



Introdução aos Sistemas de Comunicação Digitais

Marco Antônio C. Câmara

Fundamentos

Comunicação digital surgiu nos terminais de vídeo;
Foi aperfeiçoada nas redes de pequenos computadores;
Hoje é a base da Internet.

Comunicação de qualquer tipo é digital !

Não só dados, também áudio e vídeo;
As aplicações ultrapassaram as fronteiras da TI;
Telecomunicações, Automação e Entretenimento;
Novos ambientes e plataformas que mudaram o mundo.

Por que a informação é digital e binária ?

Informações eram representadas para a visão e audição;

Os sentidos humanos são analógicos;

O que trouxe a “digitalização” das informações?

A simplicidade de representação digital

O digital é mais fácil de armazenar, transmitir e processar;

Se for binário, é mais fácil ainda;

Erros de interpretação são muito mais raros.

A informação não é material, é virtual

É impossível transportar diretamente algo que é virtual;

A informação precisa ser representada em sinais físicos;

Informações são digitais, sinais são analógicos

No transmissor, *hardware* converte informação em sinal;

No receptor, *hardware* faz sinal voltar a ser informação (**a mesma**) !

O Meio Físico (*hardware*) transporta os sinais

Há necessidade de compatibilidade com os sinais;

Há necessidade de compatibilidade com condições ambientais.

O papel do *Hardware*

Redes de Computadores

O Hardware é essencial

Equipamentos, meios físicos, conexões etc;

Todos têm propriedades, especificações e procedimentos de uso;

Não dá para limitar o conhecimento ao software

Boa parte do esforço de projeto, implantação e suporte está no HW;

Mesmo assim, o *software* continua essencial;

Regras e Procedimentos

Transferência de informação envolve um acordo prévio;
Emissor e Receptor seguem convenções até em uma ligação de voz;
Aparelho compatível e disponível; Identificação do destinatário (número, operadora, localização); Palavras iniciais e “etiqueta”.

Protocolos de Comunicação

O conceito é similar;
Comunicações complexas exigem protocolos complexos (viagens?);
No mundo digital, protocolos se organizam em camadas.

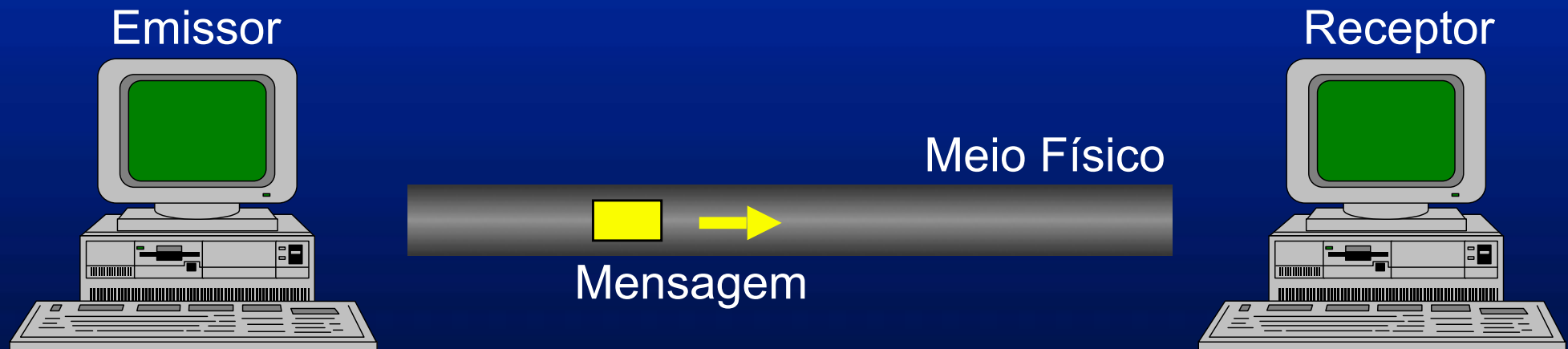
Os quatro elementos

Redes de Computadores

A divisão em blocos básicos facilita o estudo

Arquitetura de Computadores: CPU, Memória e Periféricos;

Redes: Emissor, Receptor, Meio Físico e Mensagem.



Os quatro elementos

Redes de Computadores

Emissor e Receptor

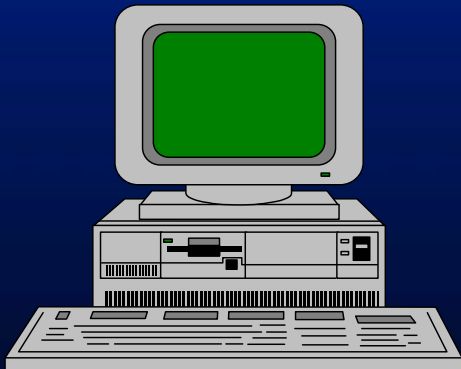
Ficam nas extremidades do canal;

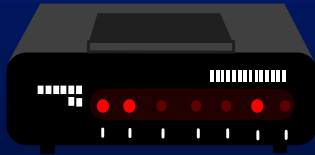
Como o nome diz, um transmite, outro lê.

Ambos estão divididos em duas partes

Data Terminal Equipment

Data Communications Equipment



(DTE) +  (DCE)

Os quatro elementos

Redes de Computadores

Emissor e Receptor

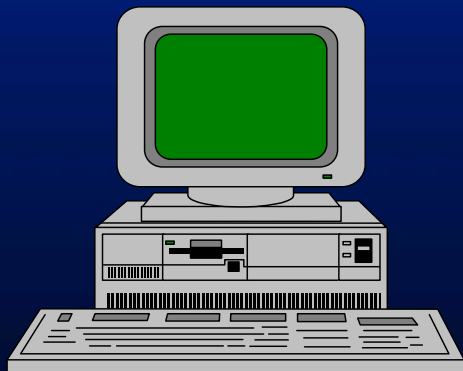
Ficam nas extremidades do canal;

Como o nome diz, um transmite, outro lê.

No transmissor

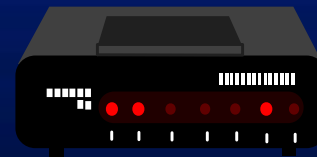
Data Terminal Equipment: **capta informação e digitaliza**

Data Communications Equipment: **converte digital em sinal**



(DTE)

+



(DCE)



Os quatro elementos

Redes de Computadores

Emissor e Receptor

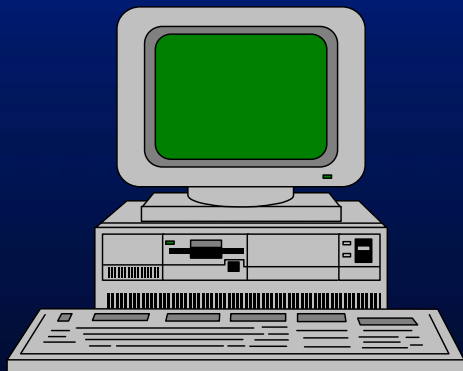
Ficam nas extremidades do canal;

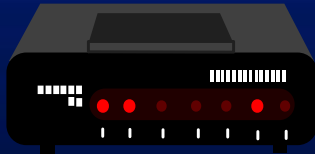
Como o nome diz, um transmite, outro lê.

No receptor

Data Communications Equipment: **converte sinal em digital**

Data Terminal Equipment: **codifica e entrega**



(DTE) +  (DCE)



Os quatro elementos

Redes de Computadores

Meio físico

Material ou substrato que carrega os sinais;

São os sinais que transportam as informações;

O que determina a escolha do meio?

Ambiente (calor, interferências, intempéries, robustez);

Custo;

Alcance mínimo;

Performance necessária.

Mensagem

Informações a serem transmitidas;

Protocolos (cabeçalho e rodapé) → Encapsulamento;

Mensagens aumentam e diminuem devido aos protocolos.

Mensagens usam protocolos comuns

Emissor e Receptor precisam usar o mesmo protocolo para trocar uma mensagem.

Propriedades e Restrições

Velocidade de Propagação;

Largura de Banda;

Taxa de Sinalização;

Taxa de Transferência;

Taxa de Erro.

As propriedades são interdependentes

Não dá para considerar apenas a Taxa de Transferência;

Algumas aplicações dependem fundamentalmente de propriedades específicas.

Velocidade de propagação do SINAL pelo meio físico (e não dos dados)

Medida em m/s, tal como qualquer velocidade (lembrem de física?);

Tipicamente sinais que passam por cabos* viajam a 2/3 de “c”;

Na atmosfera ou no vácuo do espaço**, viajam a “c” (47% mais rápido).

Não afeta aplicações de comunicação típicas;

Grandes distâncias podem exigir análise

A velocidade é alta, mas não é infinita !

Satélites Geoestacionários são um caso crítico, pois limitam aplicações;

* UTP ou FO, tanto faz !

** Atmosfera ou vácuo, tanto faz !

Órbita

O satélite gira ao redor da Terra, criando uma força centrífuga que tenta afastá-lo do planeta, e que varia com a velocidade e altitude;

A força gravitacional atrai o satélite em direção ao planeta, e varia com a altitude;



Composição de Forças

Compondo as forças, chegamos à conclusão que a velocidade do satélite ao redor da Terra depende apenas da sua altitude (fórmula);

Como a Terra também está em movimento rotacional em um plano específico, a velocidade em relação ao solo, a área de cobertura e o tempo necessário para uma comunicação entre ele e um ponto na Terra são afetados por estes 3 parâmetros: altitude, velocidade e plano.

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

v: velocidade orbital
G: constante gravitação
M: massa da Terra
r: raio da órbita

COBERTURA DE SATÉLITE EM FUNÇÃO DA ALTITUDE ORBITAL (FOOTPRINT)

ÓRBITA BAIXA (LEO) | Altitude: ~500 km



Altitude

Altitude da estação receptora. Altitude área de cobertura e de altitude orbital.

Footprint (Área de Cobertura)

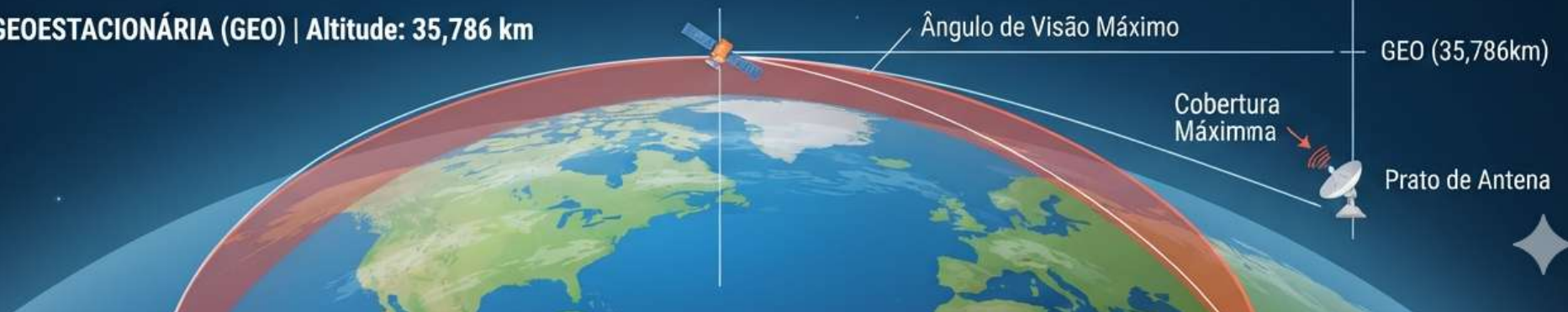
Quanto maior a altitude, maior a área de cobertura e maior o atraso de sinal.

Quanto maior a altitude, maior a área de cobertura e maior o atraso de sinal.

ÓRBITA MÉDIA (MEO) | Altitude: ~10,000 km



ÓRBITA GEOESTACIONÁRIA (GEO) | Altitude: 35,786 km



LEO (500km)

MEO (10,000km)

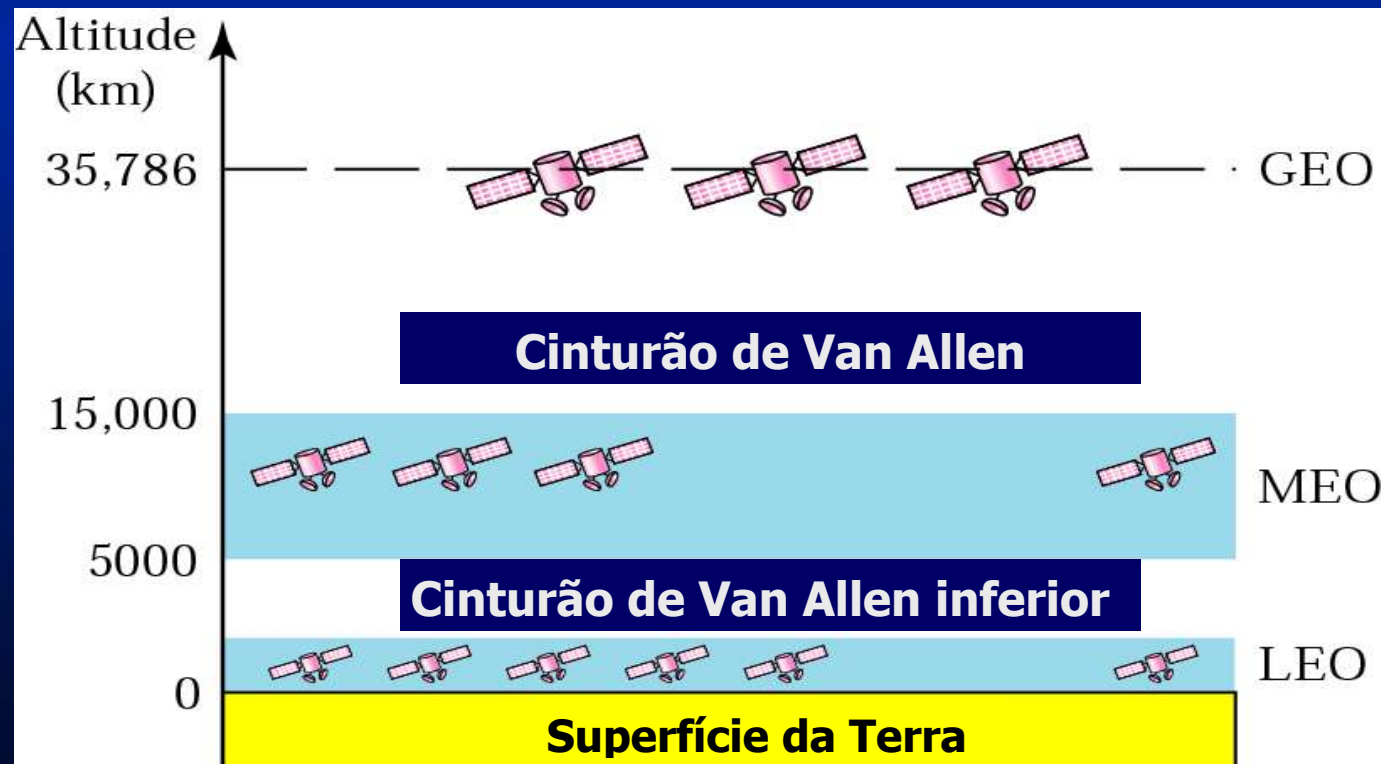
GEO (35,786km)

Quanto à altitude orbital, as órbitas podem ser:

LEO (*Low Earth Orbit*): 160 a 2.000 Km

MEO (*Medium Earth Orbit*): 2.000 a 15.000 Km

GEO (*Geostationary Earth Orbit*): 35.786 Km (obrigatória)



