

Camada Física

- ❑ O objetivo da camada física é transmitir um fluxo bruto de bits de uma máquina para outra.
- ❑ A fim de realizar tal transmissão é necessário o meio físico. Os meios físicos podem ser:
 - Guiados – Utilizam fios ou cabos
 - Não Guiados – Sem Fio para conduzir a propagação
- ❑ O problema na camada física consiste em transformar (codificar) os dados digitais (cadeia de bits) em sinais que podem ser transmitidos pelo meio físico.
- ❑ Posteriormente o sinal deve ser decodificado e restaurado

Conceitos de Comunicação

□ Dados

- Representações de fatos, conceitos ou instruções próprias para a comunicação, interpretação e processamento pelo homem ou através equipamentos.
- Os dados podem ser digitais (textos) ou analógicos (voz)

□ Sinal

- Consiste de uma representação elétrica, eletromagnética ou ótica dos dados.
- Esta representação pode ser expressa por uma forma de onda
- O sinal pode ser analógico ou digital

□ Transmissão

- Comunicação de dados pela propagação e processamento dos sinais
- A transmissão pode ser analógica ou digital

Conceitos de Comunicação

□ AMPLITUDE (A)

- Equivale a altura de pico onda em um dado momento, e é medida em Volts ou Watts.
- A amplitude representa a energia do sinal

□ PERÍODO (T)

- Intervalo de tempo no qual o sinal apresenta um comportamento padrão ou esperado
- No caso do sinal APERIÓDICO, não existe um padrão de repetição ao longo do tempo e sendo assim o comportamento do sinal é completamente variável no tempo

□ FREQUÊNCIA (f)

- Número de repetições por segundo do sinal, ou seja, representa o número de vezes que o período ocorre dentro de um segundo
- Unidade de Medida: Hertz

$$f(\text{Hz}) = 1 / T (\text{s})$$

□ FASE (Ø)

- Ângulo que representa a posição da onda relativa ao tempo e representa uma variação em seu ângulo. A fase pode ser calculada com $t = 0$
- A fase promove um deslocamento da onda

$$\lambda(\text{m}) * f(\text{Hz}) = c$$

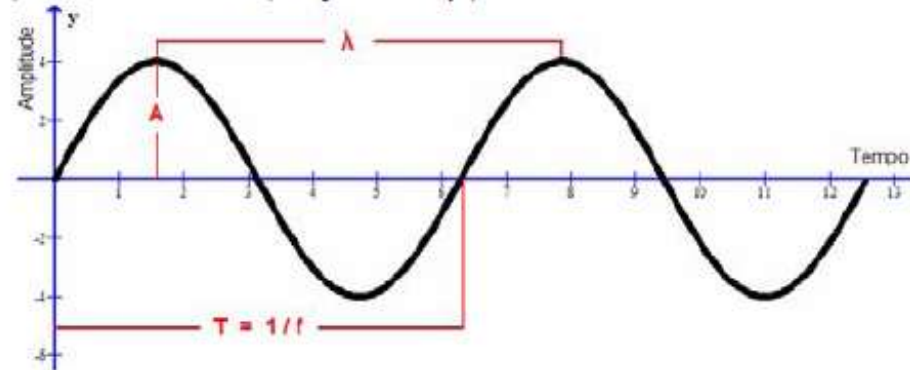
□ COMPRIMENTO DE ONDA (λ)

- O comprimento de onda equivale a distância entre dois pontos de mesma fase em períodos diferentes
- O comprimento de onda pode ser calculado em função frequência da onda (Hz) e da velocidade da luz no vácuo ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

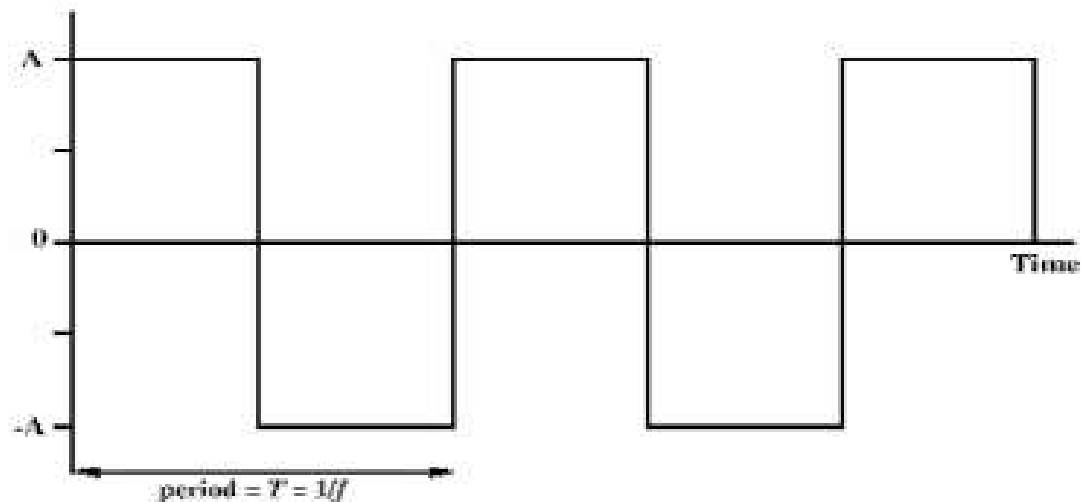
Sinais - Conceitos

□ Função seno

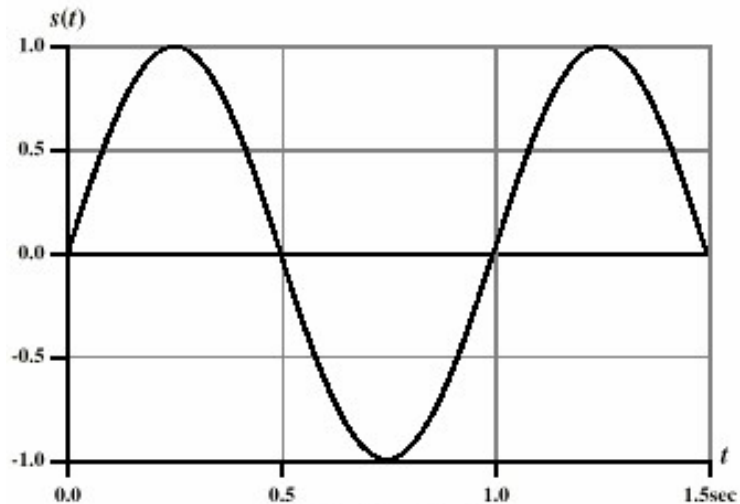
$$f(t) = A \text{ sen}(2\pi ft + \phi)$$



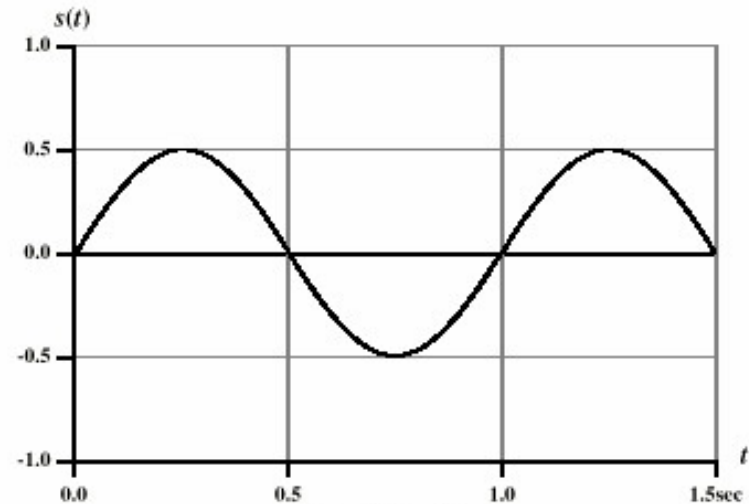
□ Onda quadrada



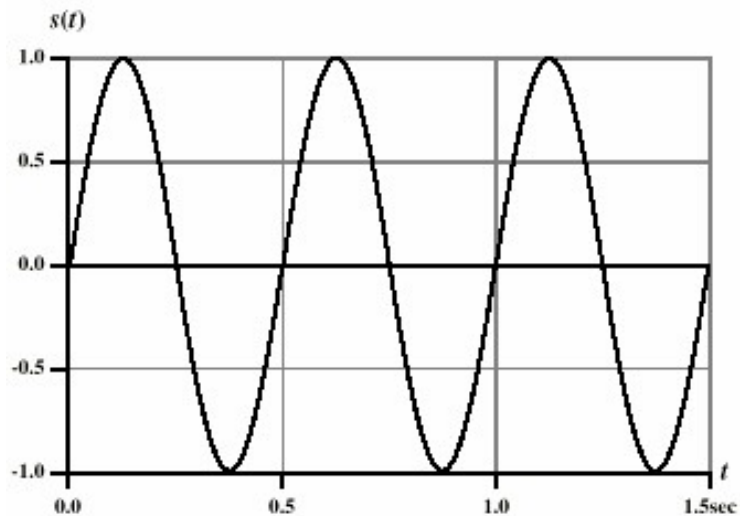
Sinais - Exemplos



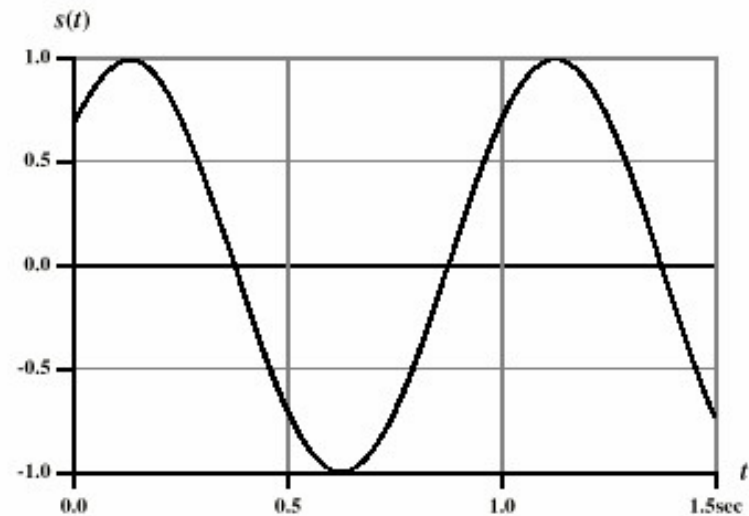
(a) $A = 1, f = 1, \phi = 0$



(b) $A = 0.5, f = 1, \phi = 0$



(c) $A = 1, f = 2, \phi = 0$



(d) $A = 1, f = 1, \phi = \pi/4$

Séries de Fourier

- Seja $f(t)$ uma função periódica de período T e sua frequência é $f_0 = 1/T$.
- Esta frequência é conhecida como frequência fundamental
- Esta função pode ser escrita como uma soma infinita de senos e cossenos.
- Quanto mais parcelas estiverem presente nesta soma, mais o valor da soma se aproximará da função $f(t)$
- Esta soma é chamada série de Fourier
- A série de Fourier para a função $f(t)$ é representada da seguinte forma:

$$f(t) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2\pi f_0 n t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(2\pi f_0 n t)$$

- Sendo que:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(2\pi f_0 n t) dt \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(2\pi f_0 n t) dt$$

