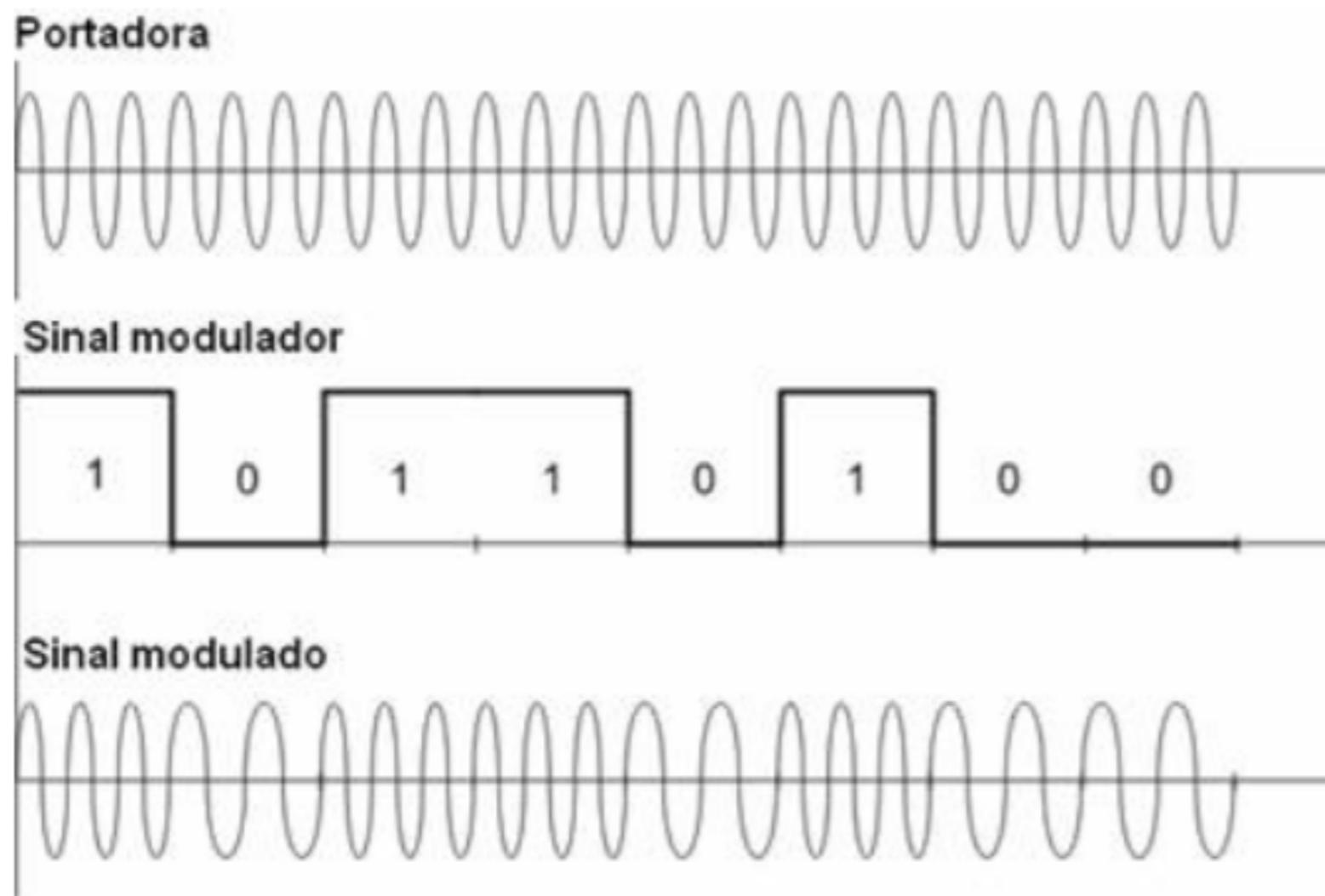
Sinalização

Na **modulação por amplitude**, ou **ASK (Amplitude Shift Keying)**, a amplitude da portadora é modulada de forma a representar os bits 0 e 1. É utilizada na maioria dos modems e em transmissões que utilizam fibra óptica.