Satélites

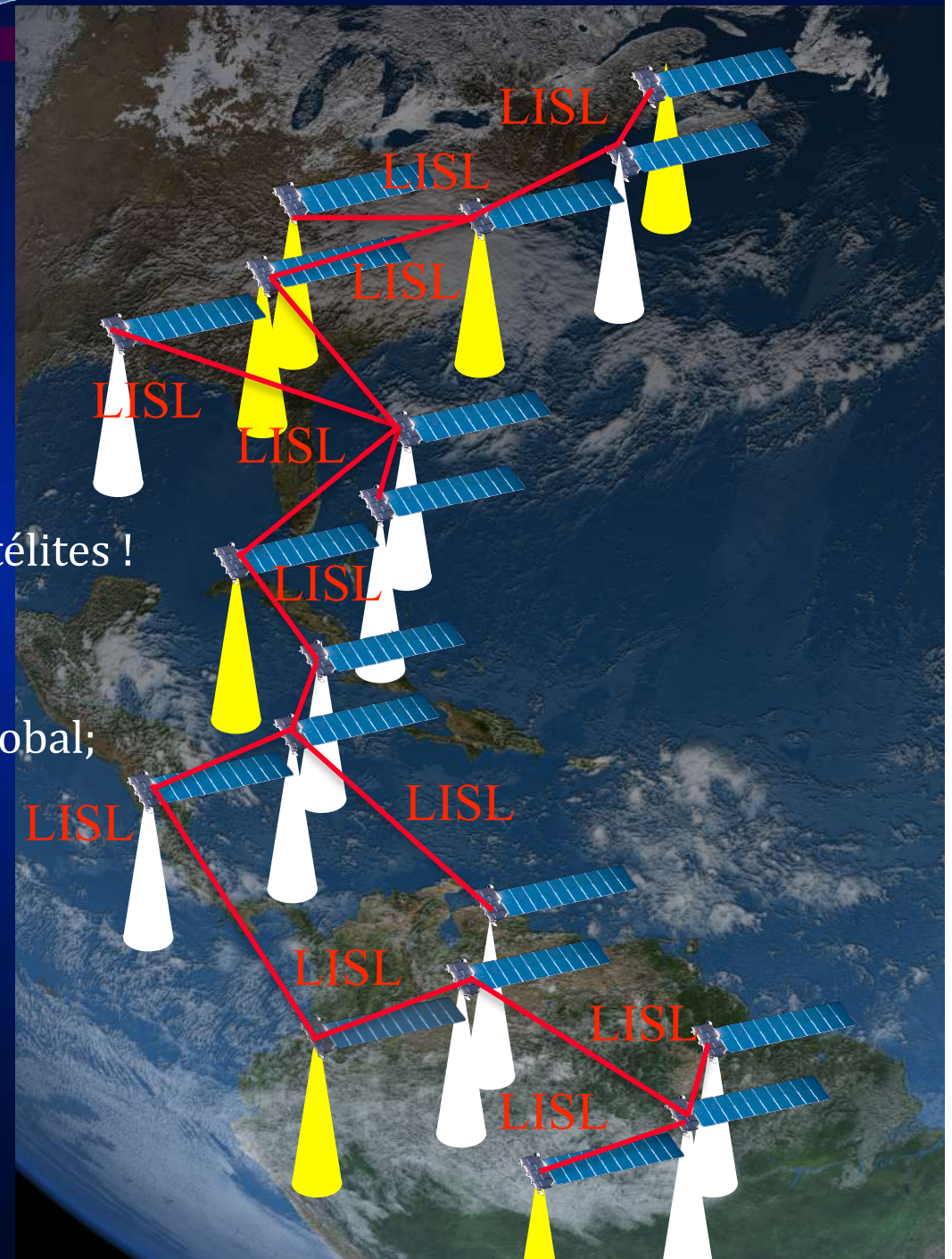
Redes de Computadores

Órbita LEO

- 160 a 2.000 Km altitude;
- Raio de cobertura de 940 Km;
- Retardo mais baixo (25 a 40ms);
- Cada local exige mais de um satélite;
- Área de cobertura menor $\Rightarrow$ mais satélites !

O exemplo da StarLink

- >9.000 satélites (2025), cobertura global;
- LISL (*Laser InterSatellites Link*);
- Direct-to-Cell (tchau, operadoras?)



Órbitas MEO

Tipicamente, 2.000 a 15.000 Km altitude (pode ser maior);

Raio de cobertura de 8.000 Km nas órbitas mais altas;

Sistemas Posicionamento global: GPS (EUA), Galileo (UE), Glonass (russo) e BeiDou (China);

Exige constelação de pelo menos 24 satélites;

Sofrem influência dos cinturões de Van Allen, especialmente nas órbitas mais altas (Galileo).

Órbita GEO

Exige altitude de 35.786 Km, e órbita equatorial;

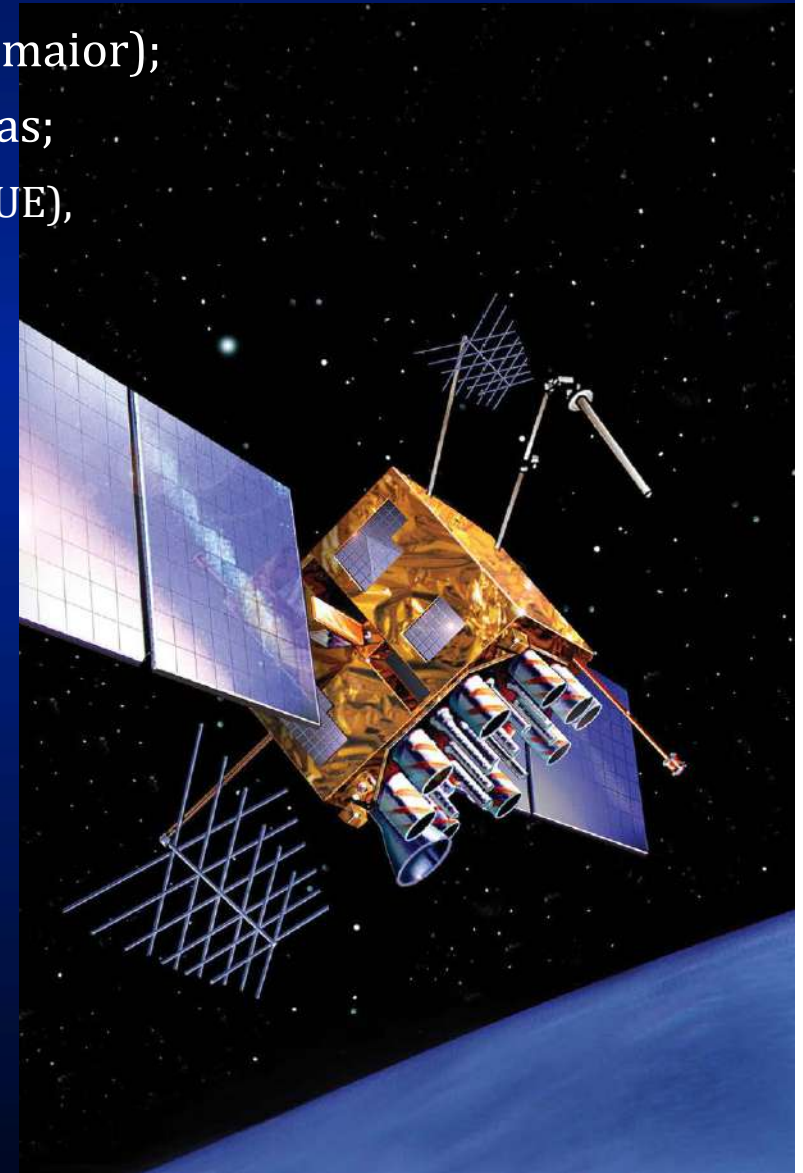
Raio de cobertura de 9.000 Km;

Sistemas GEOestacionários;

Bastam 3 satélites para cobrir o globo;

Retardo elevado (550 a 700ms);

Aplicações limitadas.

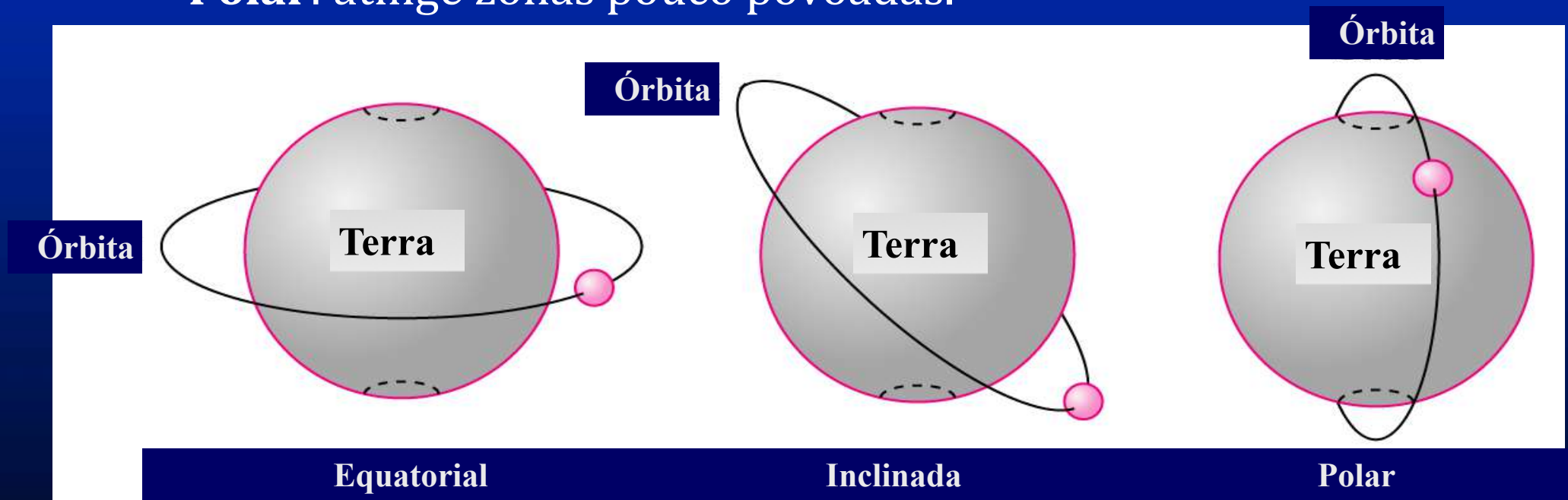


Plano Orbital ou Inclinação da órbita:

Equatorial: obrigatório para GEO;

Inclinado: atinge os trópicos, que são as zonas mais densamente povoadas;

Polar: atinge zonas pouco povoadas.



Impedância e Atenuação

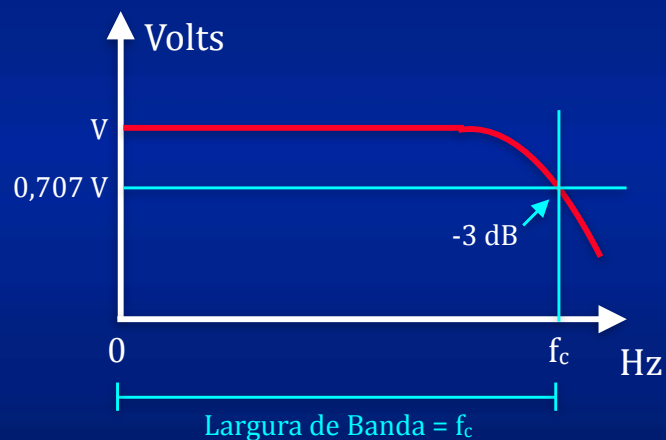
Redes de Computadores

Meios transportam sinais, sinais transportam informação

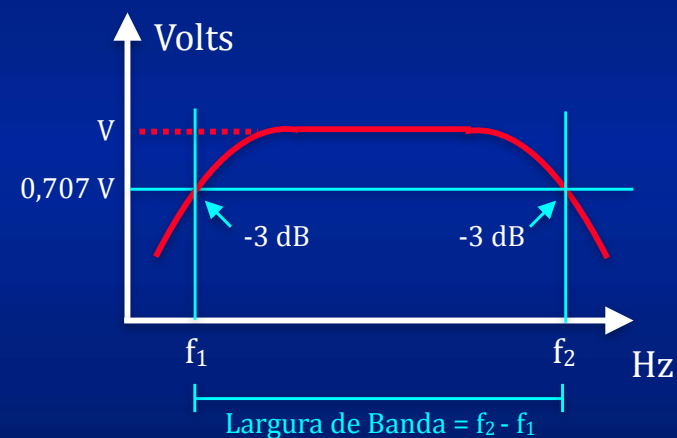
Para transportar informação, um sinal precisa ser variável - frequência em Hz;

Meios Físicos oferecem oposição aos sinais variáveis, chamada de impedância;

A impedância, somada a outras perdas do meio físico, provoca perda de potência (atenuação), que muda em função da frequência do sinal;



Para sinais elétricos em "Banda Base" (frequência cresce a partir de zero), chegaremos a uma frequência limite chamada de frequência de corte (f_c), onde a potência cairá à metade do valor inicial (-3dB).



Para sinais de rádio e luz, existem frequências limite mínima (f_1) e máxima (f_2);

O intervalo entre elas é a "Banda Passante". Fora dela, ocorre perda de potência superior a -3dB.

Em ambos os casos, a faixa de frequências é chamada de Largura de Banda.

Impedância e Atenuação

Redes de Computadores

Meios transportam

Para transportar

Meios Físicos

A impedância

em função

Volts

V

0,707 V

0

Largura de Banda = f_c

A escala vertical em Volts é escolhida por que é muito mais fácil medir a tensão do sinal em Volts do que medir sua potência em Watts.

Como $P = V^2 / R$, é por isto que o valor de 0,707 aparece na linha da perda de -3 dB ($0,707^2 = 0,5$).

), que muda

Hz

Largura de Banda = $f_2 - f_1$

Para sinais elétricos em "Banda Base" (frequência cresce a partir de zero), chegaremos a uma frequência limite chamada de frequência de corte (f_c), onde a potência cairá à metade do valor inicial (-3dB).

Para sinais de rádio e luz, existem frequências limite mínima (f_1) e máxima (f_2);

O intervalo entre elas é a "Banda Passante". Fora dela, ocorre perda de potência superior a -3dB.

Em ambos os casos, a faixa de frequências é chamada de Largura de Banda.

Largura de Banda maior implica em mais dados !

Faixas de frequência maiores naturalmente transportam mais informações;

Mais informação = Mais desempenho / Confiabilidade;

Sistemas com esta característica são identificados como de “Banda Larga”.

A Largura de Banda é uma característica física

Não é possível aumentá-la sem alterar características do meio;

Na maior parte dos casos, a solução é a troca do meio físico;

Existem porém formas de transportar mais informação sem aumentá-la.

Sinais precisam representar informação

Símbolos são codificados, tal como nos Sistemas de Numeração;

Nos primórdios da comunicação digital, a abordagem era binária: 2 símbolos;

Nos sistemas modernos, existem múltiplos símbolos;

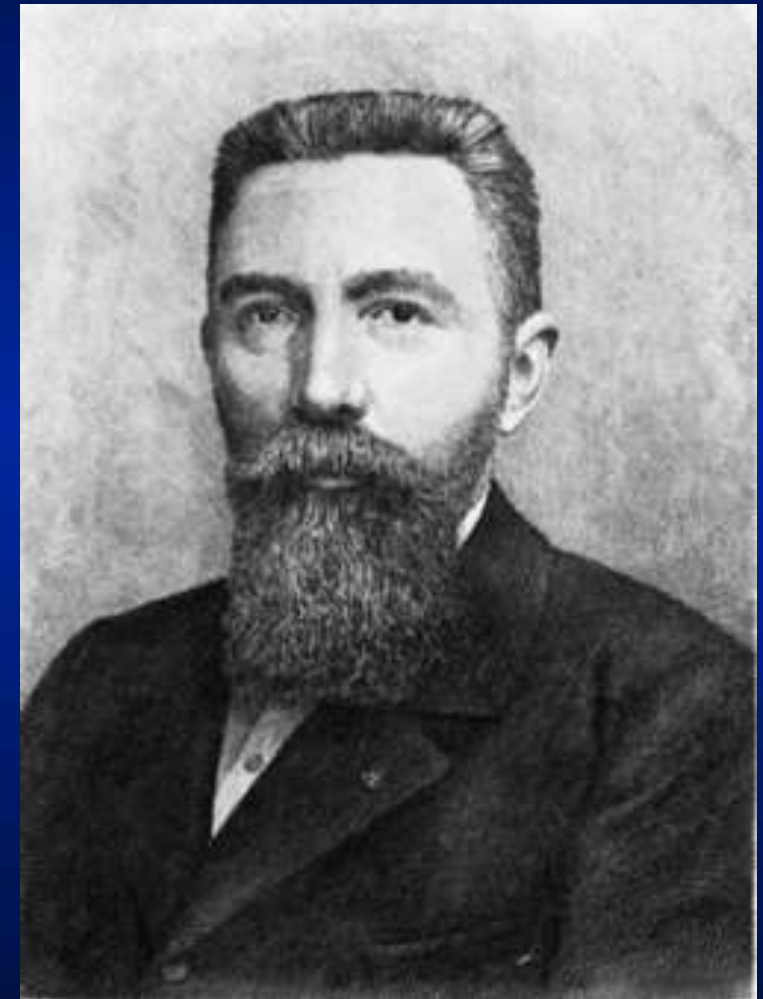
A quantidade de símbolos por segundo é representada em Bauds.