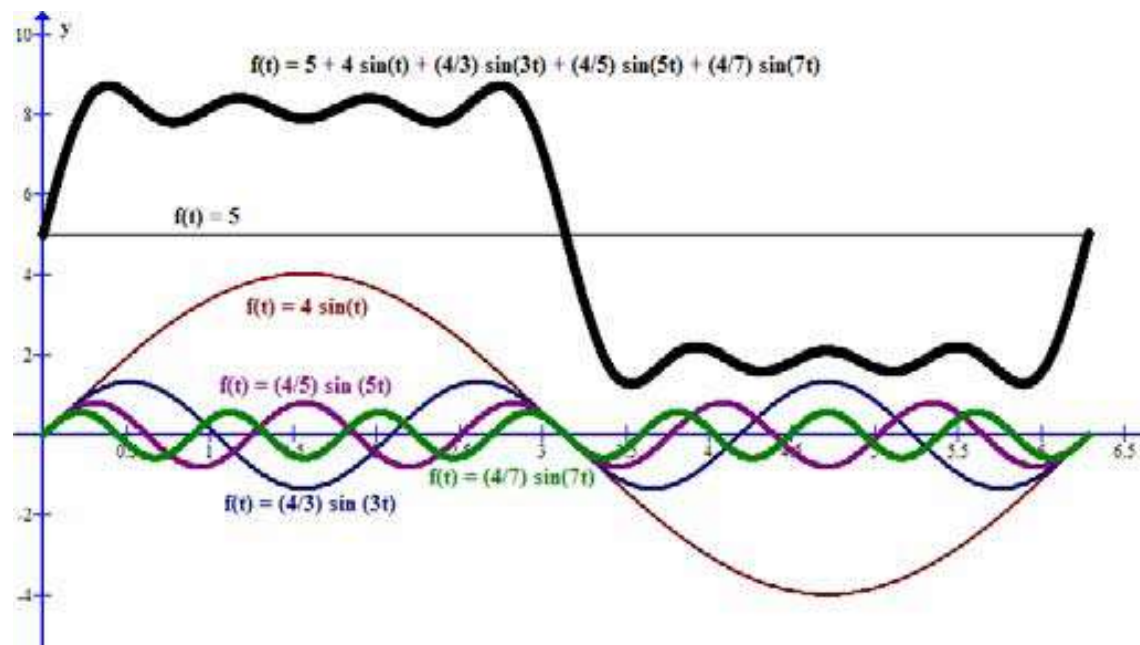
Séries de Fourier

- As frequências que são múltiplas da frequência fundamental (f_0), presentes nas outras parcelas da soma são conhecidas como harmônicas da fundamental.
- O valor a_0 é conhecido como componente de corrente contínua da função $f(t)$
- Casos particulares
 - Se $f(t)$ é uma função par, isto é, $f(-t) = f(t)$, os coeficientes b_k são nulos e a série é uma soma de cossenos.
 - Se $f(t)$ é uma função ímpar, isto é, $f(t) = -f(-t)$, os coeficientes a_k são nulos e a série é uma soma de senos.
 - Se $f(t + T/2) = -f(t)$, só existem coeficientes de índice ímpar. Ex.: Onda quadrada

Exemplo - Onda quadrada

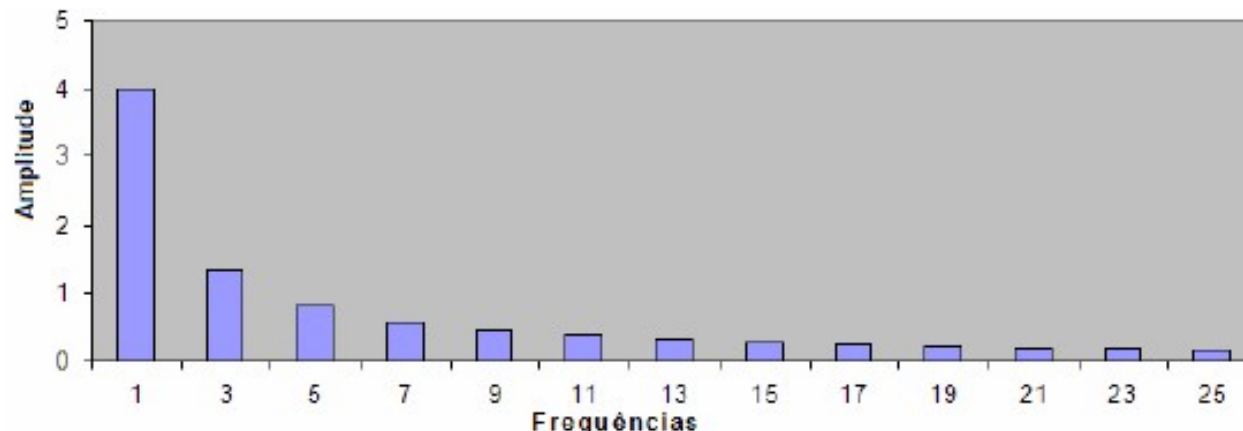
- A onda quadrada pode ser representada pela soma ao abaixo
 - $f(t) = 5 + 4 \sin(t) + (4/3) \sin(3t) + (4/5) \sin(5t) + (4/7) \sin(7t) + \dots$
- Quanto mais parcelas estiverem presentes mais a forma de onda resultante se aproxima da onda quadrada

$$f(t) = \frac{4A}{\pi} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n} \sin(2\pi f n t)$$



Exemplo - Onda quadrada

- Uma outra forma de representar a onda é em um gráfico que mostra a **Amplitude x Frequência**
- Este gráfico é denominado **Espectro de Frequências do sinal**
- As frequências são denominadas **harmônicos ou componentes do sinal**
- Este gráfico exibe todas as frequências presente na soma de senos e cosenos que compõem a função
- Abaixo espectro de frequência da onda quadrada mostrando as 13 primeiras frequências de uma onda quadrada



Largura de Banda (Bandwidth)

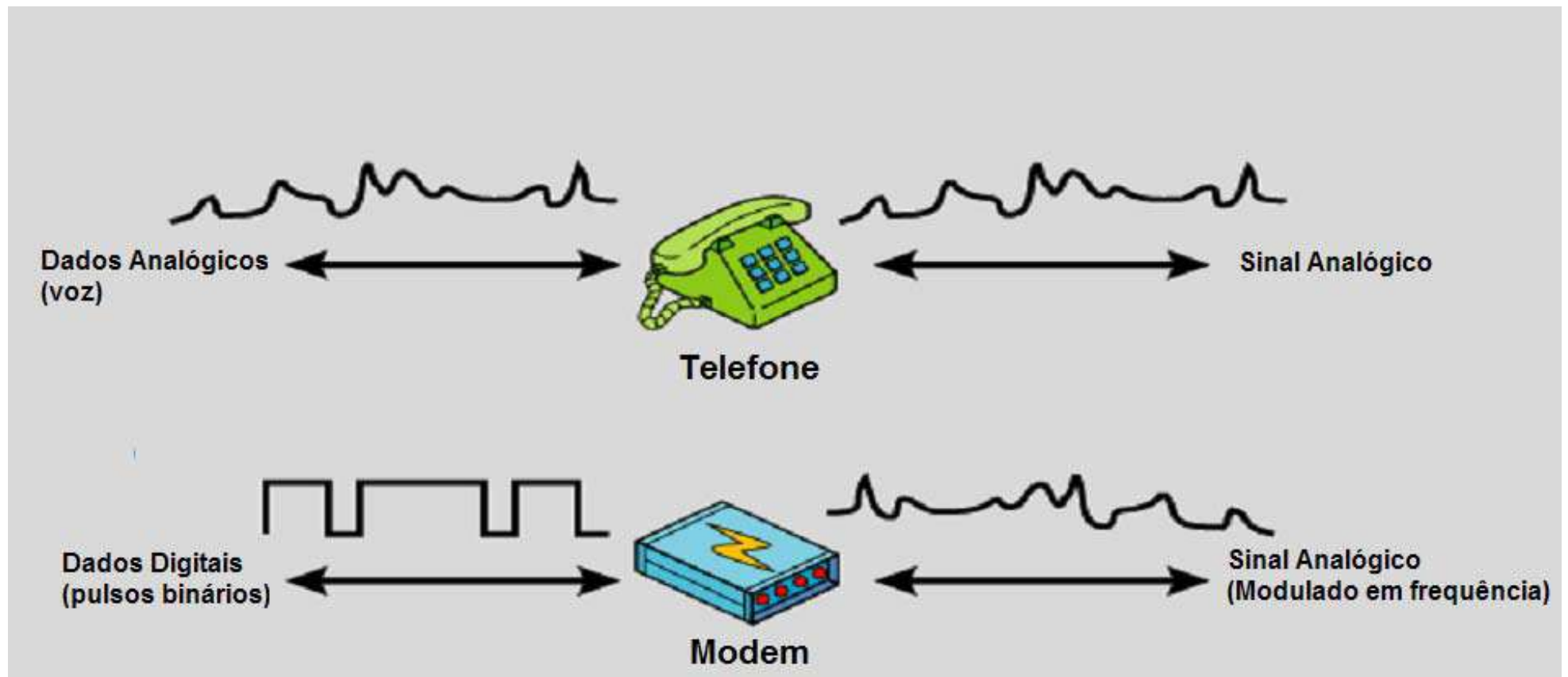
- Equivale a largura do espectro de frequência do sinal.
- Ou seja a maior frequência menos a menor frequência presente neste espectro
- A largura de banda real do sinal pode ser infinita, visto que o espectro de frequência pode conter infinitas frequências
- Na prática a largura de banda é delimitada
- No exemplo da onda quadrada, caso tenhamos 4 parcelas a largura de banda será calculada da seguinte forma:
 - Quarta Parcela – Frequência – $7f_0$;
 - Primeira Parcela – Frequência fundamental – $1f_0$
 - Largura de Banda (B) = $7f_0 - 1f_0 = 6f_0$

Largura de Banda (Bandwidth)

- ❑ **Largura de Banda (BandWidth)**
- ❑ O conceito de largura de banda também pode ser associado ao canal de transmissão.
- ❑ Neste caso a largura de banda consiste nas frequências que o meio de transmissão permite a passagem