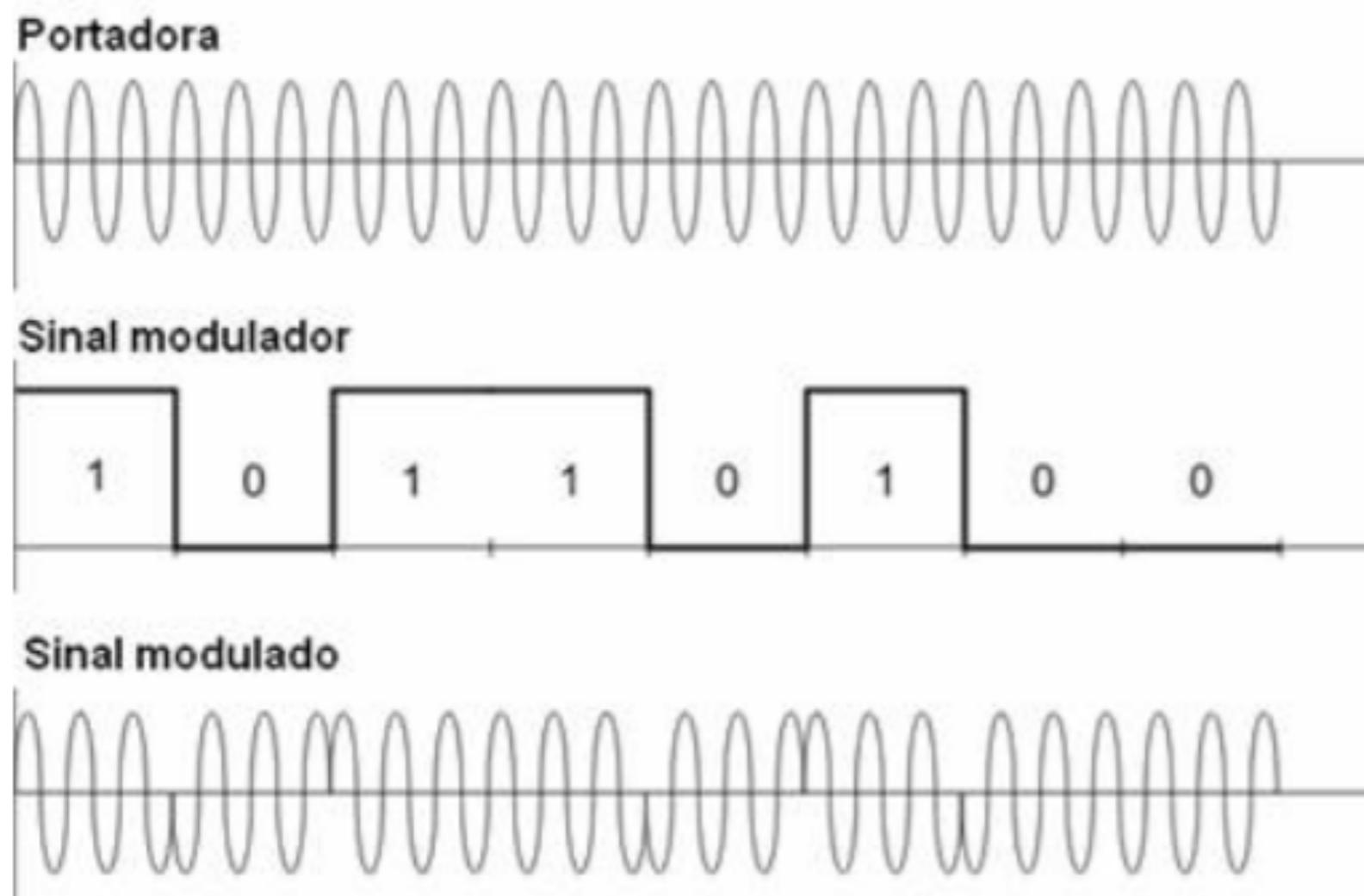
Sinalização

Na **modulação por frequência**, ou **FSK (Frequency Shift Keying)**, a frequência da onda portadora é modulada de forma a representar os bits 0 e 1. É muito utilizada em transmissões sem fio.