A unidade Baud é uma homenagem a Jean-Maurice-Émile Baudot

Viveu de 1845 a 1903, muito antes dos computadores, ou mesmo do código ASCII;

Pioneiro nas Telecomunicações Automatizadas;

Criou a TDM (Multiplexação por Divisão de Tempo), permitindo que múltiplos telegrafistas utilizassem a mesma linha física, otimizando o seu uso.



Mais símbolos $\Rightarrow$ Mais bits ?

Abandono da codificação binária, porém ainda digital;
Codificação não binárias (multinível) são mais complexas;
Com muitos símbolos, a diferença entre eles diminuem;
Ruídos ou interferências podem corromper a informação (BER).

BER (Bit Error Rate)

Efeito aumenta a cada aumento do número de símbolos;
O objetivo agora é evitar a confusão entre os símbolos;
Codificação das informação no sinal (modulação) precisa ser mais complexa;
E se alterarmos mais de uma característica do sinal de forma independente?
Uma opção é alterar amplitude a fase (estudaremos mais tarde);
Amplitude no eixo X, Fase no eixo Y.

Diagrama em Constelação

Redes de Computadores

Pontos "X"

Transmissão

Pontos azuis

Recepção, com
efeitos da BER

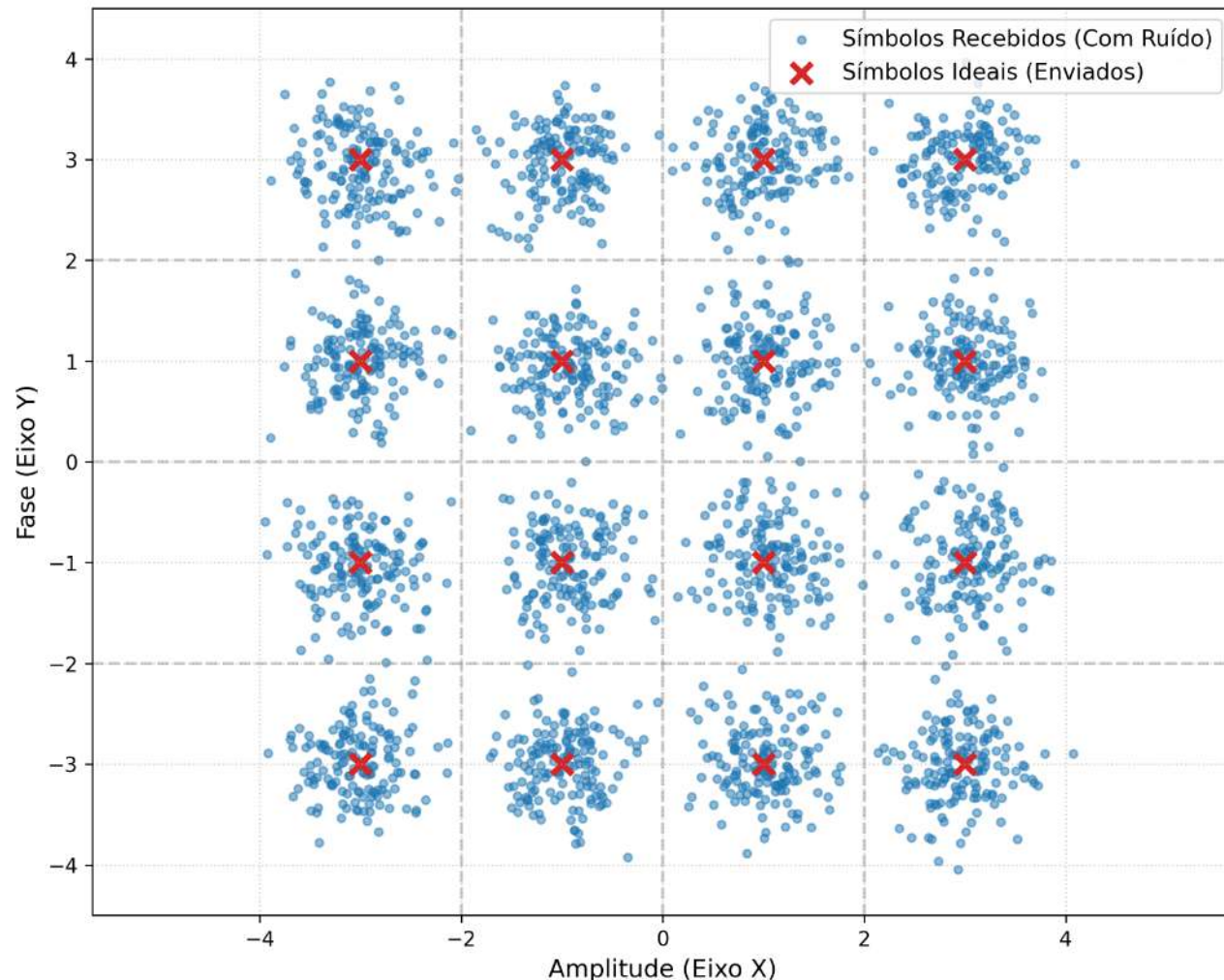
Quadrantes

Fronteiras de
decisão;
Não devem ser
ultrapassadas.

Mais pontos

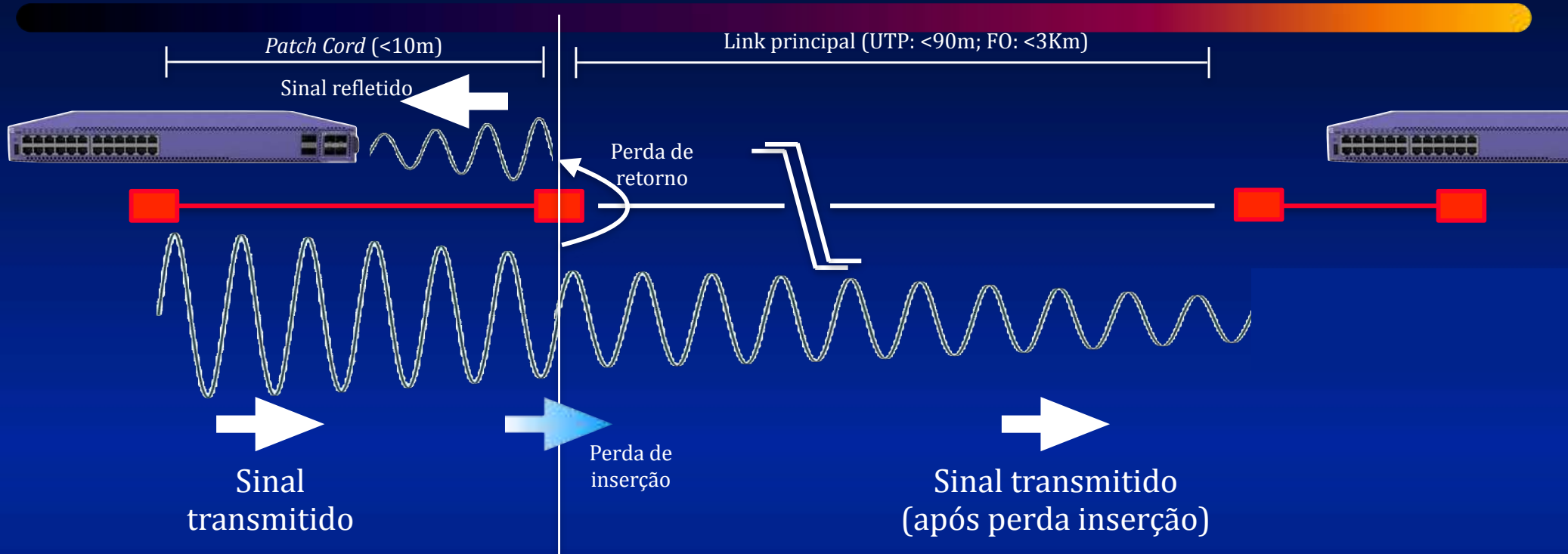
Maior BER.

Como o Ruído confunde o Receptor na Identificação de Símbolos (Constelação 16-QAM)



Perdas de Inserção e Retorno

Redes de Computadores



Não são apenas os ruídos e interferências que geram erros !

Taxas elevadas exigem sinais de alta frequência

Sinais são muito afetados por perdas nas conexões e emendas (perda de inserção);

Parte desta potência perdida gera um sinal refletido (*Return Loss*) → Interferência !

Quanto maior o *patch cord*, menor o *Return Loss* (≥ 4 pés ?);

Insertion Loss depende da qualidade e quantidade das conexões.

O sinal sofre interferências e perda de potência

Ruídos e interferências externas;

Características físicas do meio e suas conexões.

A Pergunta: qual a performance da transferência?

Normalmente isso é o que mais interessa aos usuários;

Não depende apenas do meio; a Sinalização é fundamental;

Fórmula da *Capacidade de Nyquist* :

$$\text{Taxa} = 2 \cdot B \cdot \log_2 n$$

Onde: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Taxa é a Taxa de Transferência Máxima (em bps)} \\ B \text{ é a Largura de Banda do meio físico (em Hz)} \\ n \text{ é a quantidade de símbolos diferentes} \end{array} \right.$

$\log_2 n$ representa a eficiência da tecnologia.

A capacidade de Nyquist é um cenário teórico

Canal perfeito e livre e livre de interferências;

Teoricamente, quanto mais símbolos, maior a capacidade;

Na prática, a natureza impõe limites.

Claude Shannon colocou o ruído na equação

$$C = B \cdot \log_2(1 + S/N)$$

Onde: {

- C é a Capacidade Máxima do meio (em bps)
- B é a Largura de Banda (em Hz)
- S/N é a relação Sinal/Ruído

Quanto menor a relação Sinal/Ruído, menor a capacidade

Note que não há dependência da Taxa de Sinalização;

Ela trata do limite físico - para ultrapassar, só outro meio.

Teorema de Shannon

Redes de Computadores

A capacidade de Nyquist

Canal perfeito

Teoricamente

Na prática

Claude Shannon (1916–2001)

$$C = B \cdot \log_2(1 + S/N)$$

Claude Shannon (1916–2001) é considerado o "Pai da Teoria da Informação". Na 2ª Guerra, trabalhou secretamente desenvolvendo sistemas de criptografia e comunicações seguras para as forças armadas, inclusive colaborando com Alan Turing). Este esforço focado em lidar com interceptações e interferências deu a Shannon a base para publicar, em 1948, seu artigo "A Mathematical Theory of Communication".

- S/N é a relação Sinal/Ruído

Quanto menor a relação Sinal/Ruído, menor a capacidade

Note que não há dependência da Taxa de Sinalização;

Ela trata do limite físico - para ultrapassar, só outro meio.

Alcance e Performance?

Cuidado com as classificações ...

Que tal usar a propriedade sobre o meio físico como delimitador ?

LANs - Área Local (*Local Area Networks*)

WANs - Área Estendida (*Wide ...*)

MANs - Área Metropolitana (*Metropolitan ...*)



O conceito de “Tempo de Resposta”

Processamento em Lote

Processamento “*on-line*”

Processamento em “Tempo Real”

Quanto ao Sentido do Fluxo

Simplex

Half-Duplex

Full-Duplex

Quanto ao formato

Síncrona

Assíncrona

As informações precisam ser codificadas em símbolos que modificam sinais elétricos, óticos ou eletromagnéticos;

Podemos fazer isto através da **Modulação** ou da **Codificação Banda Base**.

Na Modulação, uma senoide pura (com frequência escolhida pela propriedade do sinal) é **modulado**, ou seja, tem suas propriedades alteradas para codificar os dados;

Na Codificação Banda-Base, não há portadora. Os símbolos são convertidos diretamente em níveis ou transições do sinal. A frequência começa em zero.

Por que a Senoide?

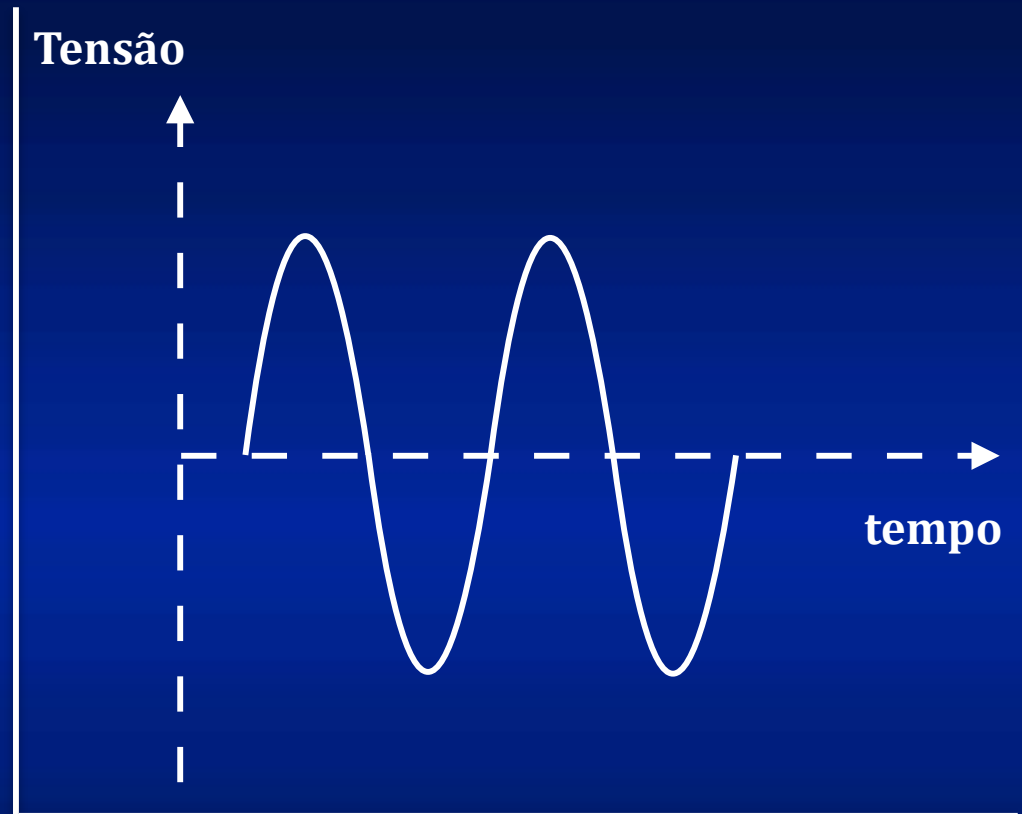
O sinal senoidal é uma oscilação pura, ou natural

Ondas do mar; Um pêndulo;
A corda de um violão; Um diapásão.

Na modulação, a senoide pura é chamada de **portadora**;

A frequência da senoide é escolhida em função da propriedade do sinal;

Ex. Propagação eletromagnética



Por que a Senoide?

O sinal senoidal é uma oscilação pura, ou natural

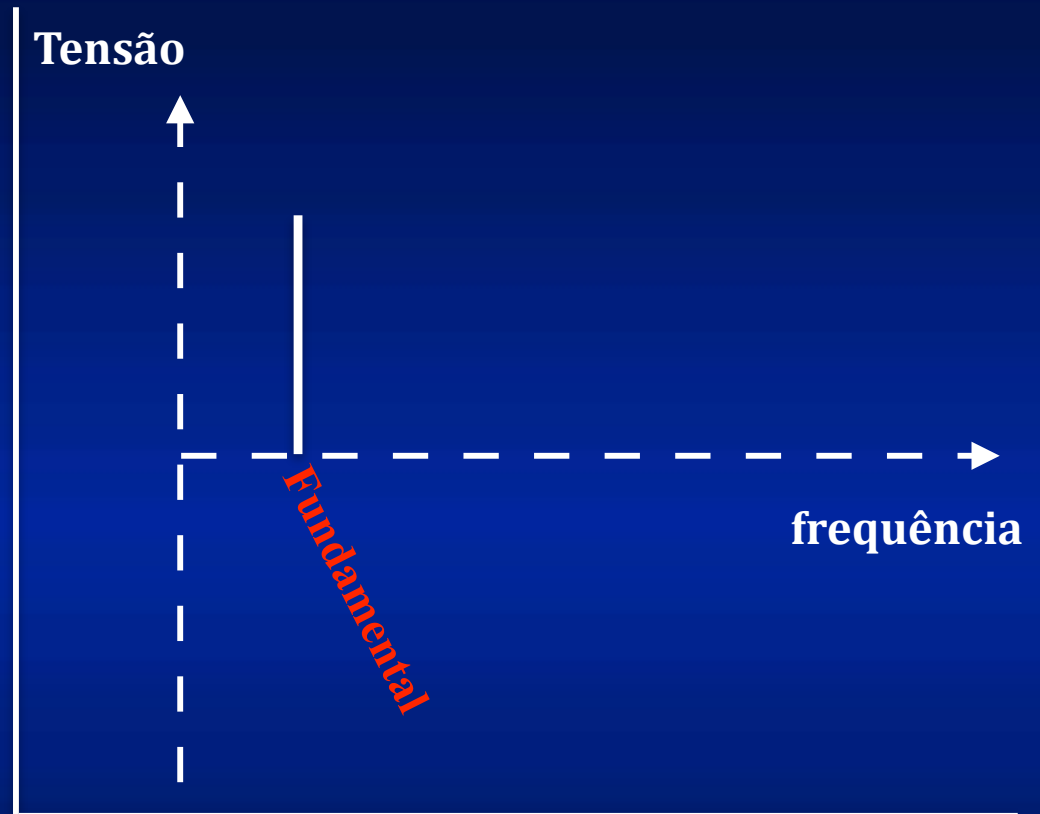
Ondas do mar; Um pêndulo;
A corda de um violão; Um diapásão.