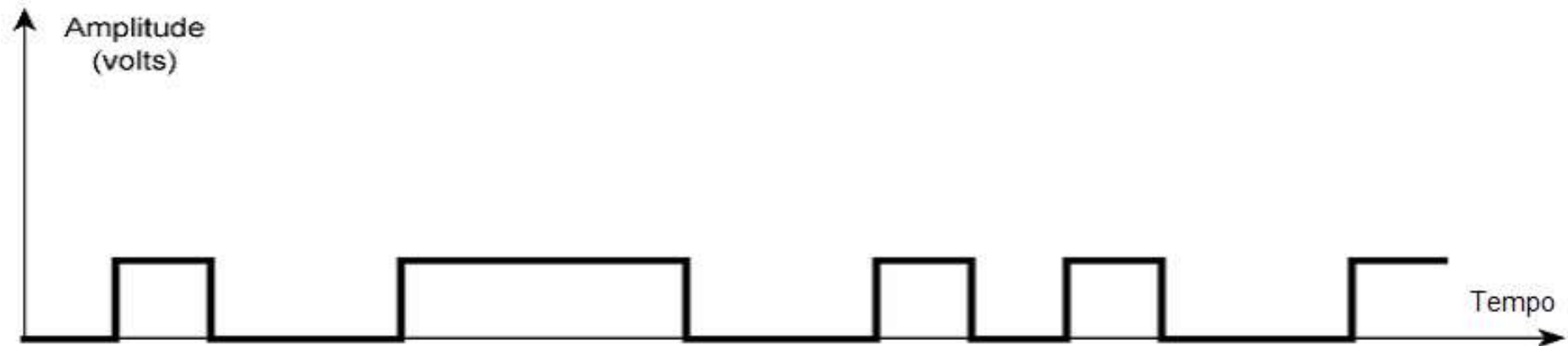
Sinal Analógico

- Sinais Analógicos podem representar dados digitais ou analógicos



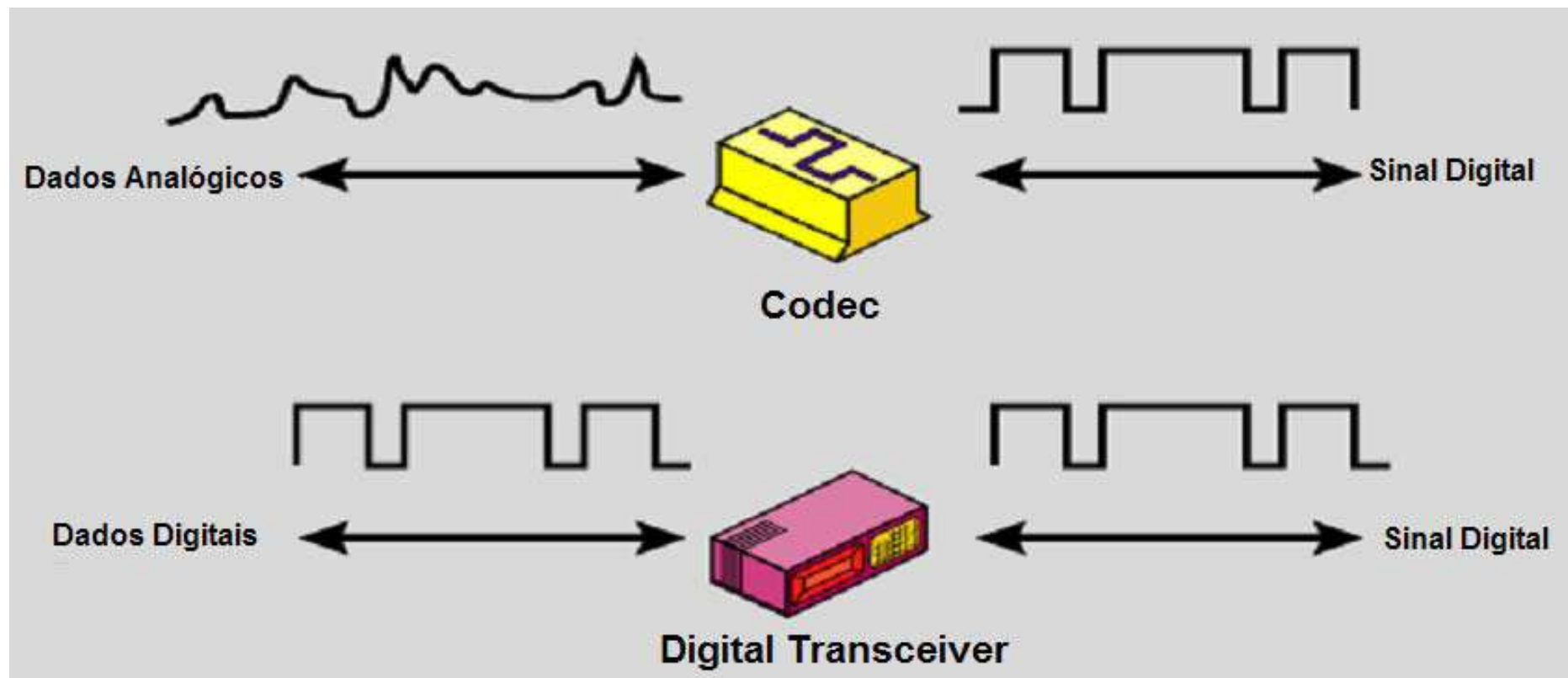
Sinal Digital

- Possui uma variação discreta no tempo
- A amplitude permanece fixa durante um intervalo de tempo
- Exemplos: Voz Digital; Vídeo Digital; Arquivos existentes em um computador; música em um CD; etc.



Sinal Digital

- ❑ Sinais digitais podem representar dados analógicos ou digitais
- ❑ Codec (COder-DECoder) – Transforma dados analógicos em digitais
- ❑ Digital Transceiver – Transforma dados digitais em sinal digital



Problemas durante a Comunicação

- ❑ Um erro de transmissão ocorre quando o sinal recebido difere do sinal transmitido
- ❑ Sinal Analógico – Erros provocam a degradação do sinal
- ❑ Sinal Digital – Erros provocam erros em bits.
- ❑ Os erros podem ser causados:
 - Atenuação
 - Distorção por Atraso
 - Ruído
 - ❑ Térmico ou Branco
 - ❑ Intermodulação
 - ❑ Interferência (Crosstalk)
 - ❑ Impulsivo

Atenuação

- Consiste na perda de energia do sinal de acordo com a distância percorrida
- Dependente do meio
- Para que o sinal possa ser recebido:
 - Deve ser forte o suficiente para o reconhecimento
 - Deve ser superior ao ruído para evitar o erro
- Atenuação aumenta de acordo com o aumento da frequência

Distorção por atraso

- ❑ Fenômeno que ocorre somente em meios de transmissão guiados
- ❑ As componentes do sinal propagam-se com velocidades diferentes
- ❑ Desta forma as várias componentes de frequência chegam em momentos diferentes
- ❑ Desta forma o sinal é distorcido.
- ❑ Isto pode ser crítico em dados digitais.

Ruído

- Sinais adicionais inseridos entre o transmissor e o receptor
- Ruído Térmico
 - A agitação dos elétrons causa o aquecimento
 - Distribuído uniformemente
 - Também chamado ruído branco
- Ruído por Intermodulação
 - Ocorre quando sinais de diferentes frequências compartilham um meio de transmissão
 - O sinal resultante pode ter uma frequência que é igual a soma ou a diferença das frequências dos sinais originais
- Interferência (Crosstalk)
 - O sinal de uma linha é pego e propagado por outra
 - Ex: Linha Cruzada na telefonia
 - Pode ocorrer quando dois pares trançados estão próximos uns aos outros ou então quando uma antena capta sinais indesejados
 - Normalmente este ruído é da mesma ordem de grandeza ou menor que o ruído térmico

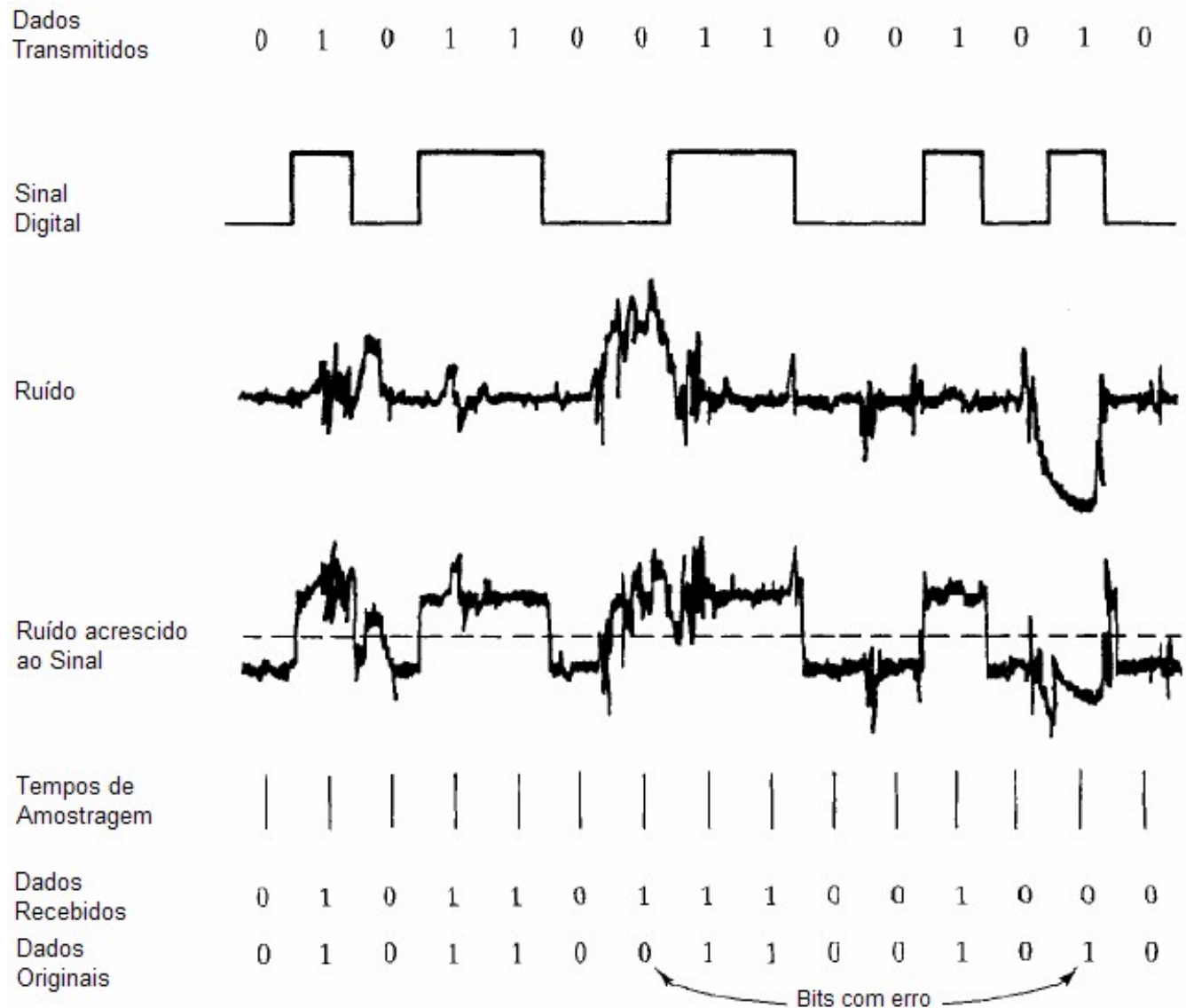
Ruído

□ Ruído Impulsivo

- Ocorrência de pulsos irregulares e imprevisíveis.
- Causado normalmente por interferência externa
- Curta duração
- Alta amplitude
- Normalmente é não causa um grande distúrbio em sinais analógicos, porém é a fonte primária de erros em dados digitais
- Ex: Interferência eletromagnética; Raios

Ruído

- Efeito do ruído impulsivo em sinal digital



Transmissão Analógica

- ❑ Transmissão de sinais analógicos.
- ❑ Não é necessário se preocupar com o seu conteúdo (pode conter voz ou dados digitais)
- ❑ Sinal é atenuado a medida que a distância aumenta
- ❑ Para a transmissão por longas distâncias é necessário o uso de amplificadores, as vezes em cascata
- ❑ Amplificadores também amplificam ruídos
- ❑ Em caso de dados digitais a amplificação de ruídos podem levar a erros

Transmissão Digital

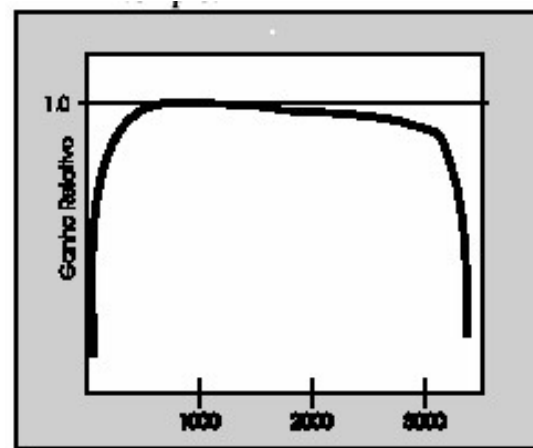
- ❑ Sinal somente pode ser transmitido por uma pequena distância, antes que a atenuação possa corromper o sinal.
- ❑ Para maiores distâncias é necessário o uso de repetidores.
- ❑ Um repetidor recebe o sinal digital, recupera o padrão de bits (0 e 1) e retransmite o sinal, minimizando desta forma a atenuação
- ❑ Através do uso do repetidor o ruído não é propagado.