Sinalização

Na **modulação por fase**, ou **PSK (Phase Shift Keying)**, a fase da onda portadora é modulada de forma a representar os bits 0 e 1, ou pode-se utilizar a mudança de fase para representá-los. É utilizada na maioria dos modems, em conjunto com o esquema ASK.



Sinalização

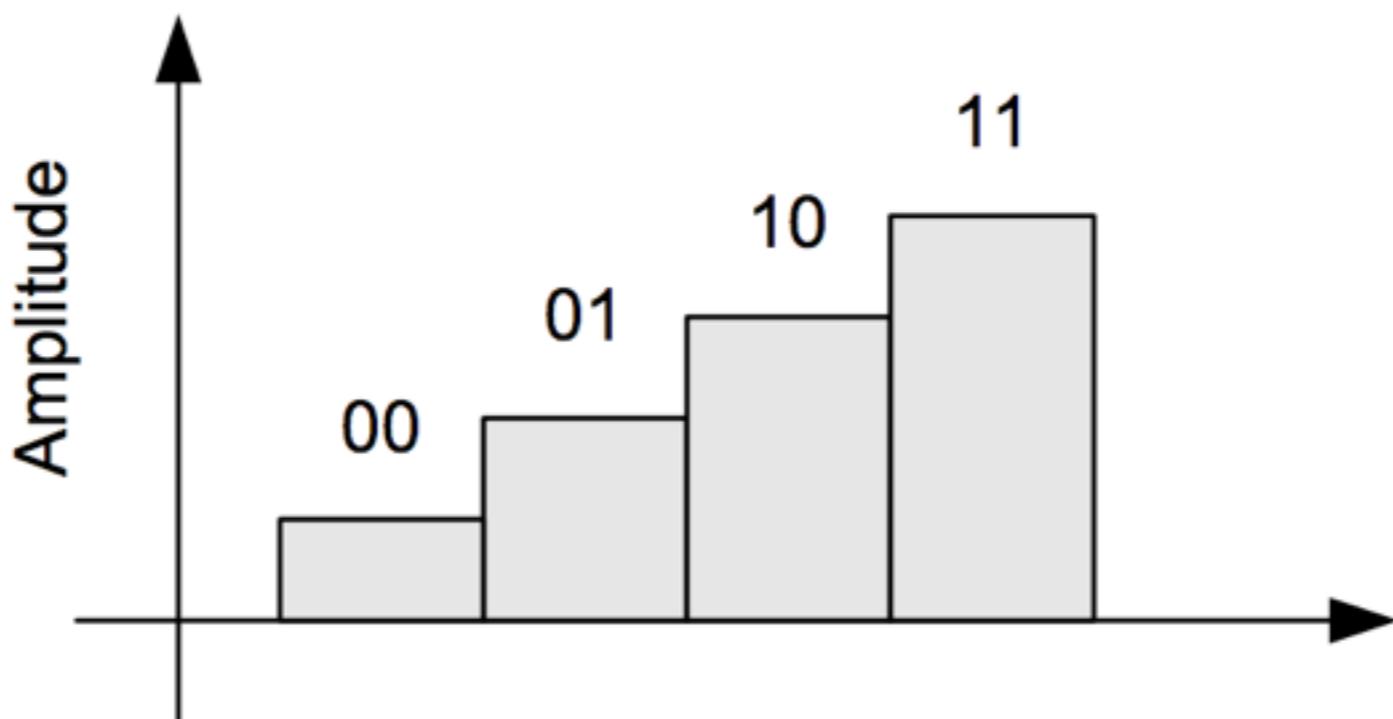
É possível aumentar a taxa de transmissão enviando um número maior de bits por sinal, utilizando a técnica de **sinalização multinível**. Essa técnica pode ser aplicada em sinais tanto digitais quanto analógicos e está presente em diversos esquemas de sinalização.

Na sinalização multinível existe uma relação entre o número de bits que se deseja transmitir e o número de sinais distintos que devem ser codificados para alcançar o nível de sinalização desejado.