Na modulação, a senoide pura é chamada de **portadora**;

A frequência da senoide é escolhida em função da propriedade do sinal;

Ex. Propagação eletromagnética

No domínio da frequência, portadora tem uma única componente e UMA frequência, chamada de **fundamental**.



Por que a Senoide?

O sinal senoidal é uma oscilação pura, ou natural

Ondas do mar; Um pêndulo;
A corda de um violão; Um diapásão.

Na modulação, a senoide pura é chamada de **portadora**;

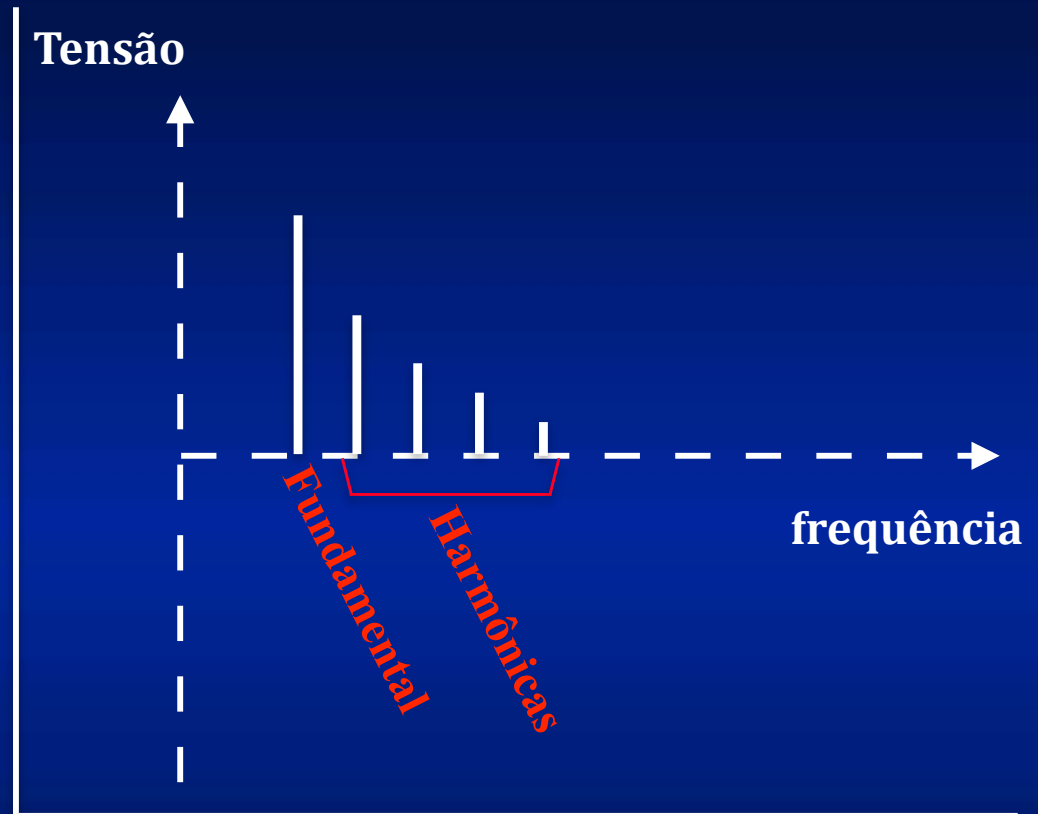
A frequência da senoide é escolhida em função da propriedade do sinal;

Ex. Propagação eletromagnética

No domínio da frequência, portadora tem uma única componente e UMA frequência, chamada de **fundamental**.

Sinais não puros possuem diversas componentes de diversas frequências, chamadas de **harmônicas**.

Veremos depois que **qualquer sinal periódico** pode ser representado por componentes senoidais (transformada de Fourier)



Modulação AM

Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

Amplitude;

Frequência ou Período;

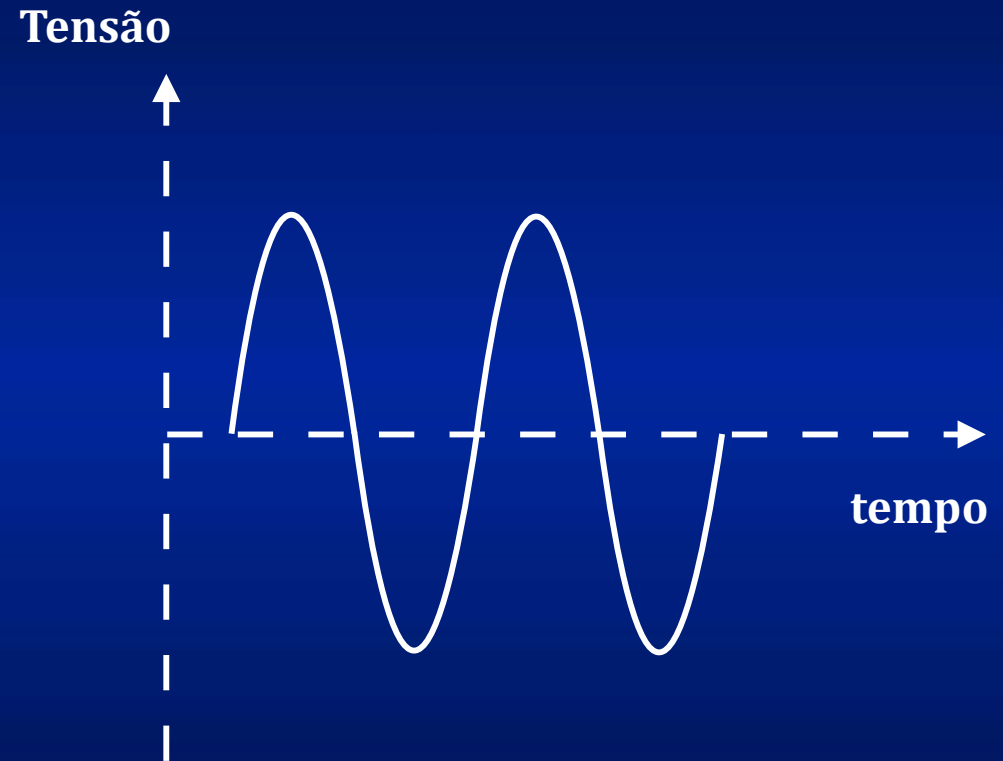
Fase.

Magnitude ou Força

Receptor muito simples;

Energeticamente pouco eficiente;

Muito sensível a interferências.



Modulação AM

Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

Amplitude;

Frequência ou Período;

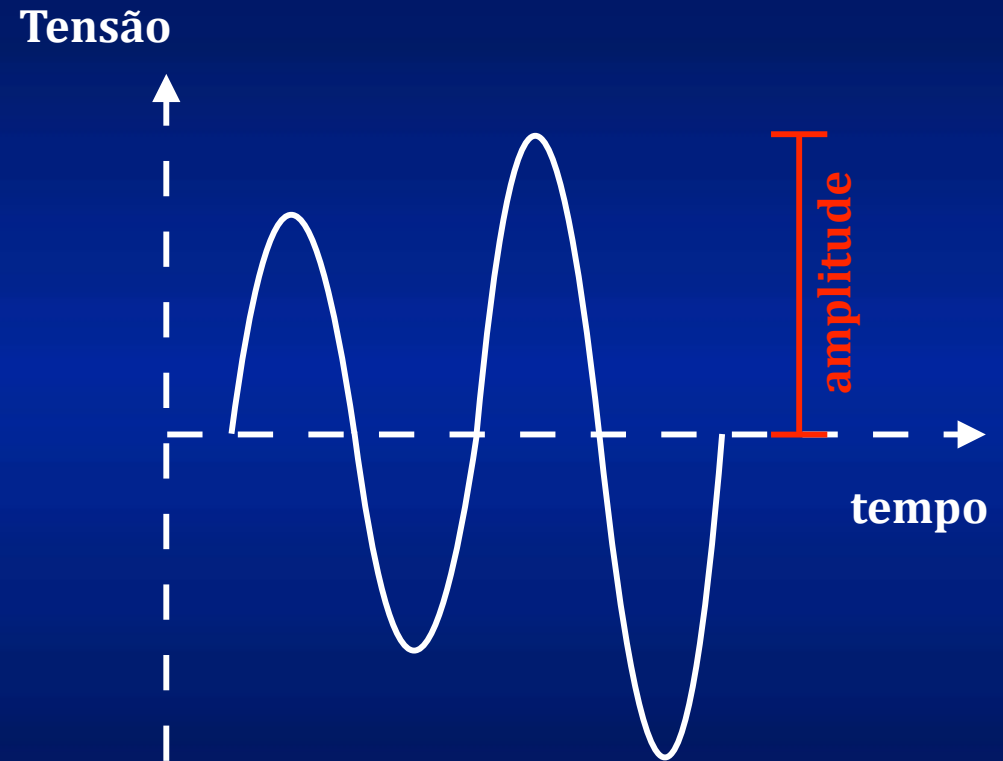
Fase.

Magnitude ou Força

Receptor muito simples;

Energeticamente pouco eficiente;

Muito sensível a interferências.



Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

Amplitude;

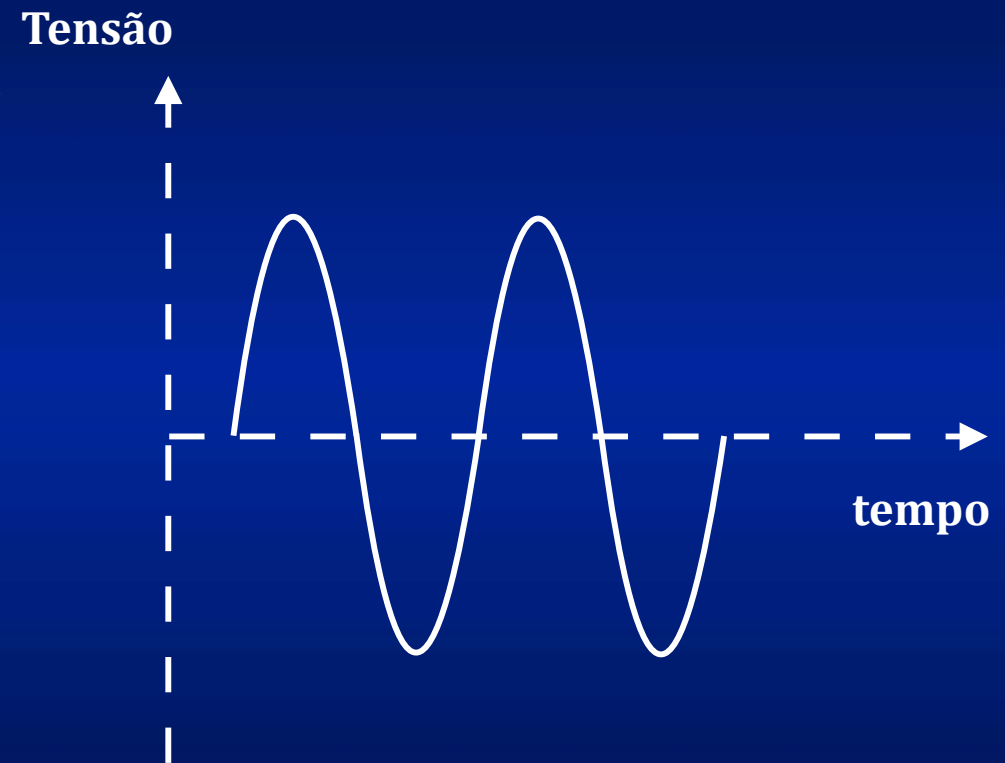
Frequência ou Período;

Fase.

Taxa de variação

Resistente a interferências;

Muito ineficiente, exigindo grande largura de banda.



Modulação FM

Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

Amplitude;

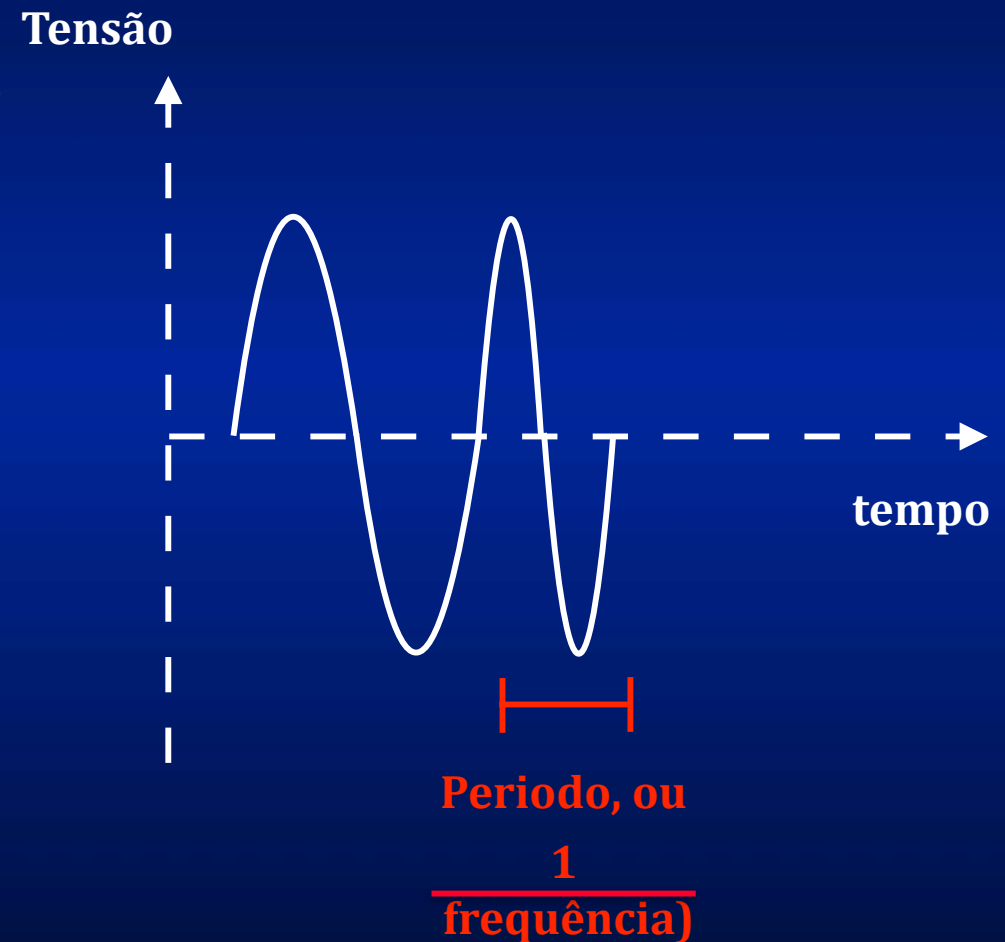
Frequência ou Período;

Fase.

Taxa de variação

Resistente a interferências;

Muito ineficiente, exigindo grande largura de banda.



Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

Amplitude;

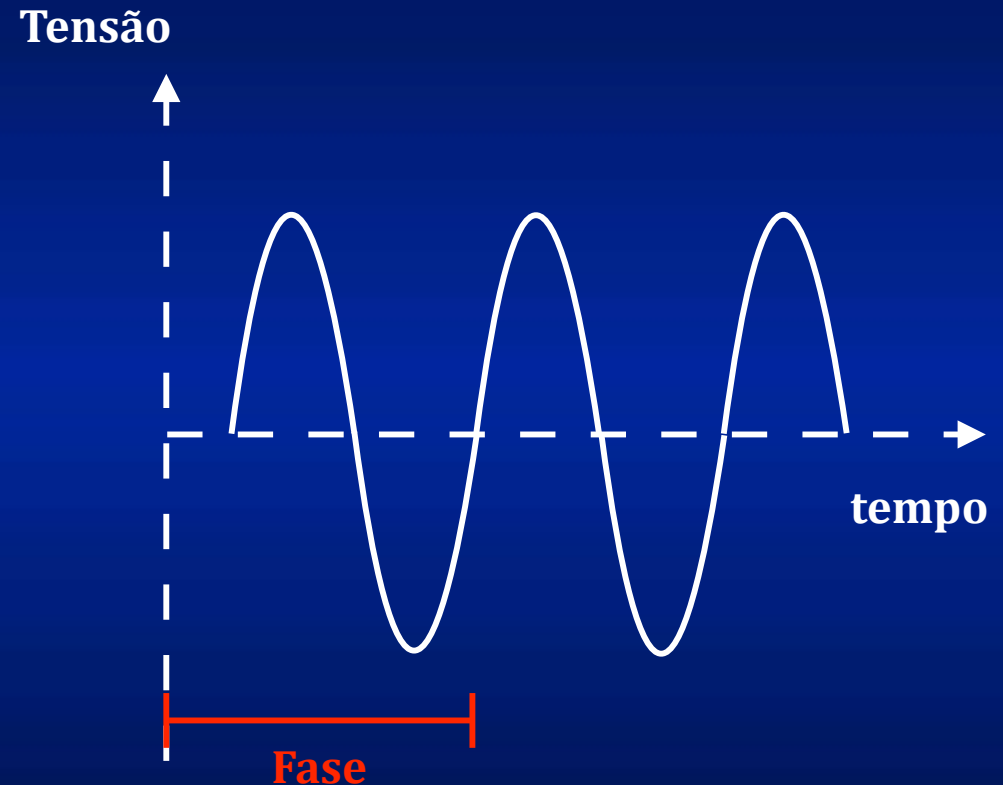
Frequência ou Período;

Fase.

Deslocamento angular

Resistência a interferências;

Muito útil nas transmissões digitais.



Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

Amplitude;

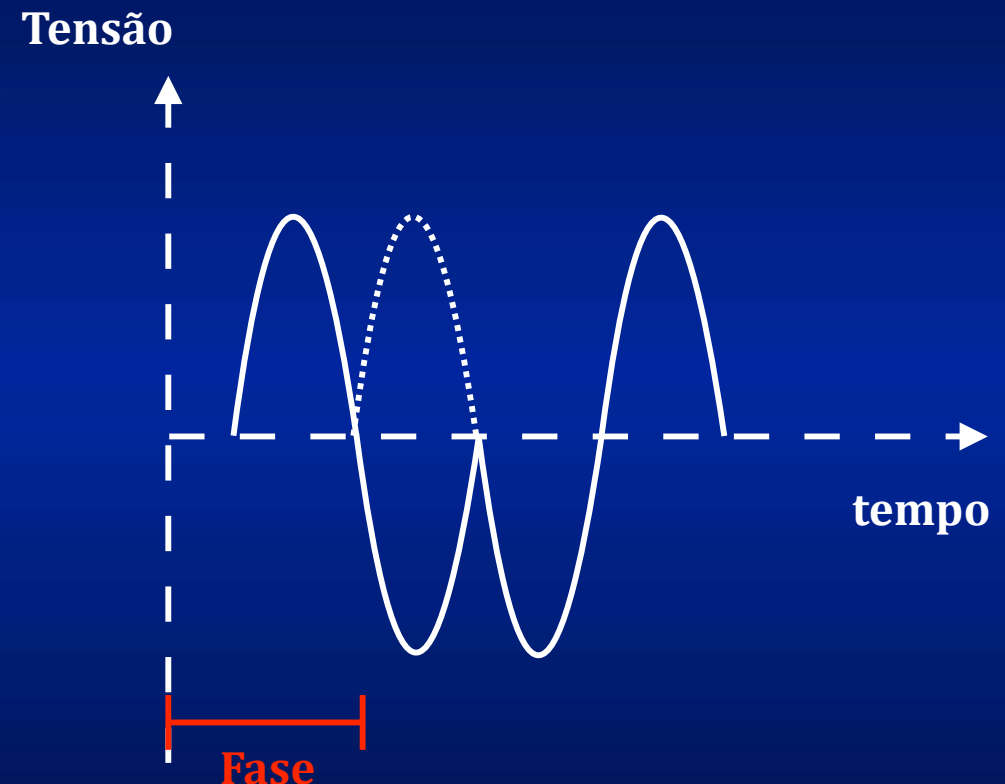
Frequência ou Período;

Fase.

Deslocamento angular

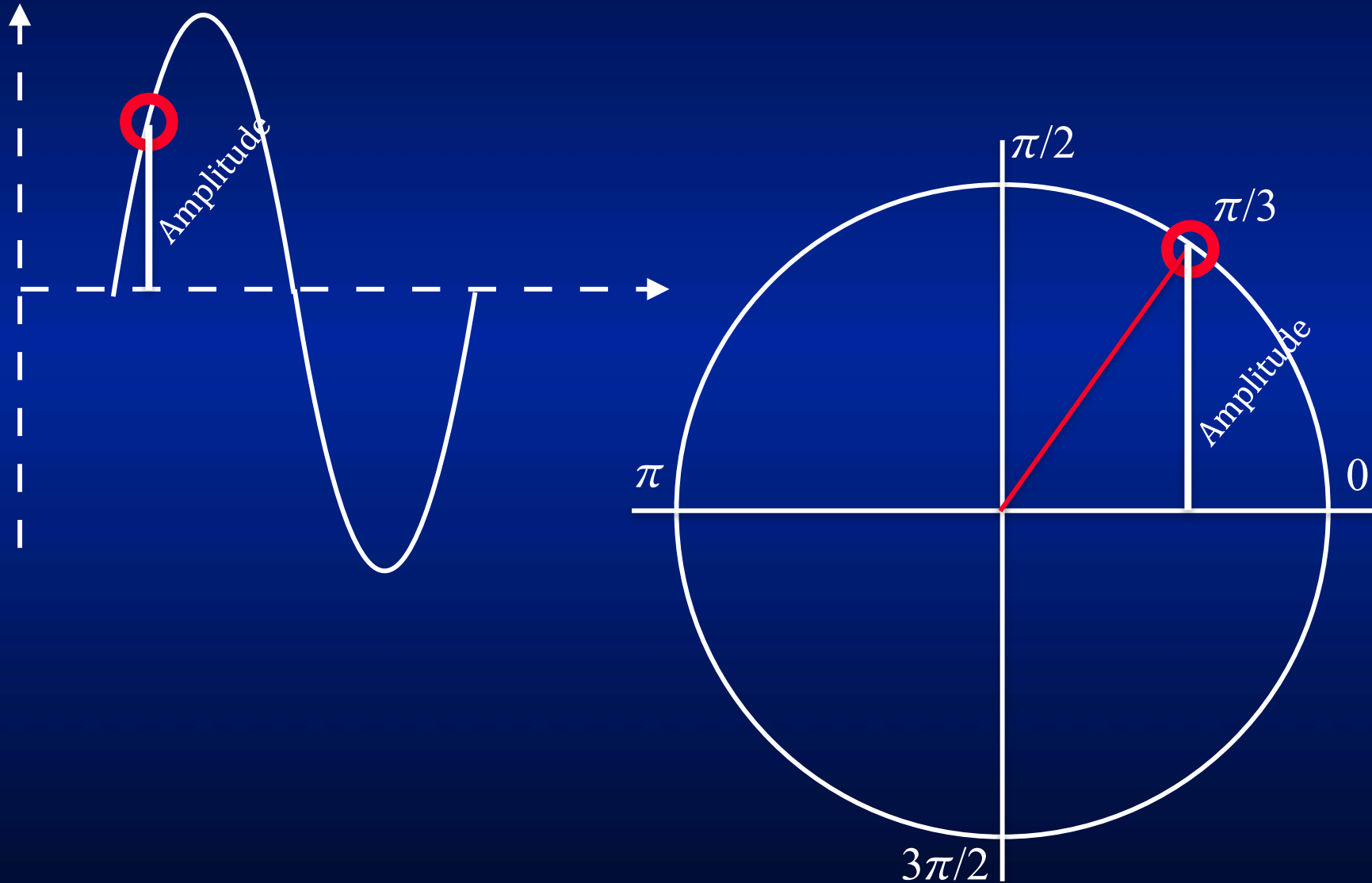
Resistência a interferências;

Muito útil nas transmissões digitais.



Modulação PM

Redes de Computadores



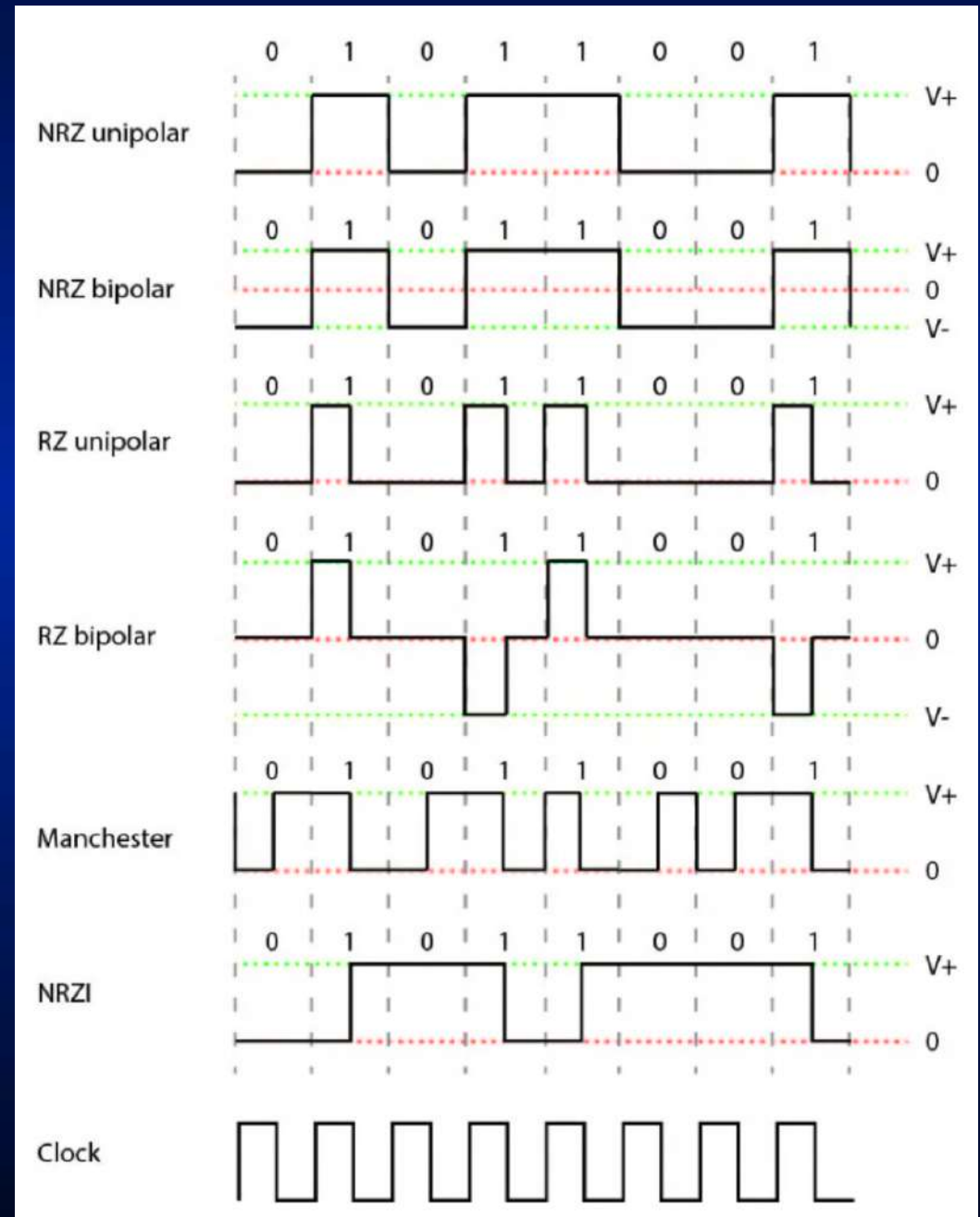
Codificação Banda-Base

NRZ (*Non Return to Zero*): parece o mais óbvio, mas tem problemas graves de sincronismo de clock;

RZ (*Return to Zero*): um dos primeiros a usar a transição, e não o valor do sinal para identificar o símbolo;

NRZI: transição para bits iguais a 1;

Manchester: transições tanto para 1 quanto para 0, o que promove ao menos uma transição por bit, facilitando o sincronismo de clock.



Análise de Sinais

Transformada de Fourier

Codificação Banda Base na prática

- Ethernet padrão 10BaseT (10 Mbps);

- Fast e Giga Ethernet sobre UTP

- Codificação em Fibra Ótica

Ao codificar, perdemos a “pureza” da senoide;

Ocorrerá resistência à passagem dos sinais, gerando distorção ou no mínimo atenuação;

Como analisar o comportamento do sinal?

- Distorção esperada?
- Alcance máximo com distorção e atenuação limitada?
- Limite desejável de frequência?

Jean-Baptiste Joseph Fourier

21/03/1768 - 16/03/1830

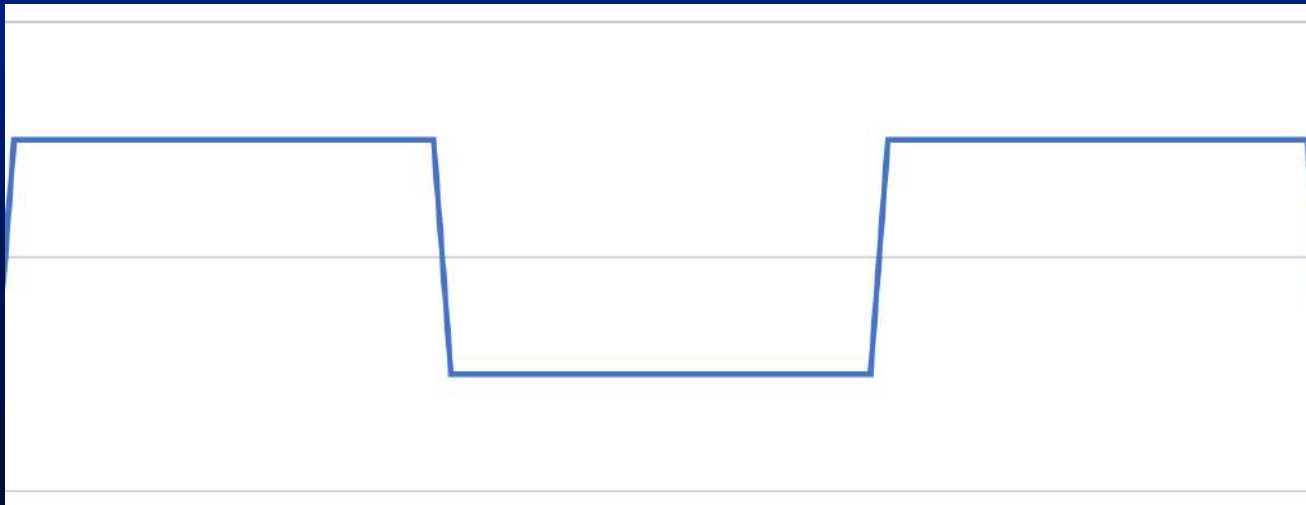
Matemático e Físico Francês;
Estudou os problemas de condução do calor, e descobriu o efeito estufa;
Celebrado pelo estudo de séries de funções trigonométricas convergentes.