Vantagens da Transmissão Digital

- Tecnologia digital de Hardware
 - Tecnologia LSI/VLSI apresentam baixo custo
- Integridade dos Dados
 - Uso de repetidores ao invés de amplificadores impede o efeito cumulativo de ruídos
 - Maiores distâncias sobre linhas com baixa qualidade
- Capacidade de Utilização
 - Uso de enlaces (links) com alta largura de banda
 - Para usar a banda é necessário a multiplexação e isto é mais fácil com a tecnologia digital (divisão por tempo)
- Segurança e Privacidade
 - Técnicas de criptografia
- Integração
 - Permite tratar dados, voz e imagem de forma similar

Banda Passante

- Normalmente na transmissão de dados apenas uma faixa de frequências (0– F_c) são transmitidas sem perda.
- Abaixo e acima desta frequência o sinal é fortemente atenuado
 - Devido a propriedade física do meio de transmissão
 - Filtro presente



Capacidade do Canal

- Capacidade - Taxa máxima de transmissão para um canal
- Teorema de Nyquist(1924)

$$C = 2 H \log_2 (V) \text{ bits/s}$$

- Expressa a taxa máxima de transmissão para um canal ideal ou seja, sem ruídos
 - $H \rightarrow$ Largura de banda (Hz)
 - $V \rightarrow$ Número de níveis discretos do sinal
 - $C \rightarrow$ Capacidade do canal (bps)
- Exemplo: $H = 3$ KHz; sinal binário $V = 2$
 $2 * 3000 \log_2 2 = 6000$
- Considerando um sinal binário (2 níveis), o canal de 3 kHz pode transportar no máximo 6000 bps

Teorema de Nyquist

- Se um sinal passa por um filtro de largura de banda H , o sinal filtrado pode ser completamente reconstruído fazendo-se apenas $2H$ amostragens do sinal por segundo.
- É desnecessário fazer mais amostragens que isto, porque as componentes de frequência que poderiam ser detectadas com mais amostragens foram filtradas.

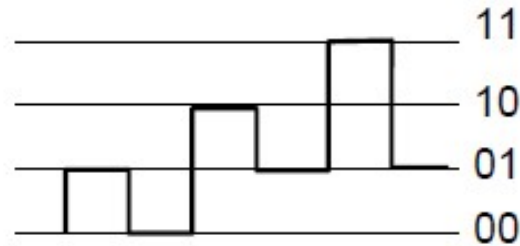
Capacidade do Canal

□ Bit x Baud

- Baud: número de intervalos de sinalização por segundo
- Bit: 0 ou 1

□ Tipo do sinal: dibit, tribit, etc.

- sinal dibit: dois bits codificados em um intervalo de sinalização



- $1 \text{ Baud} = \log_2 V \text{ Bps}$
onde V é o número de níveis

Teorema de Shannon

- Largura de Banda: H Hz
- Relação Sinal/Ruído: S/N
- Capacidade Máxima do Canal $C = H \log_2 (1 + S/N)$ bits/s
- O valor Independe do número de níveis utilizados pelo sinal
- Exemplo: linha telefônica = 3100 Hz
 - Relação Sinal/Ruído (S/N) = 30 dB
 - $10 \log_{10} S/N = 30$
 - $\log_{10} S/N = 3$
 - $S/N = 10^3 = 1000$
 - $C = 3100 \log_2 (1 + 1000) = 30.898$ bps

Meios Físicos

- Guiados
 - Par Trançado
 - Cabo coaxial
 - Fibra Ótica
- Não Guiados
 - Rádio
 - Microondas
 - Satélite
 - Infravermelho

Par Trançado (Twisted Pair)

- Meio de transmissão mais antigo e mais comum
- Consiste de Dois fios de cobre encapados de aproximadamente 1 mm de espessura que são trançados para evitar interferência elétrica
- Usado largamente no sistema de telefonia
- Pode transmitir dados por alguns até por alguns quilômetros sem necessidade de amplificação
- Permite transmissão de dados analógicos e digitais
- Faixa de passagem: depende da espessura do fio e da distância
- Possui baixo custo

Aplicações do Par Trançado

- Sistema Telefônico
- Redes Locais
 - 10Mbps, 100Mbps, 1 Gbps
- Características
 - Barato
 - Fácil de manusear
- UTP - Unshielded Twisted Pair
- STP - Shielded Twisted Pair

EIA/TIA - 568

- ❑ Especifica somente cabos de pares, trançados ou não, sem blindagem.
- ❑ Descreve especificações de desempenho do cabo e sua instalação.
- ❑ É um padrão aberto, não contendo marca de nenhum fabricante.

EIA - Categorias 1 e 2

□ Categoria 1

- Especificações técnicas pouco precisas.
- Cabos não trançado AWG 22 (0,33 mm²) ou 24 (0,20mm²)
- Grande variação de impedância e atenuação.
- Não recomendado para taxas de sinalização superiores a 1 Mbps.

□ Categoria 2

- Pares trançados AWG 22 (0,33 mm²) ou 24 (0,20mm²).
- Largura de banda máxima de 1 MHz.
- Não é testado com relação à crosstalk.
- Derivado da especificação de cabo Tipo 3 da IBM.

EIA - Categorias 3 e 4

□ Categoria 3

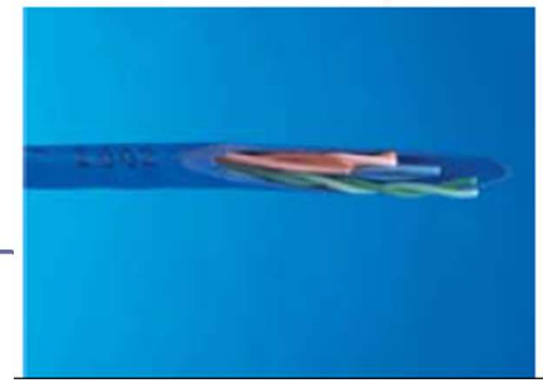
- 2 Pares trançados sólidos AWG 24(0,20mm²)
- Impedância de 100 ohms.
- Testado a 16 MHz para atenuação e crosstalk.
- Utilizável até 10 Mbps.
- Padrão mínimo para 10Base-T.
- Pode ser utilizado token ring a 4 Mbps.

□ Categoria 4

- 2 Pares trançados sólidos AWG 24 (0,20mm²)
- Impedância de 100 ohms.
- Testado para largura de banda de 20Mhz
- Utilizável até 16 Mbps

EIA - Categoria 5

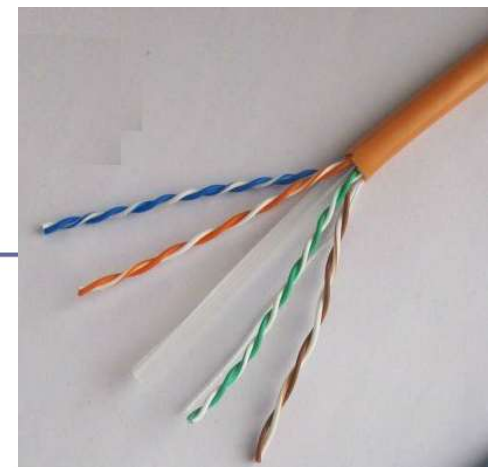
- ❑ 4 Pares trançados AWG 24 (0,20mm²)
- ❑ Impedância de 100 ohms.
- ❑ Testado para largura de banda de 100 MHz.
- ❑ Pode ser usado para taxas de 100 Mbps.
- ❑ Tabela ao lado mostra a relação sinal-ruído (atenuação) típica, a cada 100m, para várias freqüências de operação do cabo categoria 5



FREQÜÊNCIA (MHz)	ATENUAÇÃO (dB/100m)
	TÍPICO
1	1,8
4	3,6
8	5,1
10	5,7
16	7,3
20	8,2
25	9,3
31,25	10,4
62,5	15,0
100	19,2
155	23,7
200	27,5
250	31,1
350	37,4

EIA Categoria 6

- ❑ 4 Pares trançados AWG 23 (0.25 mm²)
- ❑ Impedância de 100±15% Ω
- ❑ Testado para largura de banda de 250 MHz.
- ❑ Pode ser usado para taxas de 1000 Mbps (1 Gbps)
- ❑ É recomendado para as novas instalações, de modo a ser aproveitado em futuros aumentos de taxa de transmissão.
- ❑ Tabela ao lado mostra a relação sinal-ruído (atenuação) típica, a cada 100m, para várias frequências de operação do cabo categoria 6



Freq. (MHz)	Atenuação dB	
	TIA/EIA Máximo	TÍPICO
1	2,0	1,5
4	3,8	3,2
8	5,3	4,6
10	6,0	5,2
16	7,6	6,7
20	8,5	7,5
25	9,5	8,5
31,25	10,7	9,5
62,5	15,4	13,8
100	19,8	17,8
200	29,0	26,1
250	32,8	29,3

Características de Transmissão

- Analógica
 - Amplificadores a cada 5 ou 6 Km
- Digital
 - Repetidores a cada 2 ou 3 Km
- Distâncias limitadas
- Suscetível a interferências e ruídos

Par Trançado



(a)



(b)

(a) Categoria 3 UTP.

(b) Categoria 5 UTP.

Par Trançado

- ❑ Blindagem reduz interferências eletromagnéticas e interferências em rádio frequências
- ❑ Cabo blindado recomendado para ambientes industriais



UTP (Sem blindagem)



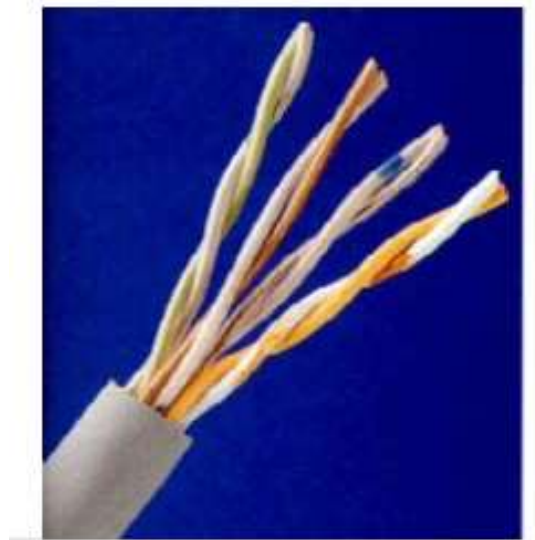
STP (Com blindagem)

10BaseT

- ❑ Padrão Ethernet (IEEE 802.3)
- ❑ Par trançado UTP categoria 3 ou superior. Normalmente é utilizado o cabo categoria 5
- ❑ Taxa de 10Mbps
- ❑ Topologia em estrela
- ❑ Distância máxima de 100 metros da estação até o hub ou switch.
- ❑ Utilização de conectores RJ45

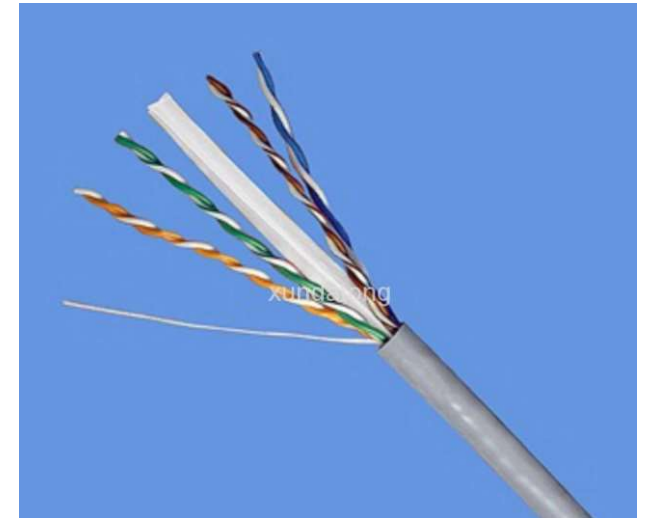
100BaseT

- ❑ Padrão Ethernet (IEEE 802.3)
- ❑ Normalmente é utilizado o cabo categoria 5
- ❑ Taxa de 100Mbps
- ❑ Topologia em estrela
- ❑ Distância máxima de 100 metros da estação até o hub ou switch.
- ❑ Utilização de conectores RJ45



1000BaseT

- ❑ Padrão Ethernet (IEEE 802.3ab)
- ❑ Utilizado o cabo categoria 6
- ❑ Taxa de 100Mbps
- ❑ Topologia em estrela
- ❑ Distância máxima de 100 metros da estação até o hub ou switch.
- ❑ Utilização de conectores RJ45