Sinalização

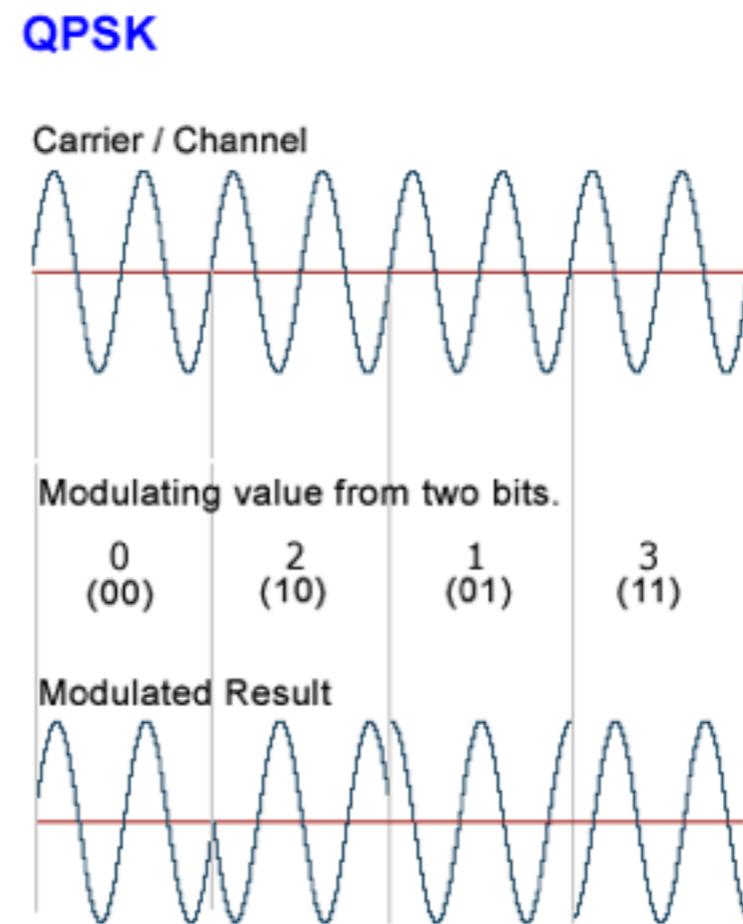
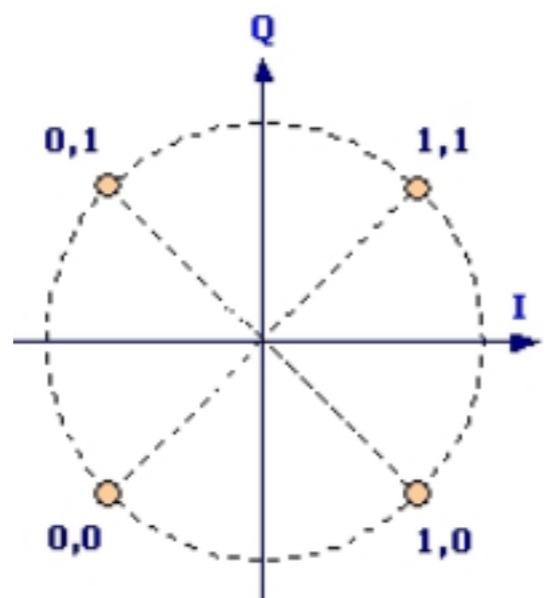
É possível enviar **n bits** implementando **2^n sinais** distintos.

O esquema de sinalização digital dabit é utilizado em redes locais Gigabit Ethernet que utilizam par trançado como meio de transmissão.



Sinalização

Um exemplo de sinalização multinível muito utilizada é a que implementa quatro variações de fase, conhecida como **QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)**.