Nas redes de comunicação, e em diversas outras aplicações de análise de dados, a Transformada de Fourier é uma ferramenta fundamental:

$$f(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} (A(w)\cos(wt) + B(w)\sin(wt))dw$$

Esta equação deve ser aplicada de forma específica para cada função periódica analisada. No nosso caso, vamos considerar como exemplo uma onda quadrada típica das comunicações digitais, e usar uma versão numérica, e não algébrica:



Esta é a versão mais utilizada:

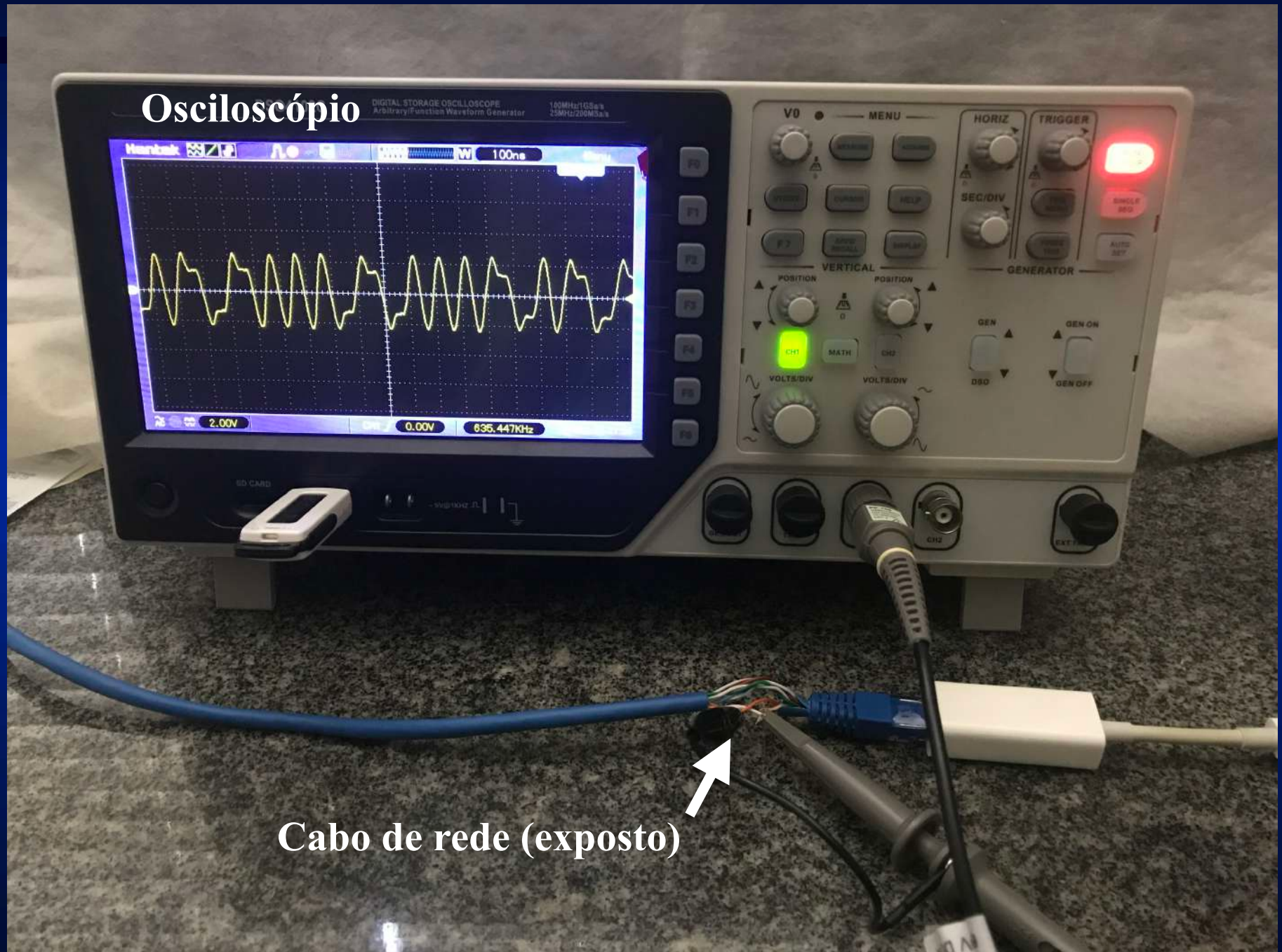
$$f(t) = \frac{a}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} * \text{sen}(n * x) , \text{ onde:}$$

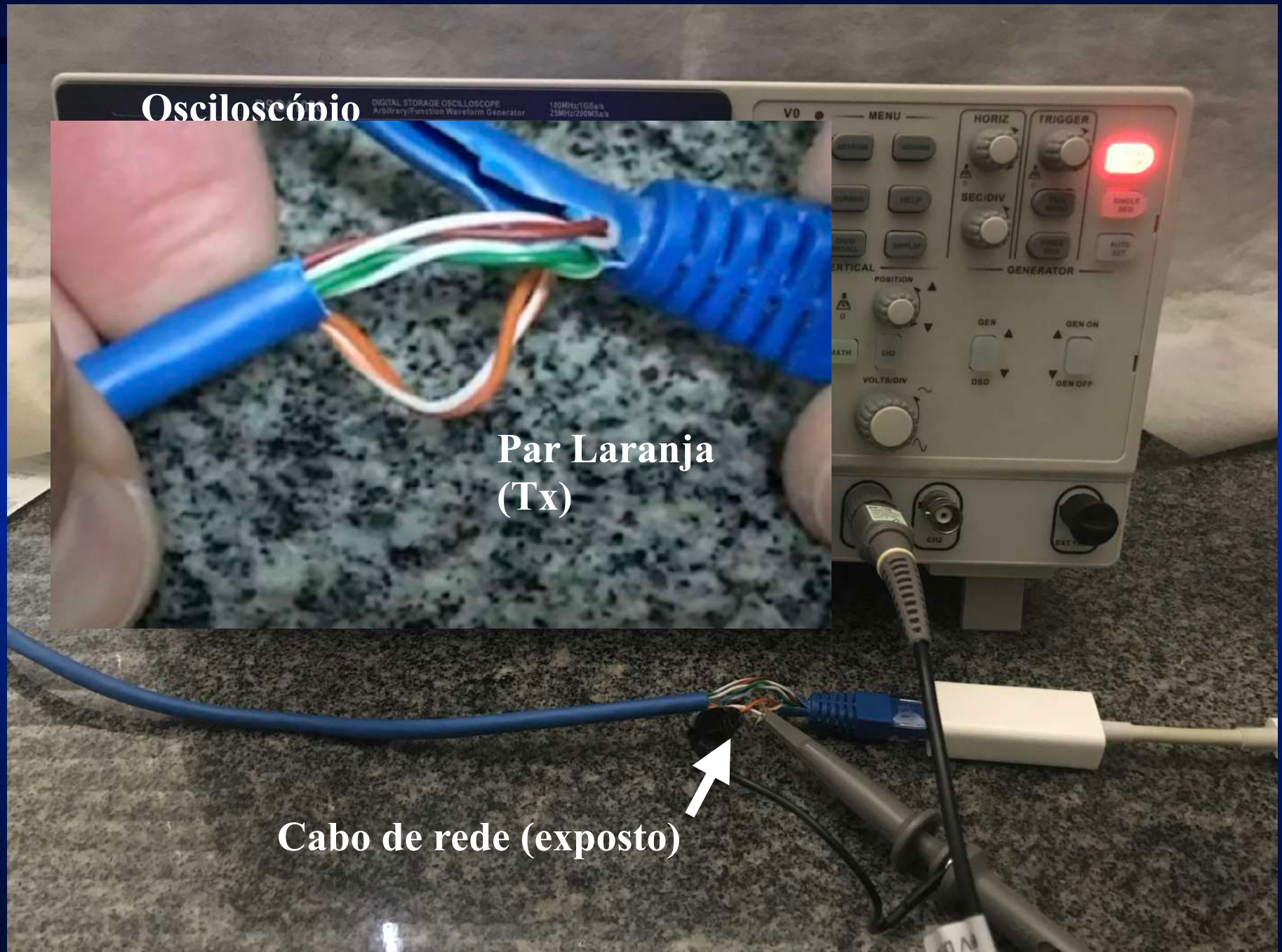
"a" é a amplitude da onda

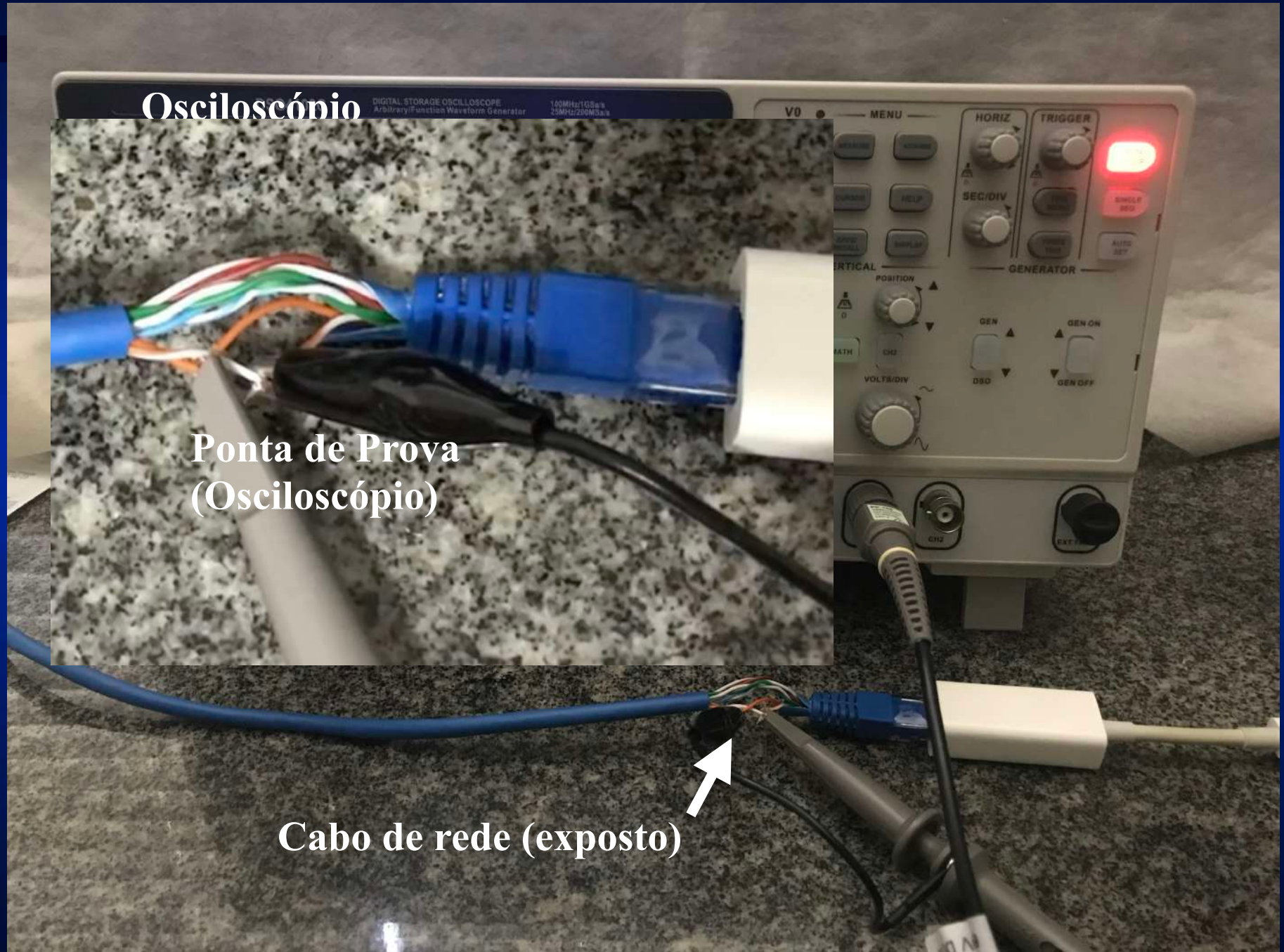
"n" está incluído no conjunto de números naturais inteiros

A senoide representada pelo primeiro elemento da série é chamada de "fundamental", enquanto que as demais são chamadas de "harmônicas"

Como é impossível incluir infinitas harmônicas, o somatório não será completo, gerando ondas quadradas distorcidas.









No meio físico, o protocolo estabelece a utilização da codificação Manchester;