Par trançado – Ligação ao Meio



Conector RJ-45

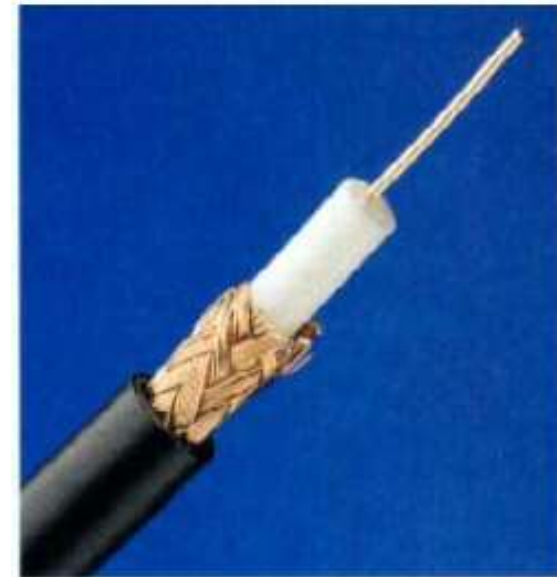
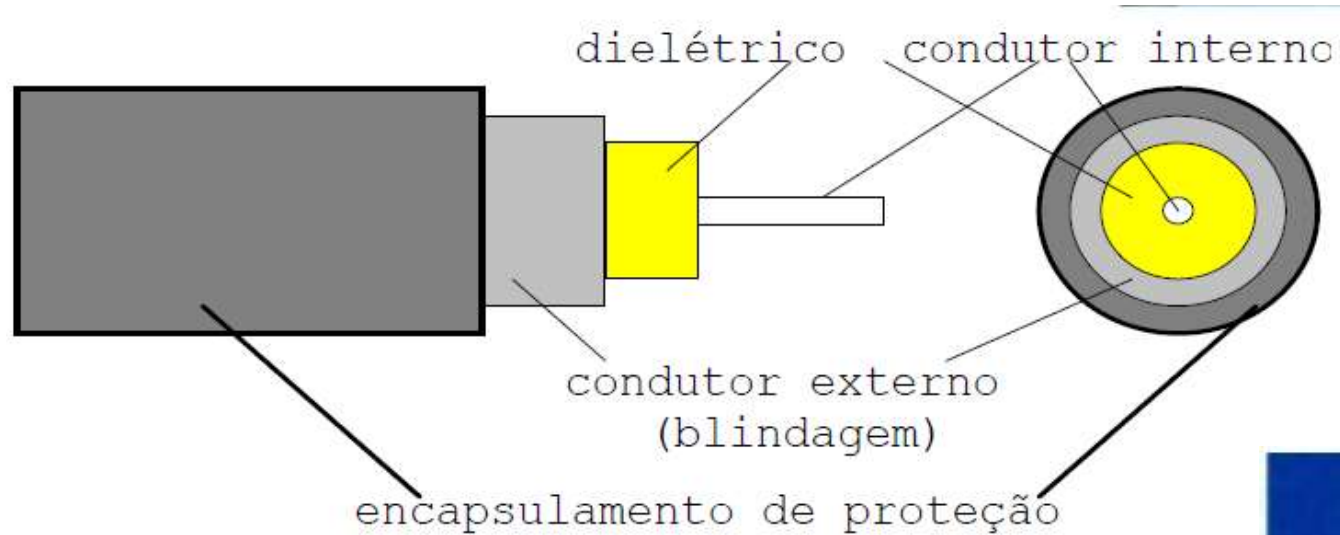


Transceiver Elétrico - RJ45
Cabo UTP – Módulo Formato
SFP-T (10/100/1000 Gbps)



Cabo coaxial

□ Construção Esquemática



Características de Transmissão

- Analógica
 - Muitos amplificadores em poucos km
 - Superior a 500MHz
- Digital
 - Repetidores a cada 1 Km
 - Distâncias menores para altas taxas

Cabo Coaxial - Características

□ Vantagens

- Fácil instalação
- Barato

□ Desvantagens

- Mau contato em potencial
- Difícil manipulação
- Velocidade de transmissão lenta
- Em geral utilizado em topologia de barramento

Aplicações do Cabo Coaxial

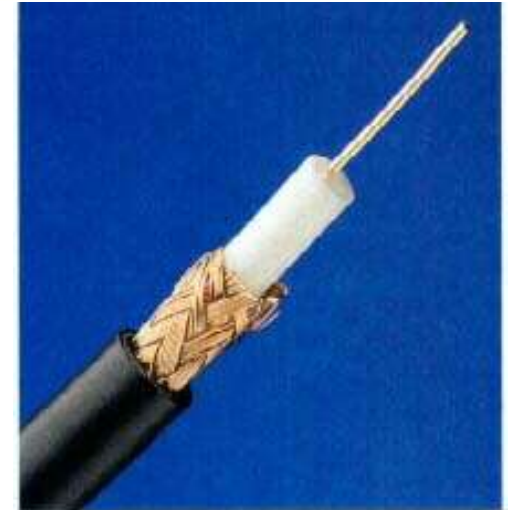
- Distribuição de Televisão
 - TV a Cabo
- Transmissões telefônicas de longas distâncias
 - Está sendo substituído por fibra
- Enlaces de redes locais de curta distância

10Base5

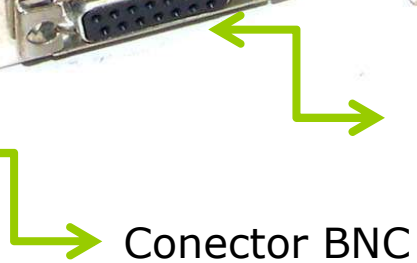
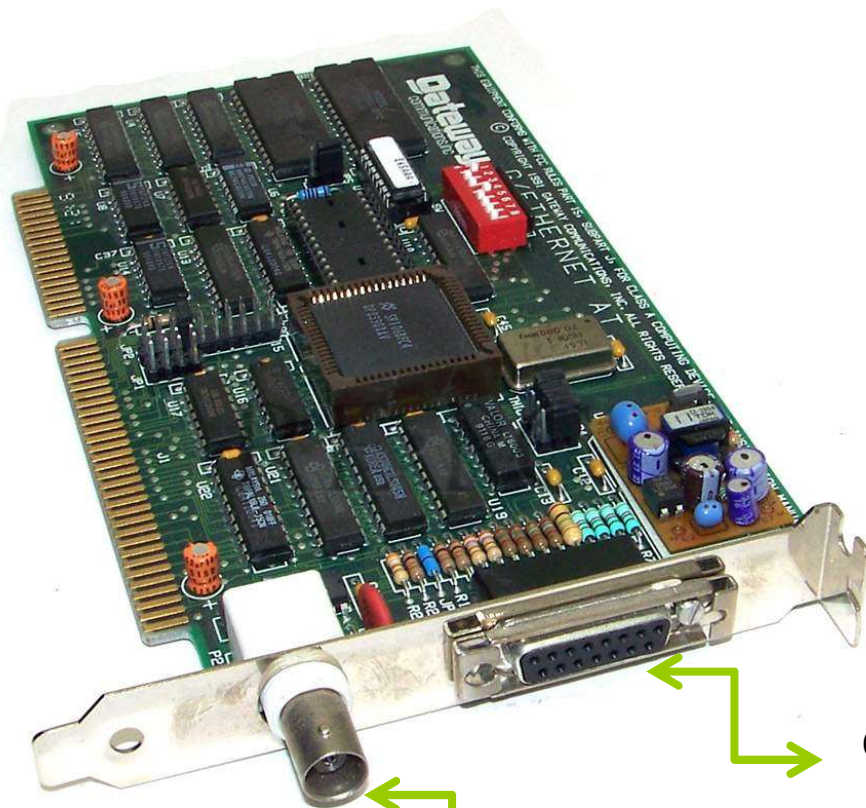
- ❑ Ethernet - cabo grosso (50 ohms).
- ❑ Taxa de 10Mbps
- ❑ Topologia em barramento
- ❑ Máximo de 5 segmentos de 500 m.
- ❑ Máximo de 100 nós(ligações) por segmento.
- ❑ Conexão da placa de rede ao cabo por uma unidade ativa (transceptor): o conector-vampiro. A mordida (conexão) só deve ser feita nas marcas do cabo.
- ❑ Distância mínima entre transceptores de 2,5 m.
- ❑ Ligação do transceptor ao conector AUI da placa de rede por um cabo multi-pares. Máximo de 50 m.

10Base2

- ❑ Cabo fino (ThinEthernet)
- ❑ Taxa de 10Mbps
- ❑ Topologia em barramento
- ❑ Máximo de 5 segmentos de 185 m. Total de 925m.
- ❑ Máximo de 30 nós por segmento (existem placas que permitem até 100 nós, por segmento).
- ❑ Cada ligação com a placa de rede utiliza um conector tipo **T**, ligando dois trechos de cabo e a placa. Cada trecho de cabo deve ter o mínimo de 45 cm.
- ❑ Fonte potencial de problemas
- ❑ Utilizado com conector BNC



Ligação ao Meio



Conector AUI

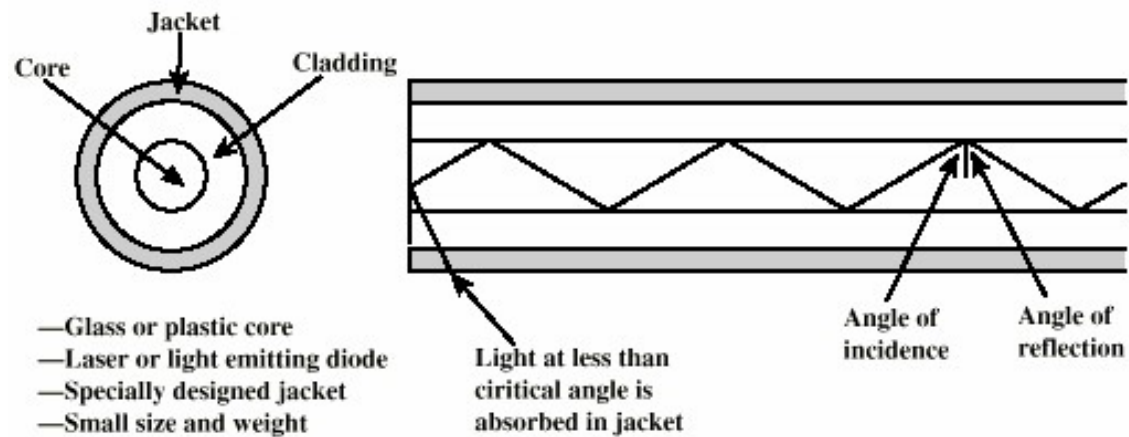
Conector BNC



Ligação ao Meio

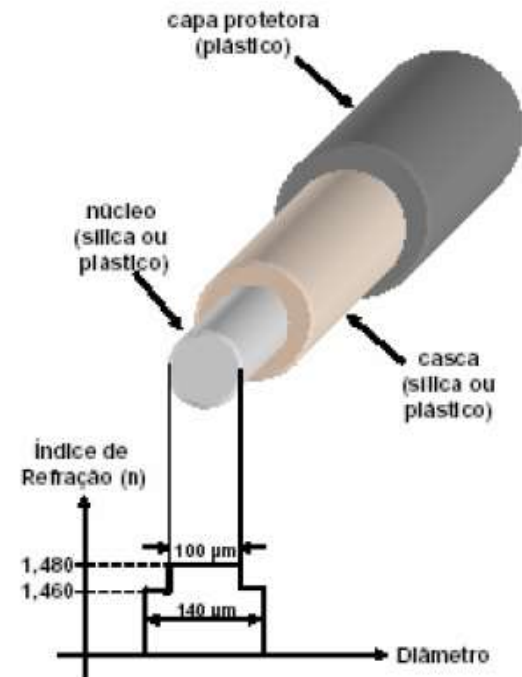
- Conector AUI
 - Permite a conexão de transceptores (transceivers), para a utilização de cabo coaxial do tipo grosso (10Base5) ou outras mídias.
- Conector BNC
 - Para a conexão de cabos do tipo coaxial tipo fino (10Base2)