Multiplexação

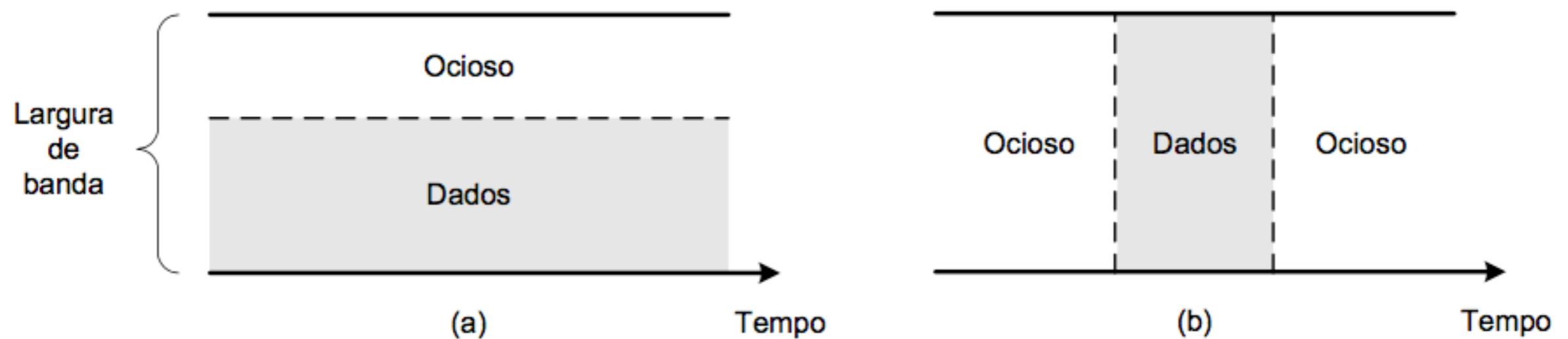
A **multiplexação** permite que diversas transmissões independentes sejam realizadas utilizando o mesmo meio de transmissão.

O principal objetivo dessa técnica é **maximizar** a utilização do meio e, assim, **reduzir** os custos de comunicação.

Multiplexação

A técnica de multiplexação é possível por dois motivos:

- A largura de banda do meio de transmissão é, geralmente, maior que a largura necessária para a transmissão dos dados e, consequentemente, deixa parte da banda passante ociosa;
- O meio pode estar sendo utilizado na sua capacidade máxima, porém não o tempo todo, deixando novamente, o meio subutilizado.



Multiplexação

A multiplexação é implementada utilizando-se um equipamento chamado multiplexador (mux).

Na origem, o multiplexador tem a função de combinar os dados a serem transmitidos e encaminhá-los utilizando o mesmo meio de transmissão.

No destino, o multiplexador (demux) realiza o processo inverso (demultiplexação), ou seja, separar os dados de cada dispositivo individualmente.

Existem duas técnicas de multiplexação que são largamente utilizadas em redes de comunicação de dados: **multiplexação por divisão de frequência e por divisão de tempo**.

Multiplexação

Frequency Division Multiplexing

Na **multiplexação por divisão de frequência**, ou **FDM (Frequency Division Multiplexing)**, a largura de banda do meio é dividida em canais ou faixas de comunicação e cada um pode ser utilizado para a transmissão de dados de forma independente.

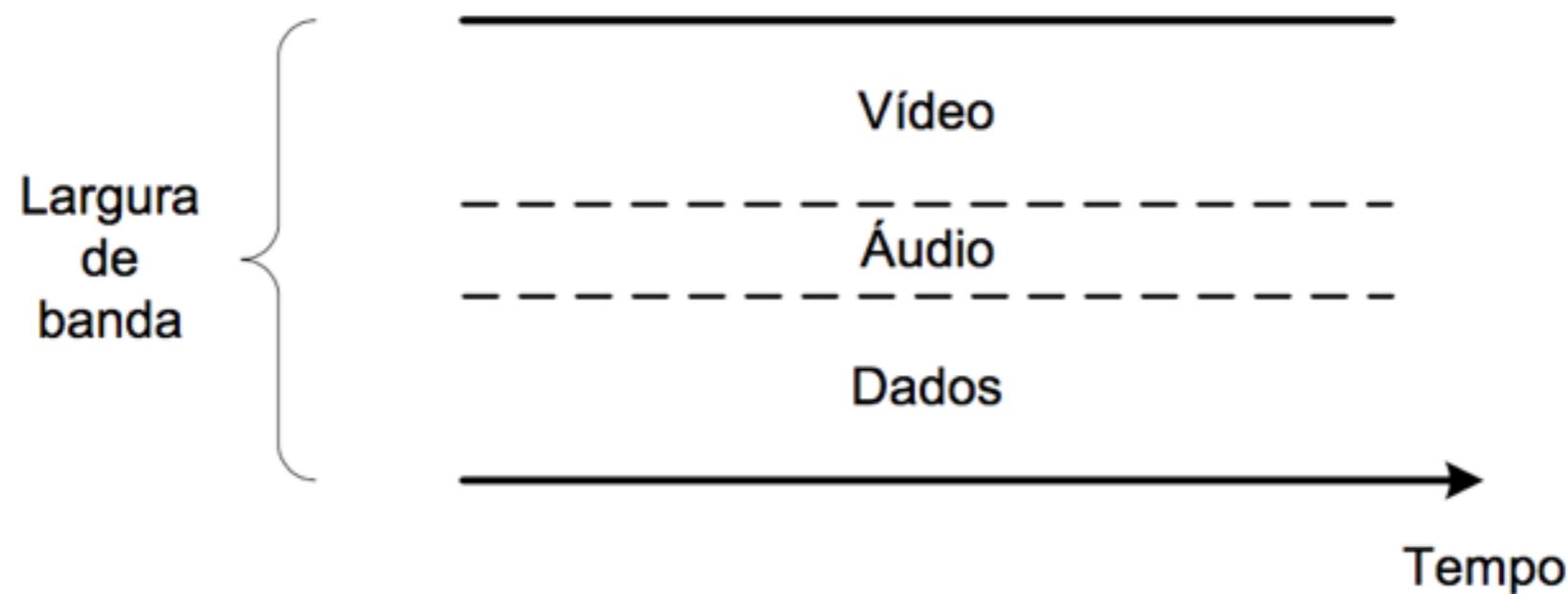
Na multiplexação FDM, os canais são criados a partir da técnica de modulação e não precisam ter a mesma banda passante, o que permite transmitir diferentes tipos de informação no mesmo meio.