Apenas os pares laranja e verde transmitem sinais

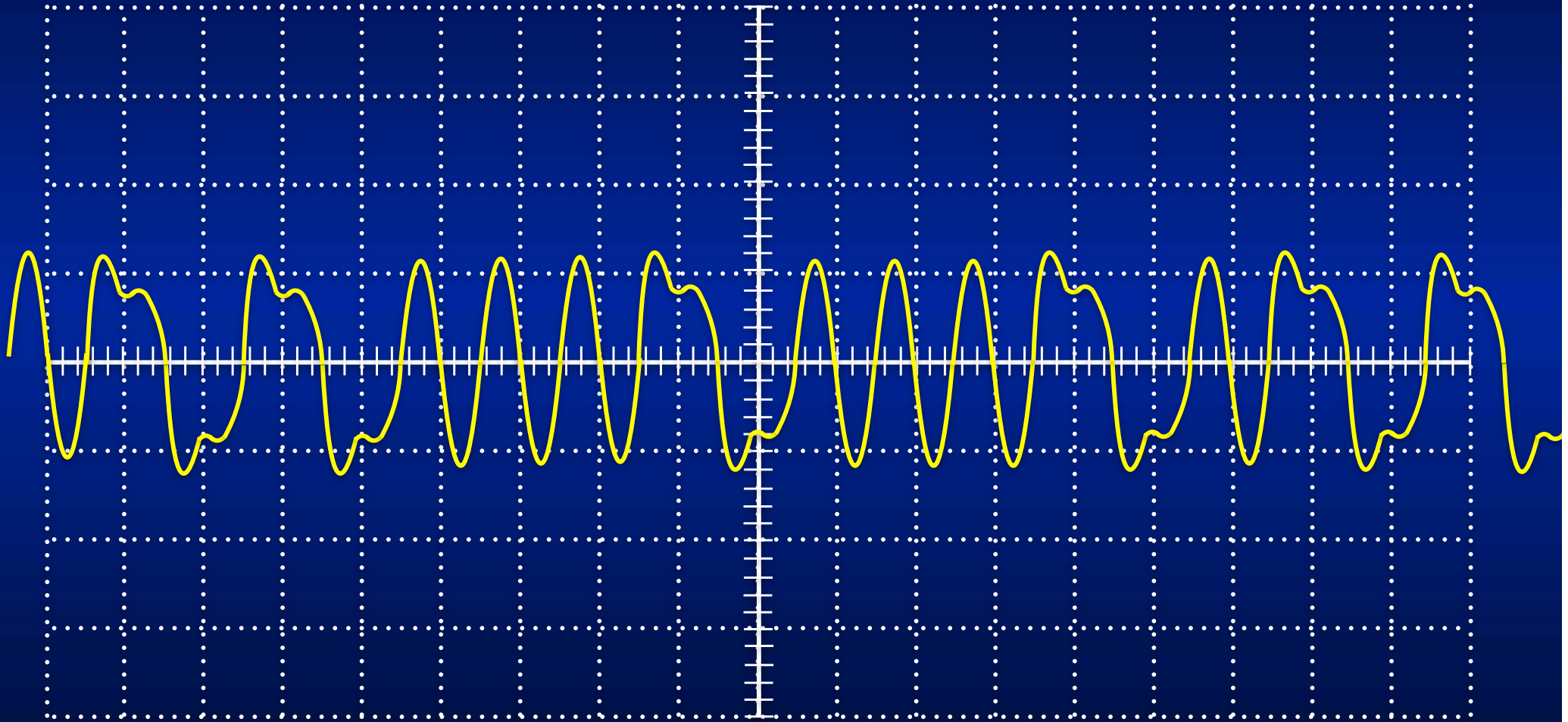
Laranja - Tx; Verde - Rx

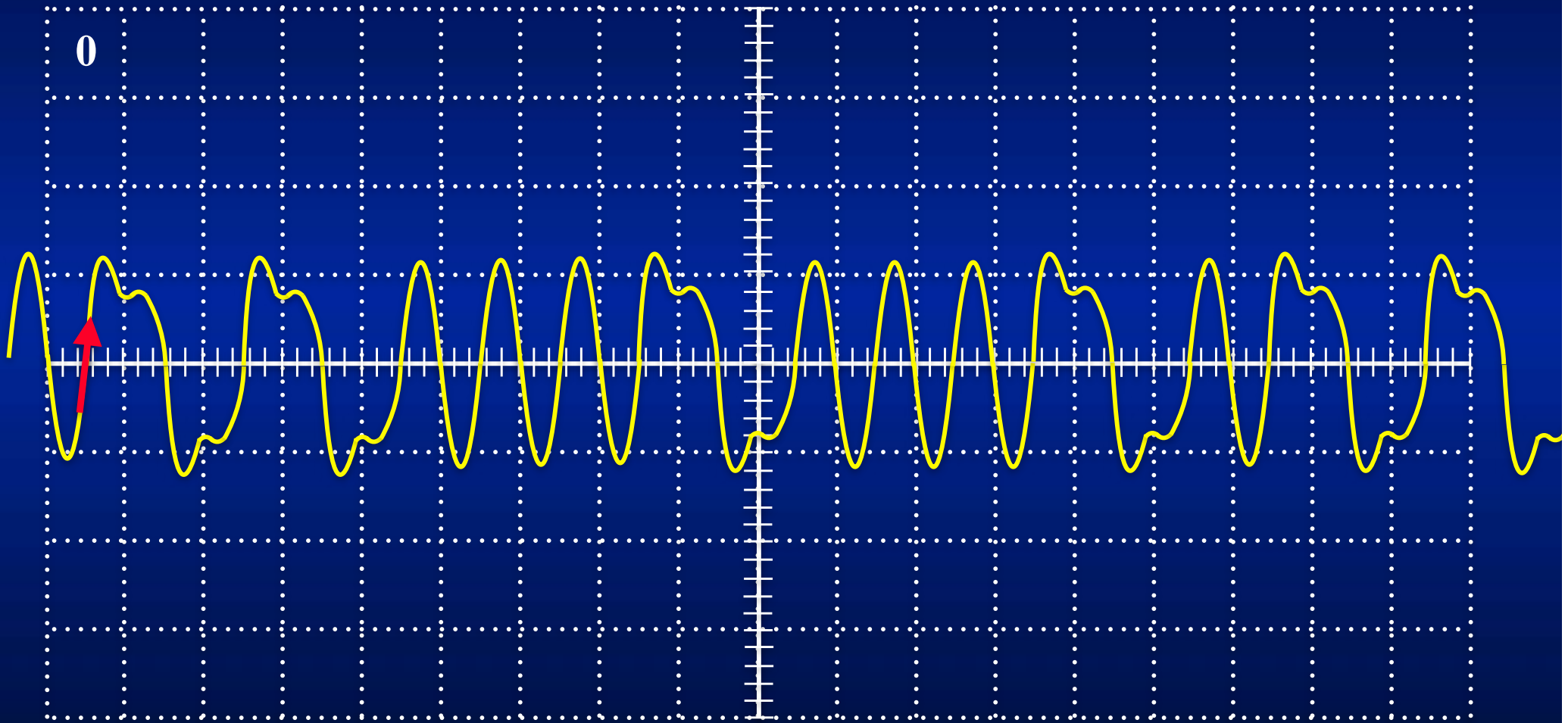
Apenas o par laranja foi monitorado ($f < 10 \text{ MHz}$);

Como o sinal possui aproximadamente a mesma área ocupada dos dois lados do eixo dos 'x', o nível DC é constante no sinal.

Diante da ocorrência de colisões, o nível DC sobe;

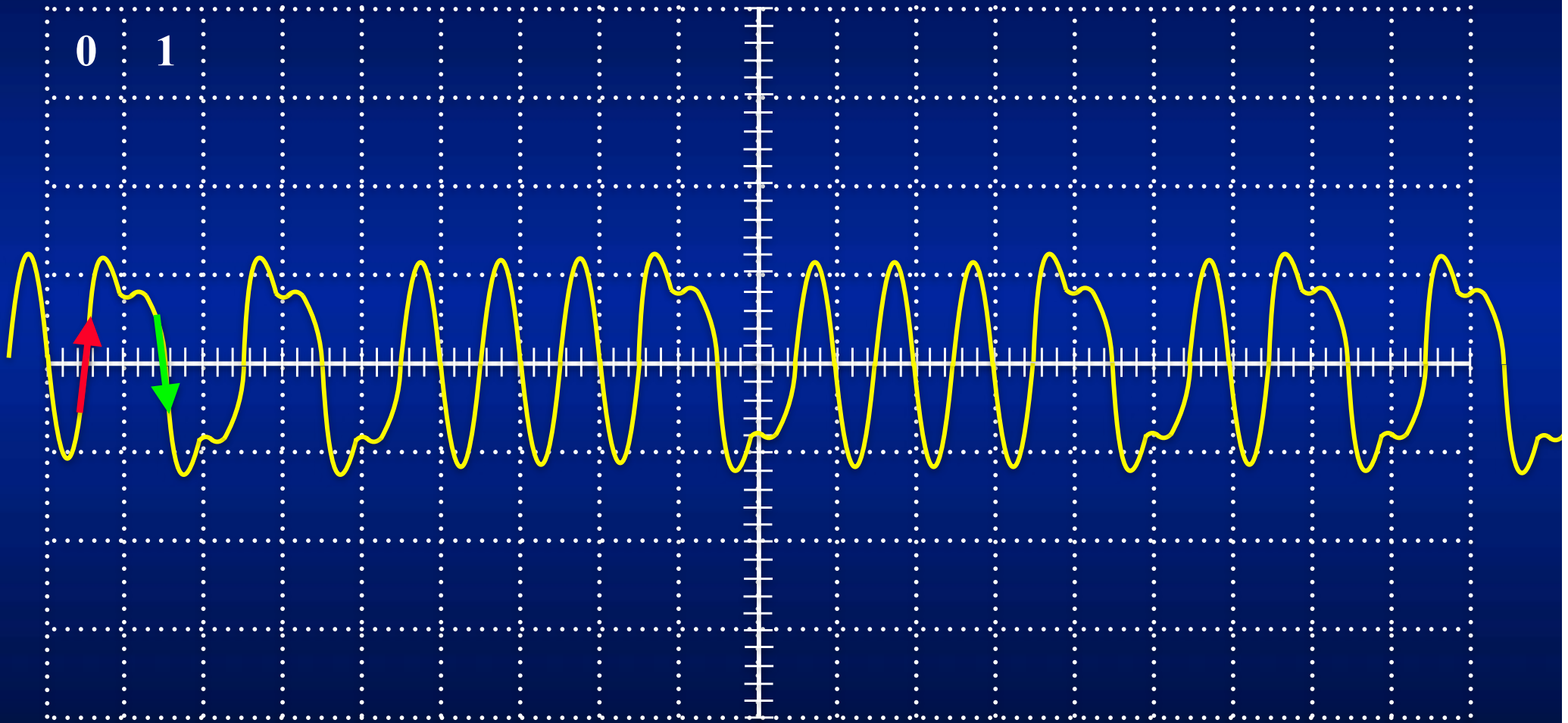
O sinal, originalmente quadrado, é afetado pela impedância do meio físico, perdendo harmônicas, e ficando "mais arredondado".





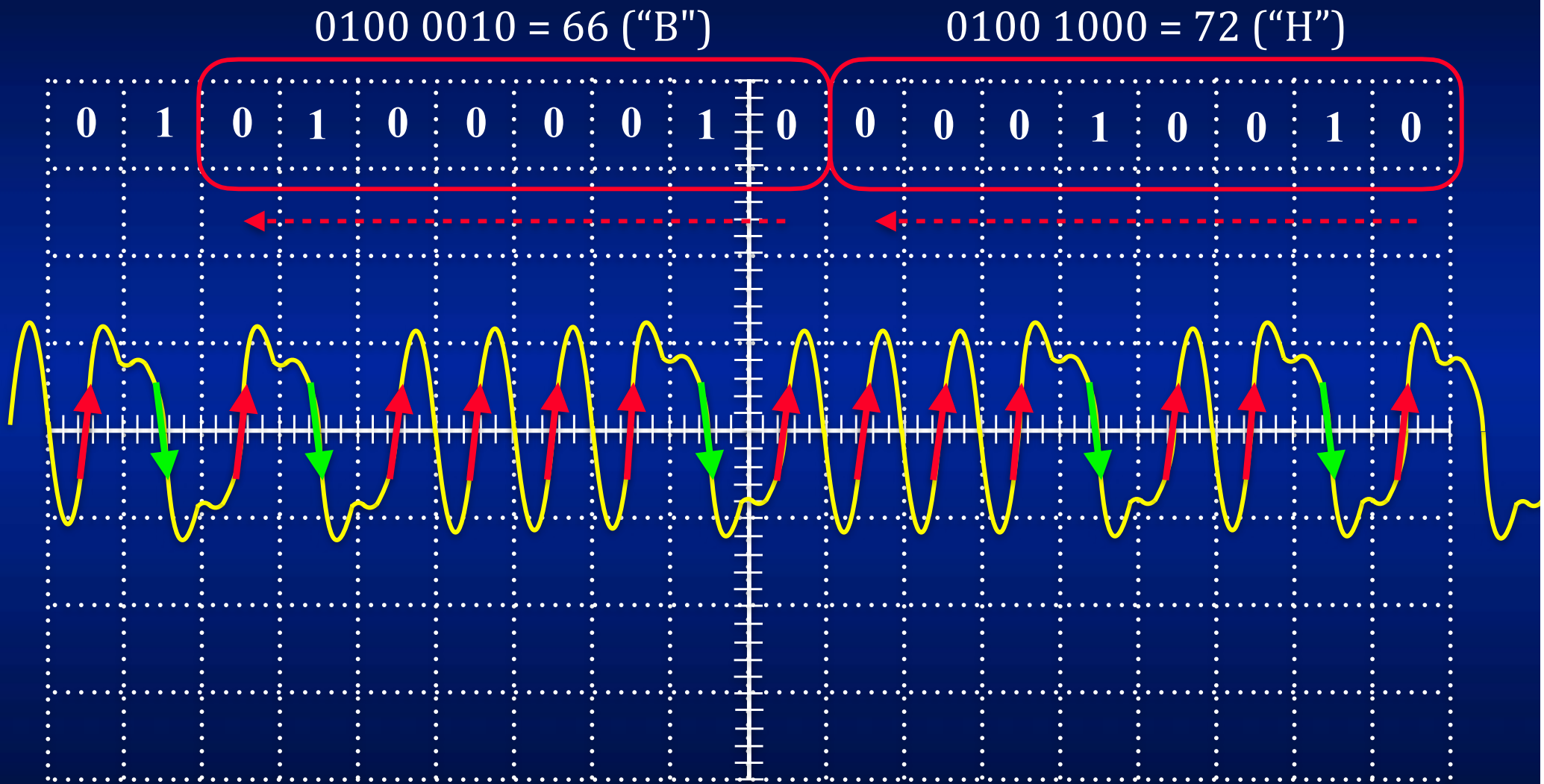
Ethernet 10BaseT - Manchester

Redes de Computadores

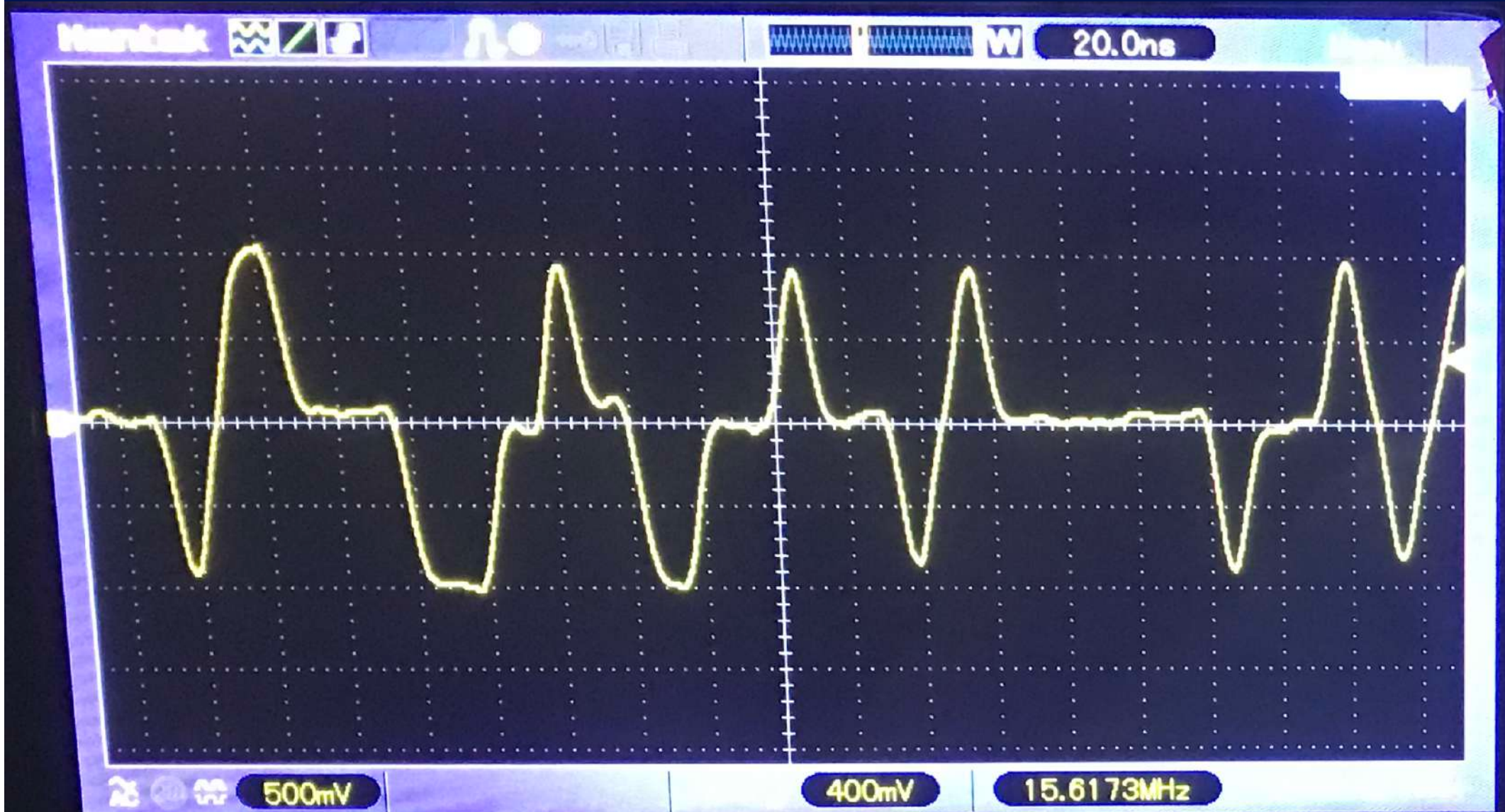


Ethernet 10BaseT - Manchester

Redes de Computadores



Codificação Banda-base (Fast ethernet) Redes de Computadores



Novamente apenas os pares laranja e verde transmitem sinais

Laranja - Tx; Verde - Rx

A codificação passa por 3 fases:

Na fase 1, os dados são convertidos segundo a tabela 4B5B para evitar perda de sincronismo em longas sequências de zeros;

Na fase 2, os dados são “misturados” para minimizar a emissão de RF (2 transmissões dos mesmos dados foram diferentes sequências);

Na fase 3, os dados são codificados utilizando MLT-3, para reduzir a frequência base do sinal codificado ($< 31,25$ MHz);

Este método praticamente inviabiliza a decodificação manual.

Novamente o sinal, originalmente quadrado, é “arredondado”.

Garante que pelo menos dois bits serão iguais a 1, para evitar problemas de sincronismo causados por longas sequencias de zeros;

Implica em aumento da taxa de dados de 100Mbps para 125Mbps:

10 ns por bit -> 8 ns por bit;

Como são usados apenas metade dos códigos com boa densidade de transições, alguns são reservados para indicar status específicos;

Demais códigos são considerados inválidos (erros de comunicação).

Input 4b	Output 5b
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110
1011	10111
1100	11010
1101	11011
1110	11100
1111	11101



Agora usamos os 4 pares, ou seja, é impossível “ver” os dados em apenas um sinal, nem mesmo para transmissão isolada:

O sinal na tela não pode ser decodificado !

Agora são 4 fases, que envolvem duas fases em que os dados são “misturados”;

A codificação é convolucional, o que foge dos objetivos de nossa disciplina;

O troço é complexo !

Dados são tipicamente convertidos por uma estratégia 8B10B;

Fisicamente se utiliza o NRZI, que na prática implica em pulsos de luz (*on-off*).