Fibra Ótica



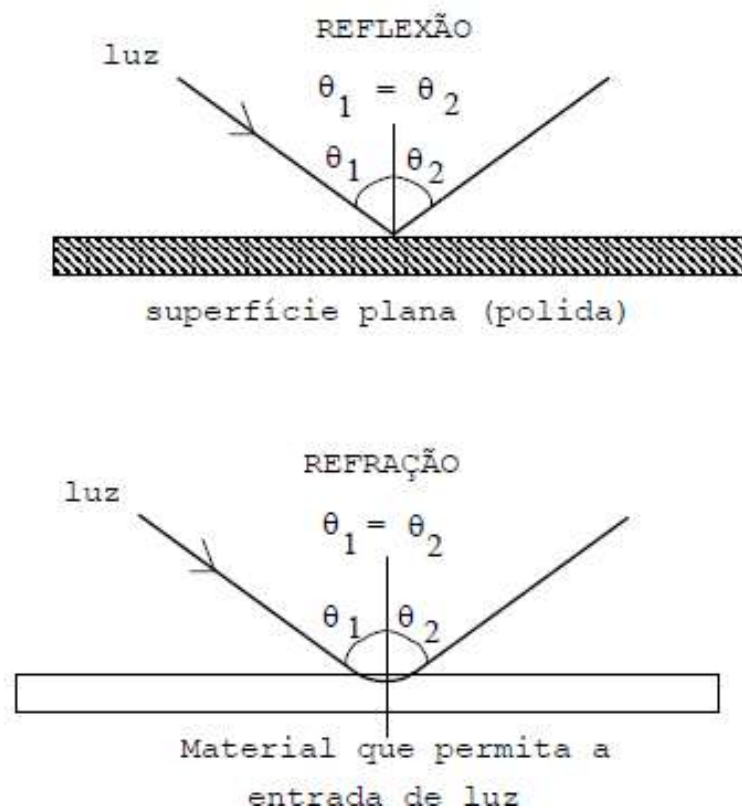
Fibra óptica

- ❑ Cabo ótico consiste de um núcleo composto de sílica ou plástico, por onde é transmitida a luz
- ❑ Núcleo é revestido por uma casca cujo índice de refração é menor que o índice do núcleo
- ❑ Finalmente a casca é recoberta por um material protetor



Fibra óptica

- Princípio de funcionamento



Fibra Óptica

□ Vantagens

- Banda larga
- Leve e pequena (fina)
- Baixa perda de sinal.
 - Atenuação óptica em torno de 1,5 db/Km (valor médio)
- Livre de interferências eletromagnéticas
- Segura
- Confinamento do sinal

□ Desvantagens

- Custo maior que par trançado e cabos coaxiais
- Necessário uma maior especialização do instalador
- Ligações e emendas devem ser feitas com maior cuidado
- Cuidados especiais com a curvatura dos cabos na instalação

Características de Transmissão

- Onda guiada para 10¹⁴ até 10¹⁵ Hz
 - Porções de infravermelho e espectro visível
- Light Emitting Diode (LED)
 - Mais barato
- Injection Laser Diode (ILD)
 - Mais eficiente
 - Maior taxa de dados

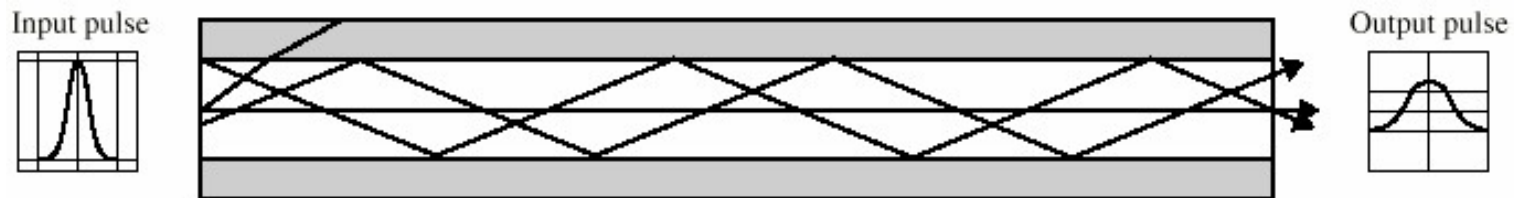
Características

CARACTERÍSTICAS	FIBRAS OTIMIZADAS PARA 10 GIGABIT		
	500 m	300 m	150 m
Atenuação Óptica	$\leq 2,4$ dB/km @ 850 nm $\leq 0,7$ dB/km @ 1300 nm		
Largura de Banda: MHz.km - 850/1300 nm (Overfilled Launch)	$\geq 3000 / 500$	$\geq 1500 / 500$	$\geq 700 / 500$
Largura de Banda: MHz.km - 850/1300 nm (Laser Bandwidth)	$\geq 4000 / 500$	$\geq 2000 / 500$	$\geq 950 / 500$
Abertura Numérica	0,20 \pm 0,015		

Comprimentos Máximos de Links (m)

TIPOS DE FIBRA	COMPRIMENTO DE ONDA (nm)	
	850	1300
Gigabit MM 62,5 μ m	500 m	1000 m
Gigabit MM 50 μ m	600 m	2000 m
10 Gigabit MM 50 μ m		
LaserWave G+	150 m	-
LaserWave 300	300 m	-
LaserWave 500	500 m	-

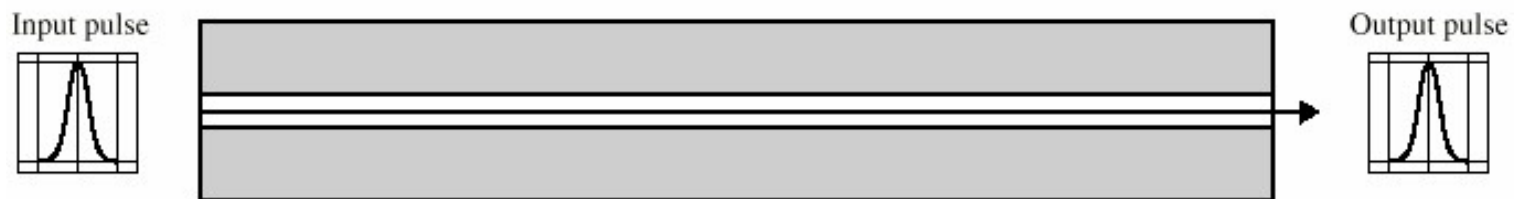
Modos de Operação



(a) Step-index multimode



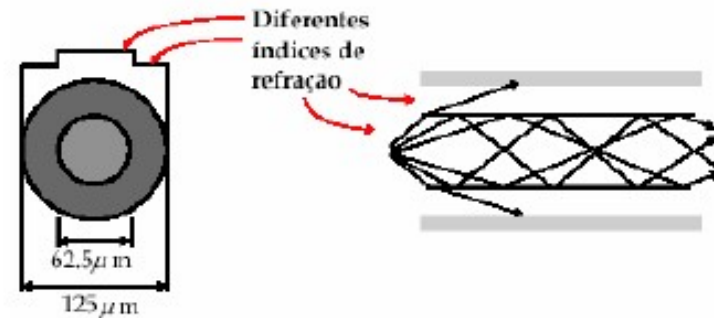
(b) Graded-index multimode



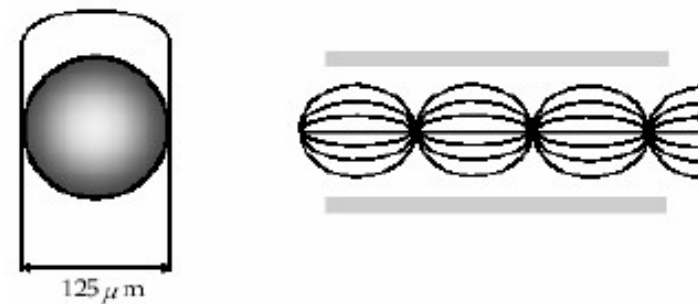
(c) Single mode

Modos de Operação

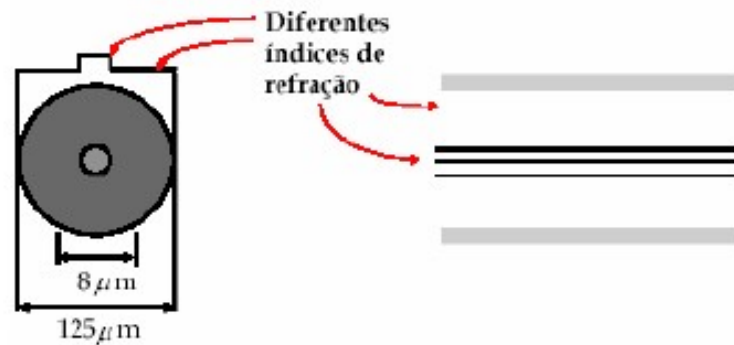
- Multimodo Degrau



- Multimodo Gradual



- Monomodo

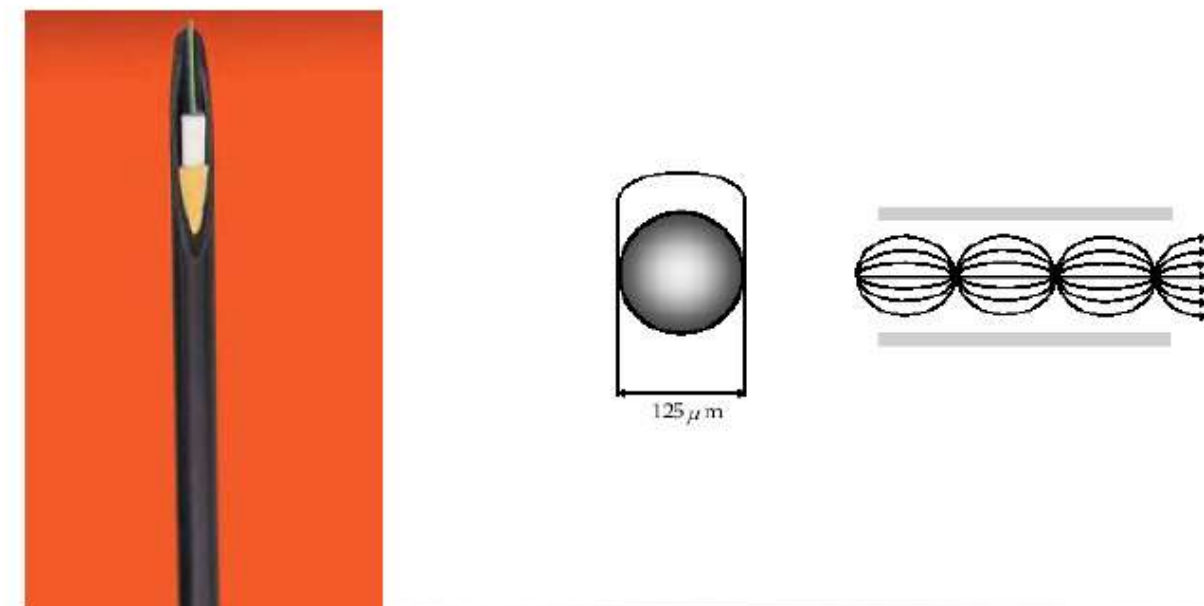


Multimodo Degrau

- ❑ Mais simples e primeiras a serem produzidas; Funcionamento baseia-se reflexão total da luz da casca que possui índice de refração mais baixo.
- ❑ Multimodo - Cada raio de um pulso de luz possui um **modo diferente de** percorrer a fibra, ou seja, percorre diferentes caminhos e diferentes distâncias
- ❑ Degrau - Descontinuidade brusca de índice de refração entre o núcleo e casca
- ❑ **Dispersão modal - Limita a taxa de transmissão; cada raios de um pulso** de luz percorrem diferentes caminhos, chegando em diferentes momentos no destino o que pode causar interferência entre pulsos de luz consecutivos