Multiplexação

Frequency Division Multiplexing

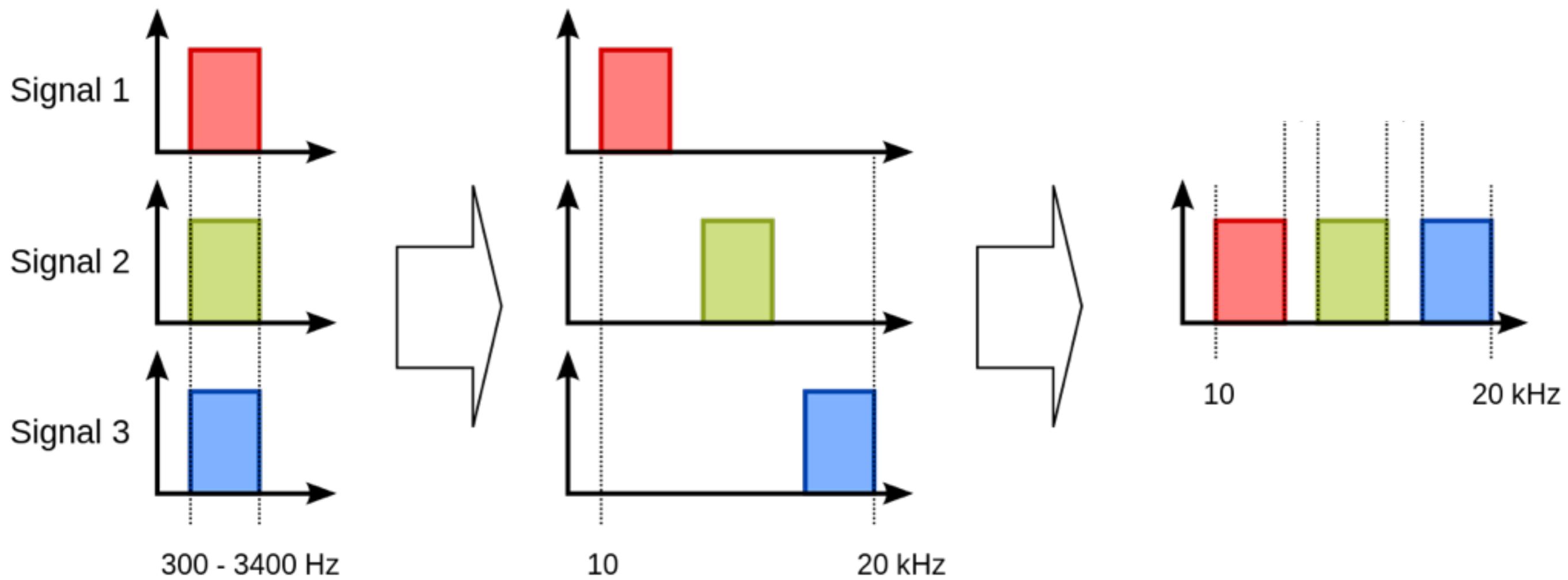
Para evitar interferência entre os canais adjacentes (ruído de intermodulação), os canais devem ser separados por uma pequena faixa de segurança. A técnica de FDM pode ser utilizada apenas em transmissões com sinalização analógica, porém permite dados analógicos e digital.