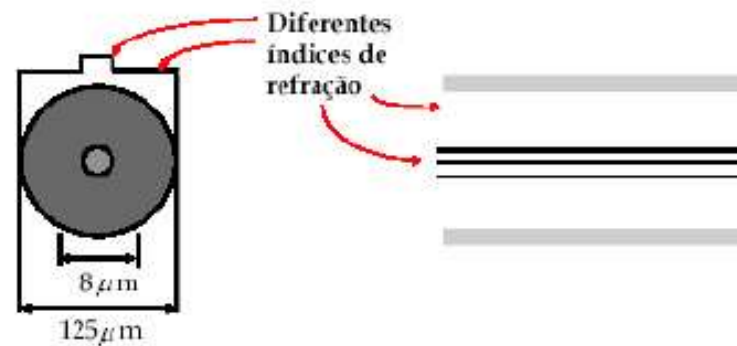
Multimodo Gradual

- Neste caso o índice de refração muda gradualmente o mesmo muda de forma gradual entre o núcleo e a casca.
- Variação gradual causa do índice de refração produz uma curvatura continua e uniforme em todos os raios de um pulso de luz evitando, desta forma, o problema da dispersão modal



Monomodo

- ❑ Núcleo da fibra é tão pequeno que o raio possui apenas um modo de propagação dentro da fibra
- ❑ Fibra age como guia de onda e a luz se propaga em linha reta São mais caras e podem ser utilizadas em distâncias maiores (30 Km)



Padrão Ethernet x Meios Físicos

□ Ethernet 10 Mbps

	10 Base 5	10 Base 2	10 Base T
Topologia física	barra	barra	estrela
Meio físico	coaxial grosso	coaxial fino	UTP Categoria 3 ou superior
Comprimento máximo do cabo	500 m	185 m	100 m (do hub à estação)
Comprimento máximo do domínio de colisões	2500 m		
Número máximo de segmentos e repetidores	5 segmentos, 4 repetidores. Apenas 3 segmentos podem ter estações conectadas.		

PARÂMETROS PARA ETHERNET A 10 Mbps (FIBRA ÓPTICA MULTIMODO)

	10 Base FP	10 Base FB	10 Base FL	FOIRL
Topologia	Estrela, permite conexão de estações finais. Não permite repetidores em cascata.	Para ligação entre repetidores. Permite repetidores em cascata.	Para ligação entre repetidores. Não permite repetidores em cascata.	Ligação entre repetidores ou em estrela para conexão de estações. Permite repetidores em cascata.
Comprimento máximo do cabo	500 m	2 km	2 km	1 km
Comprimento máximo do domínio colisões	2500 m			

Ethernet 100 Mbps

- Ethernet 100 Mbps

	UTP	Fibra Multimodo
Entre switches, ou entre switch e estação	100 m	412 m (half-duplex) 2 km (full-duplex)

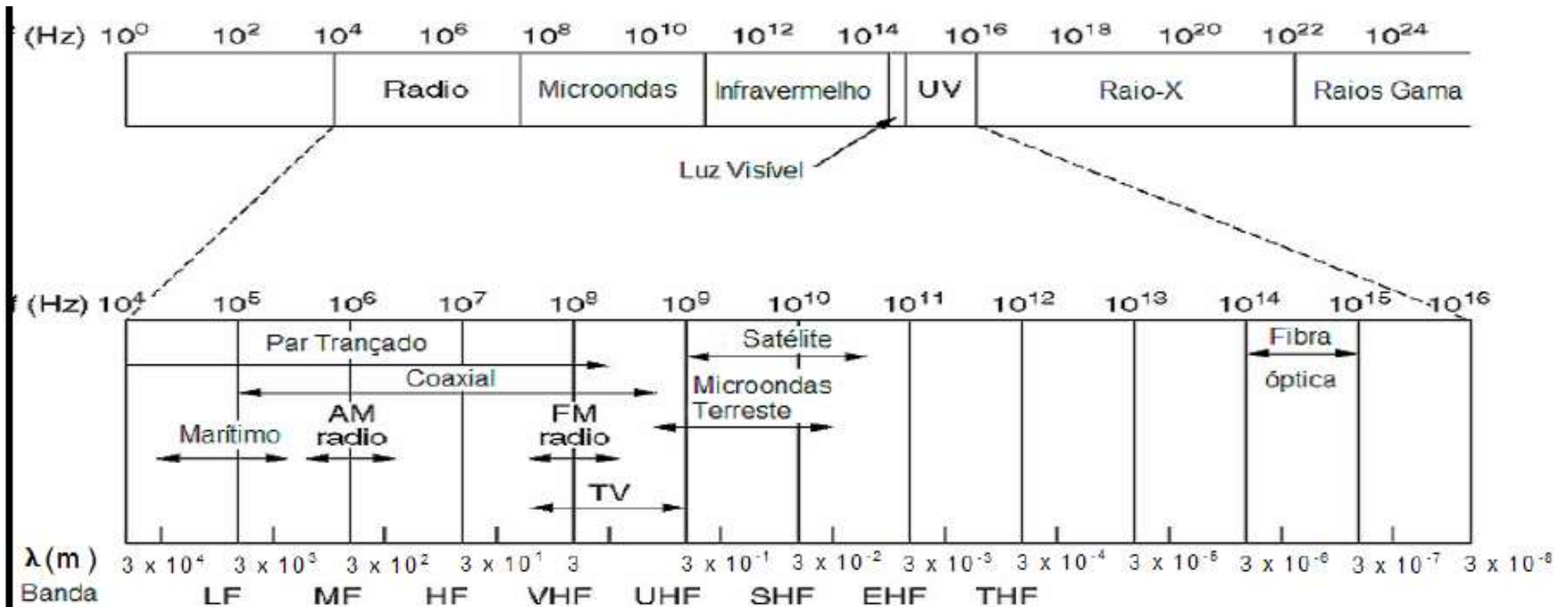
- 100BaseTX – Utiliza cabos UTP categoria 5. A mesma configuração de de pinagem do padrão 10BaseT
- 100BaseFX – Utiliza cabos de fibra óptica monomodo e e multimodo.

Transmissão sem fios

- ❑ Mobilidade; Computação Ubíqua
- ❑ Facilidade para instalação
- ❑ Rede sem fio apresenta menores custos de manutenção
- ❑ Laptops; Celulares; Palmtops; etc.
- ❑ Em certos casos, instalação de meios guiados para longas distâncias é dispendioso.
- ❑ Usada em locais onde é difícil a instalação de meios guiados (Ex. Zona Rural; etc.)
- ❑ Quando se movem, os elétrons criam ondas eletromagnéticas que podem se propagar pelo espaço livre e até mesmo no vácuo.
- ❑ Comunicação baseada no princípio de que as ondas eletromagnéticas podem ser transmitidas e recebidas com eficiência por um receptor localizado a uma distância bastante razoável.

Espectro Eletromagnético

- No vácuo: $\lambda * f = c$ ($c = 3 \times 10^8$ m/s)
- Exemplo: Ondas de 100 MHz têm cerca de 3 m de comprimento



Espectro Eletromagnético

- No vácuo: $\lambda * f = c$ ($c = 3 \times 10^8$ m/s)
- Exemplo: Ondas de 100 MHz têm cerca de 3 m de comprimento
- A tabela abaixo mostra os comprimentos de ondas no vácuo para as várias faixas de frequências

	Frequência (Hz)	λ (cm)	λ (Angstroms = 10^{-9} m = 1 nm)
Rádio	$< 3 \times 10^9$	> 10	$> 10^9$
Microondas	$3 \times 10^9 - 3 \times 10^{12}$	10 - 0.01	$10^9 - 10^6$
Infravermelho	$3 \times 10^{12} - 4.3 \times 10^{14}$	0.01 - 7×10^{-5}	$10^6 - 7000$
Visível	$4.3 \times 10^{14} - 7.5 \times 10^{14}$	$7 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-5}$	7000 - 4000
Ultravioleta	$7.5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{17}$	$4 \times 10^{-5} - 10^{-7}$	4000 - 10
Raios-X	$3 \times 10^{17} - 3 \times 10^{19}$	$10^{-7} - 10^{-9}$	10 - 0.1
Raios Gama	$> 3 \times 10^{19}$	$< 10^{-9}$	< 0.1

Ondas de Rádio

- Rádio (Faixa de 3 Hz a 3 GHz)
 - ELF (Extreme Low Frequency) – 3 Hz a 30 Hz / 100.000 km a 10.000 km
 - Comunicação submarina, porém oferecem uma pequena taxa de transmissão
 - Um problema são os enormes tamanhos das antenas.
 - SLF (Super Low Frequency) – 30 Hz a 300 Hz / 10.000 km a 1.000 km
 - Frequência utilizada pela energia elétrica (50 Hz ou 60 Hz)
 - ULF (Ultra Low Frequency) – 300 Hz a 3000 Hz / 1.000 km a 100 km
 - Também conhecida como VF (Voice Frequency)
 - Voz humana
 - VLF (Very Low Frequency) – 3 kHz a 30 kHz / 100 km a 10 km
 - Comunicação superfície água (Penetram na água até 40 metros); rádio navegação
- Na faixa VLF as ondas de rádio obedecem à curvatura da Terra

Ondas de Rádio

- LF (Low Frequency) – 30 kHz a 300 kHz / 10 km a 1 km
 - Também conhecidas como Ondas Longas (Long Waves)
 - Rádio difusão AM (153 kHz - 279 kHz)
 - Navegação aérea e marítima
 - Rádio Amador
 - Antenas de 50m a 200 m
- MF (Medium Frequency) – 300 kHz a 3 MHz / 1 km a 100 m
 - Também conhecidas como Ondas Médias (Medium Wave)
 - Rádio difusão AM (530 kHz a 1710 kHz)
- Antenas possuem $\frac{8}{4}$ do comprimento de onda
- Nas faixas LF e MF, as ondas de rádio obedecem à curvatura da Terra.

Ondas de Rádio

- HF (High Frequency) – 3 MHz a 30 MHz / 100 m a 10 m
 - Também conhecidas Ondas Curtas (Short Wave)
 - Rádio AM (2300 kHz a 26100 kHz)
 - Rádio Amador
 - Ondas ricocheteiam na ionosfera, podendo percorrer longas distâncias
- VHF (Very High Frequency) – 30 MHz a 300 MHz /10 m a 1 m
 - Rádio FM (88 – 108 MHz); Televisão; comunicação via rádio (táxi; polícia; etc.)
 - Restrita a pequenas distâncias, pois ondas não refletem na ionosfera
 - Menos afetada por ruídos atmosféricos e interferências de equipamentos elétricos (Baixa Freqüência – LF)

Ondas de Rádio

- UHF (Ultra High Frequency) – 300 MHz a 3 GHz / 1 m a 10 cm
 - Televisão; Telefonia celular; Rádio Amador; Redes locais sem fio; Aparelhos eletrônicos em geral (bandas ISM)
 - Apresentam um menor comprimento de antena que VHF, sendo mais práticas
 - Redes locais sem fio Wi-Fi (2400 MHz a 2483.5 MHz – ISM; IEEE 802.11; 802.11b; 802.11g)
 - Bluetooth (Wireless USB) – 2402 MHz a 2480 MHz
 - GPS (Global Position System) – Sinais L1(1575.42MHz) e L2(1227.60 MHz)
 - Bandas ISM (Industrial, Scientific, Medical)
 - 902 MHz a 928 MHz; 2400 MHz a 2483.5 MHz
 - Uso comercial; não é necessário licenças; porém equipamentos devem possuir baixa potência
 - Exemplos: Telefones sem fio; portões eletrônicos; brinquedos controlados por rádio; etc.
 - Telefonia Celular
 - Banda A e B – 825 MHz a 850 MHz (canal direto; antena – dispositivo móvel) 870 - 890 MHz(canal reverso; dispositivo móvel - antena); TMDA; CDMA
 - Banda C – 1710 a 1785 MHz (reverso) e 1805 a 1880 MHz (direto); GSM

Microondas

- Microondas (3 GHz a 3000 GHz / 10 cm a 0,1 mm)
- Comprimento de onda maior que ondas de rádio e menor que infravermelho
- Antenas devem estar na linha de visão(Horizonte) (Line of Sight)
 - SHF (Super High Frequency) – 3GHz a 30 GHz / 10 cm a 1 cm
 - Telefonia; Tv a Cabo; Rádio astronomia
 - Comunicação via Satélite, pois ondas atravessam a atmosfera menos sujeitas a interferências
 - Radares
 - Redes Locais sem fio (IEEE 802.11a) – 5 GHz
 - Redes Metropolitanas sem fio (WiMax - IEEE 802.16) – 2 a 11 GHz e 10 a 66 GHz
 - EHF (Extremely High Frequency) – 30 GHz a 300 GHz / 1 cm a 1 mm
 - Rádio astronomia
 - Satélite
 - Sinais são sujeitos a atenuação da atmosfera e não podem ser utilizados para grandes distâncias; Chuva pode absorver e atenuar o sinal
 - THF (Tremendously High Frequency) – 300 GHz a 3000 GHz / 1 mm a 0,1 mm
 - Radar; Aplicações Militares

Luz Visível

- Infravermelho (3×10^{12} Hz a 4.3×10^{14} Hz)
 - Comprimento de onda menor que o vermelho; invisível; ondas não atravessam objetos sólidos
 - Uso: Equipamentos visão noturna; Comunicação de curto alcance. Ex: Impressora e palm; controle remoto; etc.
 - Luz Visível (4.3×10^{14} Hz a 7.5×10^{14} Hz)

- Ultravioleta (7.5×10^{14} Hz a 3×10^{17} Hz)
 - Comprimento de onda acima do violeta; Exposição pode causar danos à pele. Lâmpadas ultravioletas são utilizadas em processo de esterilização



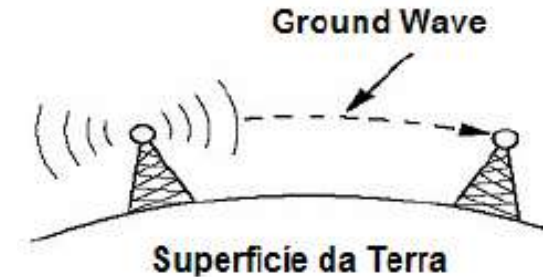
Raios X e Raios Gama

- Raios X (3×10^{17} Hz a 3×10^{19} Hz)
 - Diagnóstico por imagens - Radiografias; Tomografias
 - Tratamento médico; superexposição pode trazer problemas; Radioterapia
 - Difícil produção; Não se propagam bem entre prédios
- Raios Gama ($> 3 \times 10^{19}$ Hz)
 - Podem ser perigosos; alguns equipamentos para tratamento de câncer utilizam raios gama.
 - Difícil produção; Não se propagam bem entre prédios

Tipos de Propagação

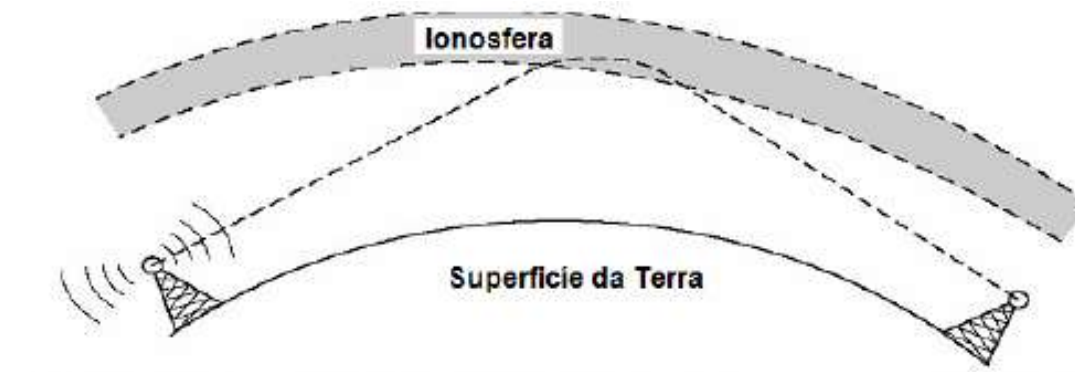
□ Ondas de Solo (Ground Waves)

- Propagação das ondas segue a curvatura do solo.
- Utilizada em frequências até 2 MHz
- Exemplo: AM



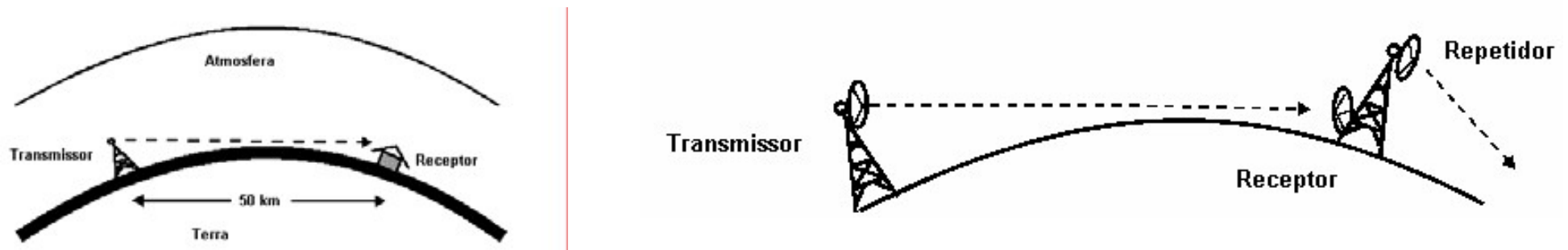
□ Ionosfera

- Ondas refratam na ionosfera (100 a 500 km altitude) e são enviadas de volta a terra
- Propagação pode ser alterada com o clima e horário do dia
- Opera nas frequências de 30 – 85 MHz



Tipos de Propagação

- Linhas de Visão (Line of Sight)
 - Propagação na linha do sinal
 - A estação receptora precisa estar na “linha de visão” da estação transmissora.
 - Distâncias são limitadas pela curvatura da terra e topografia do local em são em média de 50 km
 - A reflexão da ondas pode causar problemas visto que outra estação indevida por receber o sinal
 - Utilizada em FM; Microondas e Satélite



Ondas de Rádio

- Fáceis de gerar
- Percorrem grandes distâncias
- Omnidirecional
 - Espalham em todas as direções a partir de uma fonte
 - Pode ser recebido por muitas antenas
- Sinal Direcional
 - Necessário alinhamento entre antenas
- Em baixas frequências atravessam obstáculos, mas a potência cai (atenuação) a medida que se afasta da fonte ($1/r^2$)
- Em altas frequências tendem a viajar em linhas retas e ricochetear nos obstáculos
- Certas frequências são absorvidas pelas chuvas
- Sofrem interferências de motores e outros equipamentos elétricos
- Para resolver o problema da interferência é necessário uma regulamentação pelos governos para uso das ondas de rádio

Microondas Terrestre

- Antenas Parabólicas
- Visada direta
- Altas frequências = alta taxa de dados
- Problemas
 - Períodos de precipitação intensa
 - Desalinhamento das antenas
- Acima de 100 MHz, as ondas trafegam praticamente em linha reta e, portanto, podem ser concentradas em uma faixa estreita.
- Base do sistema de comunicação telefônico de longa distância antes do surgimento da fibra óptica.

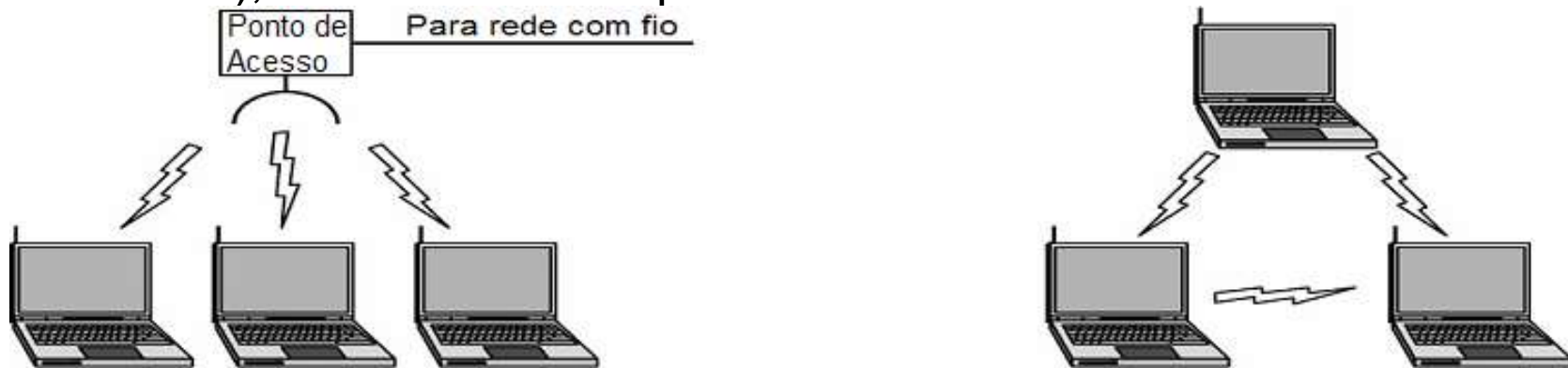
Microondas - Satélite

- ❑ O satélite recebe em uma frequência amplifica ou repete o sinal e transmite em outra frequência
- ❑ Órbita geoestacionária. Estão fixos em relação a terra
- ❑ Para permitir que o tráfego ocorra em ambos os sentidos ao mesmo tempo, são necessários dois canais, um para cada sentido
- ❑ Usos
 - Televisão; Telefonia de longa distância; Redes de comunicação de dados

Banda	Downlink	UpLink	Largura de Banda	Problemas
L	1.5 GHz	1.6 GHz	15 MHz	Baixa largura de banda; Muito utilizada
S	1.9 GHz	2.2 GHz	70 MHz	Baixa largura de banda; Muito utilizada
C	4.0 GHz	6 GHz	500 MHz	Interferência Terrestre
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Chuva
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz	Chuva; custo do equipamento

Redes Locais sem Fio

- ❑ IEEE padronizou as LANs sem fios (Padrão 802.11).
- ❑ Existem vários padrões no mercado
 - 802.11a – 54 Mbps na banda de 5 GHz
 - 802.11b – 11 Mbps na banda de 2.4 GHz; Chegou primeiro ao mercado; apesar de mais lento que o 802.11a, seu alcance é cerca de 7 vezes maior
 - 802.11g – Aprovada em Nov, 2001; Em tese pode operar em até 54 Mbps na banda de 2.4 GHz. Compatível com 802.11b
 - 802.11n – Aprovada em Out, 2009; Em tese pode operar até 600 Mbps (utilizando quatro fluxos em um canal de 40 MHz e a metade em uma banda de 20 MHz); Trabalha nas frequências de 2.4 GHz e 5 GHz.



Redes Locais sem Fio

- Basicamente para a criação de uma rede local LAN sem fio é necessário:
- Adaptador de rede Wireless
 - Deve seguir o padrão a ser utilizado pela rede; possui conectores do tipo PCI (desktops); PCMCIA (usualmente em notebooks) e USB



- Ponto de acesso
 - Possui conectores RJ45 a fim de conectar com o restante da rede local com cabos