ADSL, sistema telefônico, rádios AM e FM, TV, TV a cabo, etc...



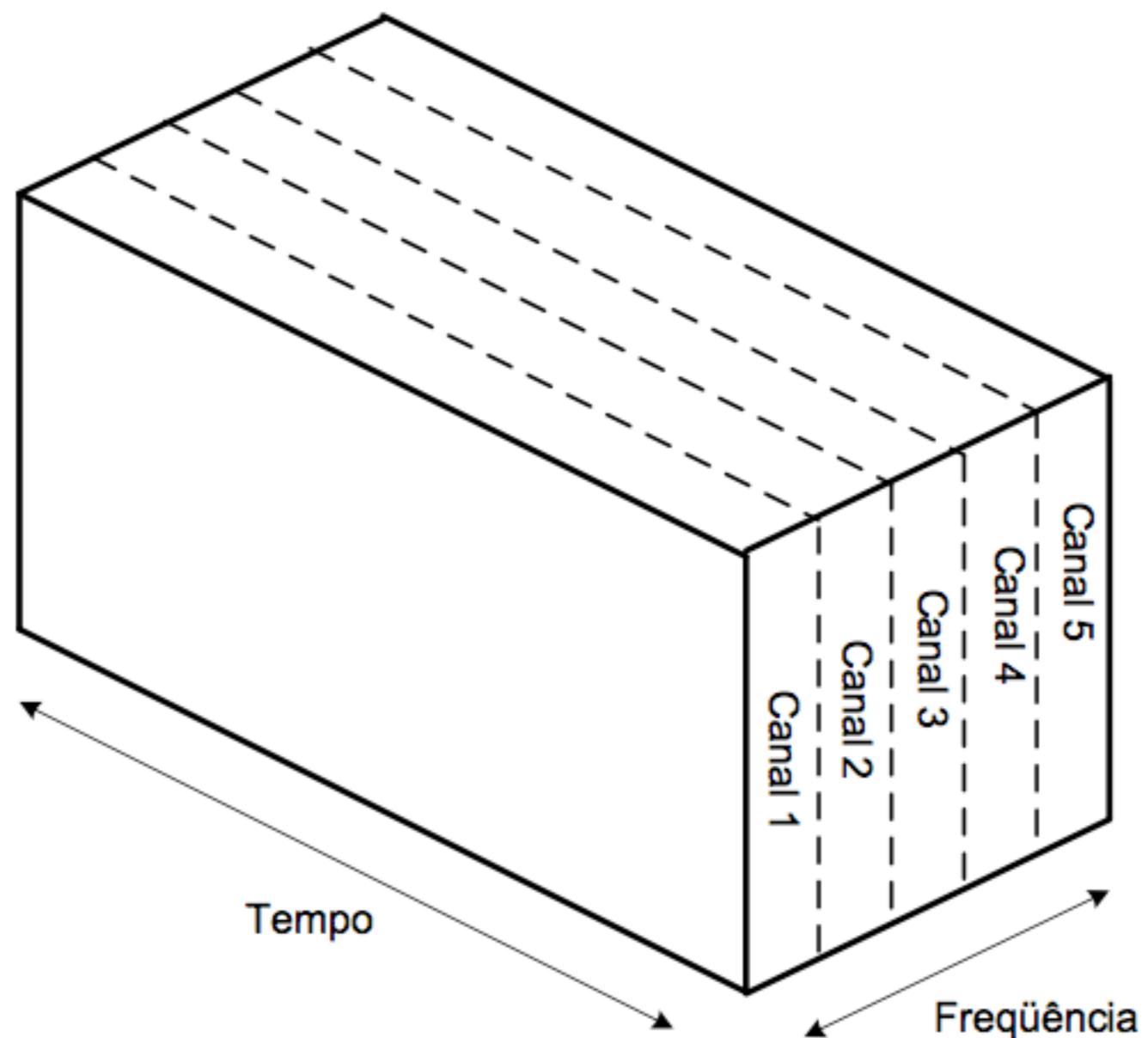
Multiplexação

Frequency Division Multiplexing



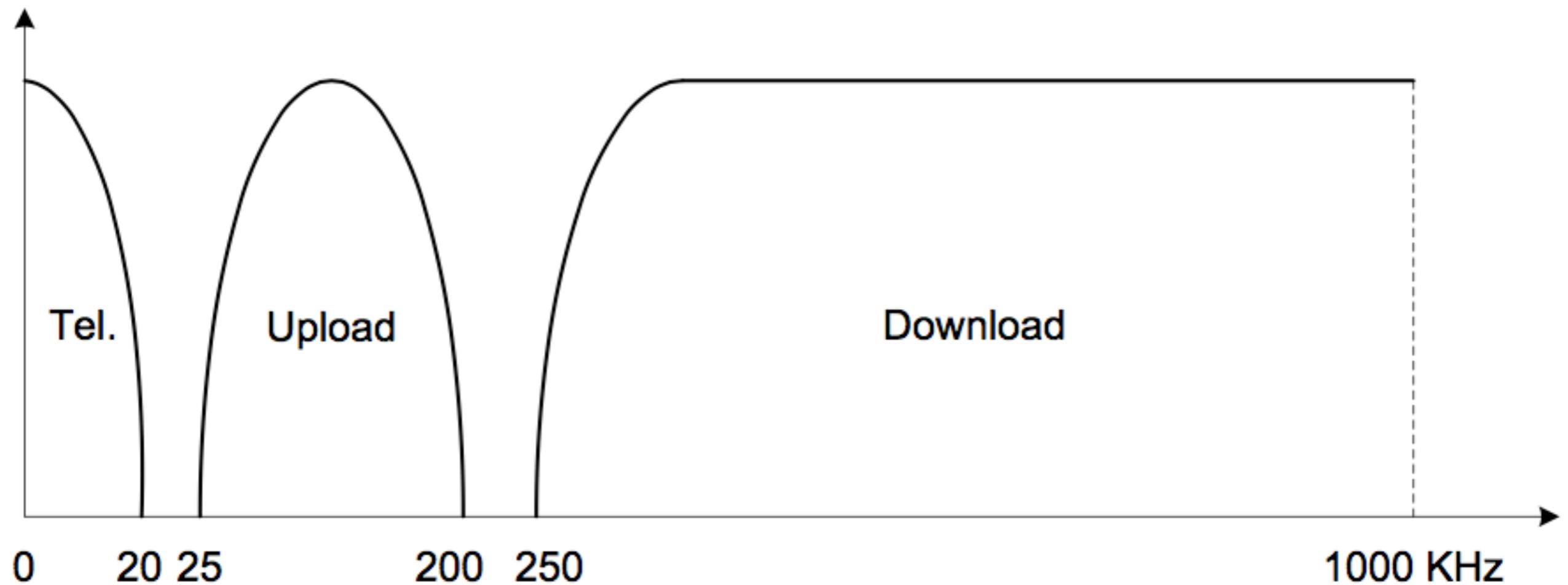
Multiplexação

Frequency Division Multiplexing



Multiplexação

Frequency Division Multiplexing



Multiplexação

Na **multiplexação por divisão de frequência**, ou **TDM** (*Time Division Multiplexing*), cada dispositivo utiliza toda a largura de banda do meio por um determinado intervalo de tempo, chamado **slot**.

O canal de comunicação desse dispositivo será formado, então, por um ou mais slots, não consecutivos.

Aplicações: rede de telefonia digital e em conexões ISDN. O TDM exige que os dados transmitidos sejam digitais, mas permite sinalização analógica e digital. É possível implementar as técnicas de FDM e TDM no mesmo meio de trans-