As primeiras Unidades de Medida

Taxa de sinalização (Hz);

Taxa de Transferência (bps);

Decibel (dB)

Definição de Rede e sua estrutura teórica

Topologias Físicas

Taxa de Transferência

[bps] - bits por segundo

Relação de Potências

Unidade comparativa (similar ao %)

Variação não linear

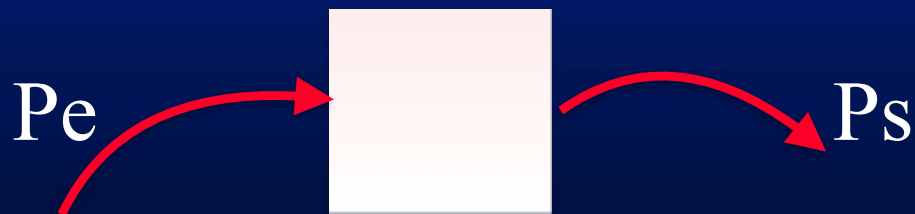
Relação de Potências

Ao atravessar um sistema, um sinal pode sofrer variações em sua potência:

Amplificação = aumento na potência

Resposta Plana = mantém a potência

Atenuação = perda de potência



$$\frac{P_s}{P_e}$$

>1 Amplificação

$=1$ Resposta Plana

<1 Atenuação

Relação de Potências

$$\frac{P_s}{P_e} \text{ (linear)}$$

%

$$\log \frac{P_s}{P_e} \text{ (log)}$$

Bell

$$10 \log \frac{P_s}{P_e} \text{ (log corr.)}$$

decibel (dB)

Relação linear não representa a natureza;

Representação com LOG gera números fracionários;

Representação com 10 LOG é mais interessante

Números Positivos: ganho;

Zero: Resposta Plana ($\log 1 = 0$);

Números Negativos: atenuação.

Se denominador for fixo e igual a 1mW, temos o dBm, usado para medir potências.

Definição de Rede

Computadores autônomos

Capacidade própria de processamento

Foge da arquitetura mestre-escravo

Interligação

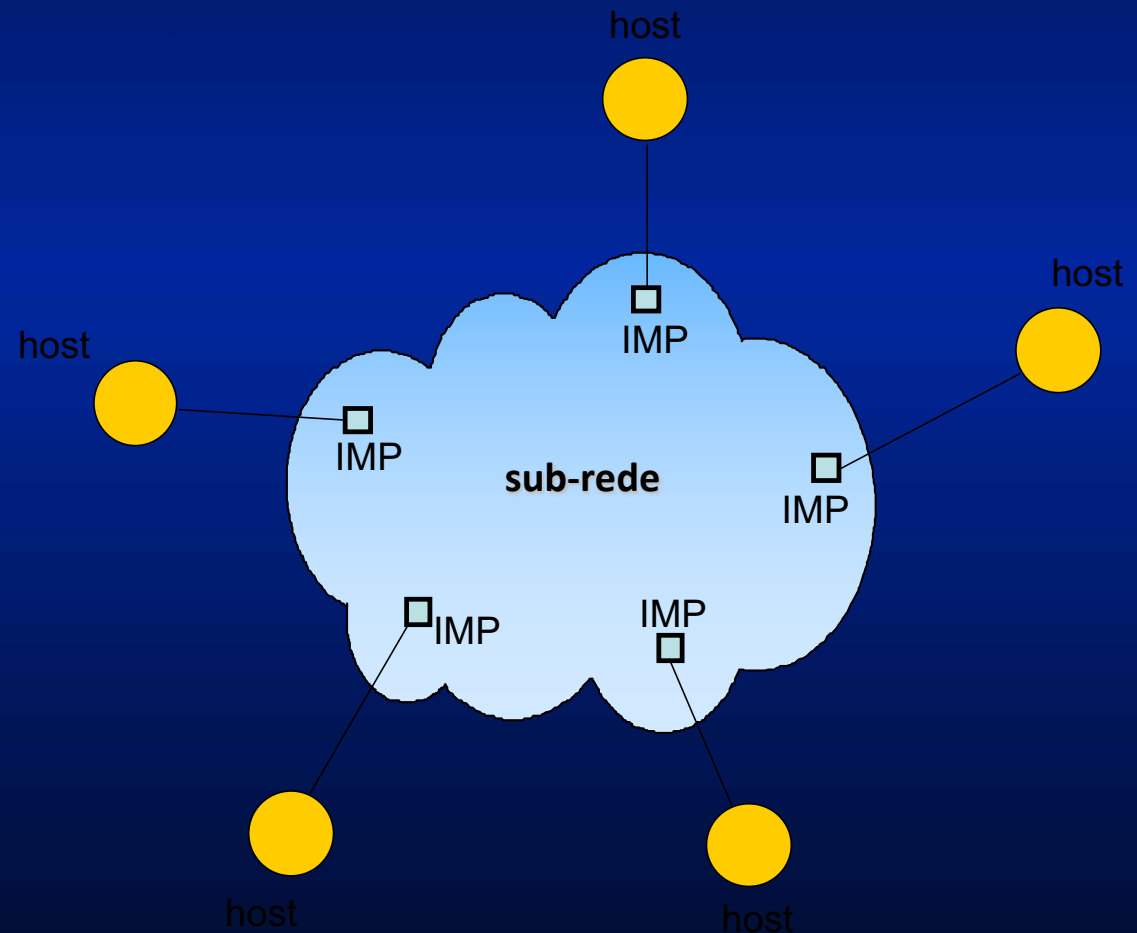
Uso do meio físico para troca de mensagens

Estruturas das Redes

Rede x Subrede;

IMP ou PoP (Point of Presence);

host



Tipos de subredes

Difusão (*broadcasting*)

- Comuns em LANs

- Vantagens e desvantagens

Ponto a ponto

- Comuns em WANs

Topologias Físicas

Estrela

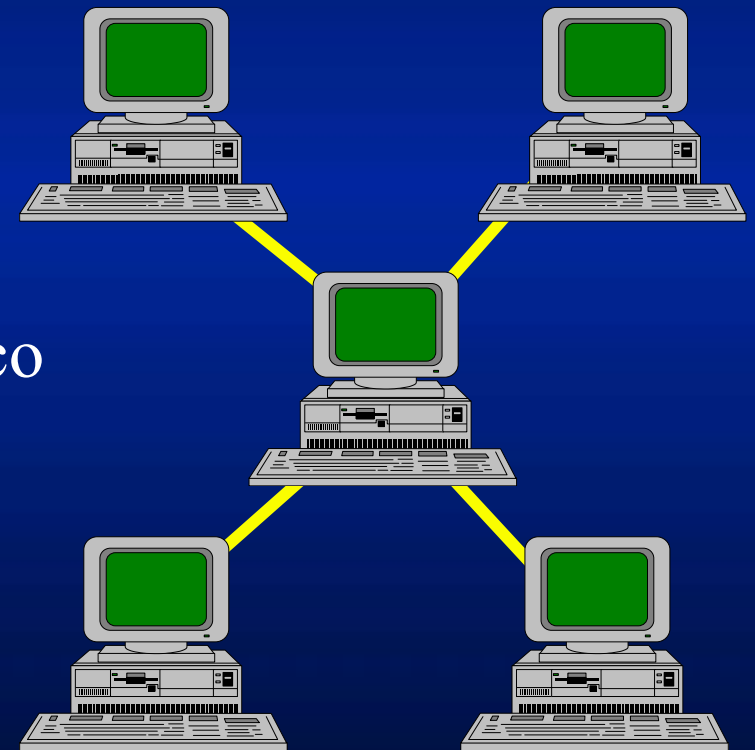
Barramento

Anel

Mista

Topologias Físicas

- Estrela
 - Primeiro modelo
 - Independência quanto ao meio físico
- Barramento
- Anel
- Mista



Estrelas Hierárquicas

Mais de um nível

Em LANs, aceitam-se 2 ou 3 níveis

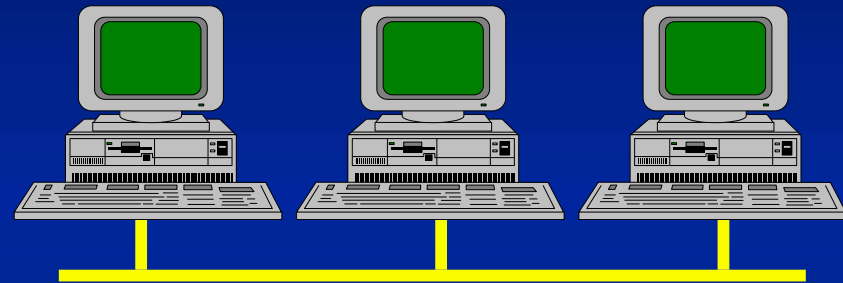
Recomendo apenas 2 níveis !

Como é a organização onde você estagia ou trabalha?

Consegue fazer um desenho?

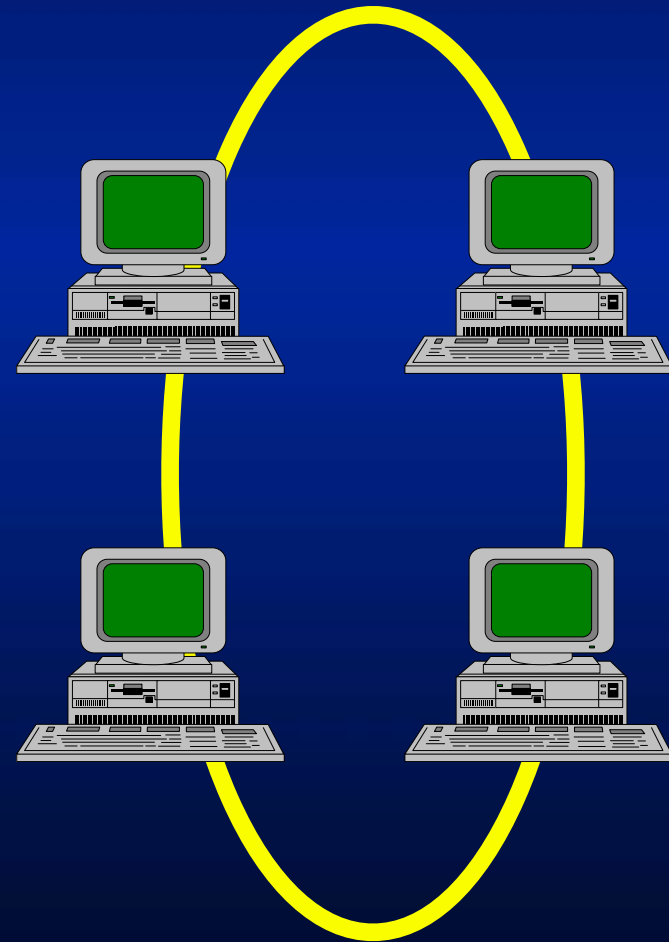
Topologias Físicas

- Estrela
- Barramento
 - Simplicidade para *broadcasting*
 - Dependência quanto ao meio físico
- Anel
- Mista



Topologias Físicas

- Estrela
- Barramento
- Anel
 - Circulação das mensagens
 - Autorização para transmissão
- Mista



Topologias Físicas

- Estrela
- Barramento
- Anel
- Mista
 - Implementação típica em projetos
 - Comum na interligação entre redes heterogêneas

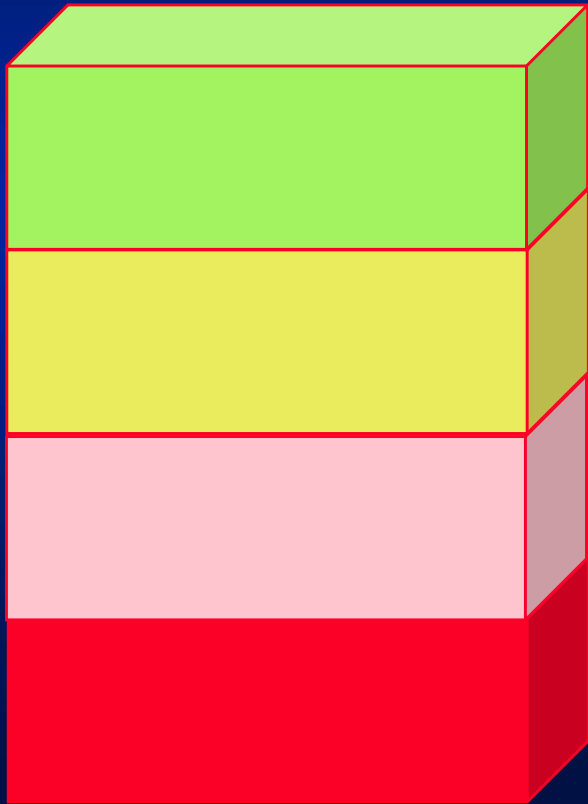
Modelos de Referência em Camadas

O modelo de Referência OSI

Questões de Projeto

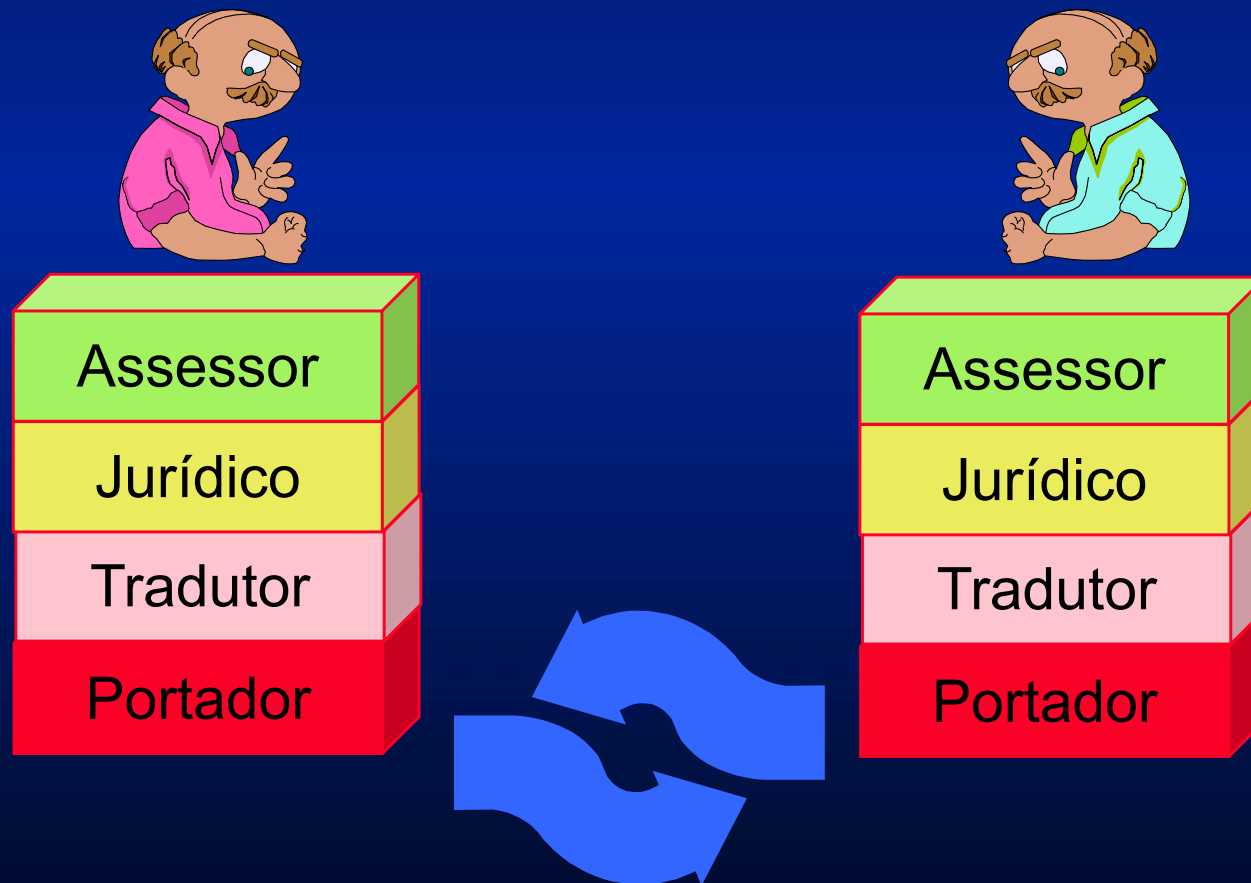
Estudo das Camadas

Modelos em Camadas

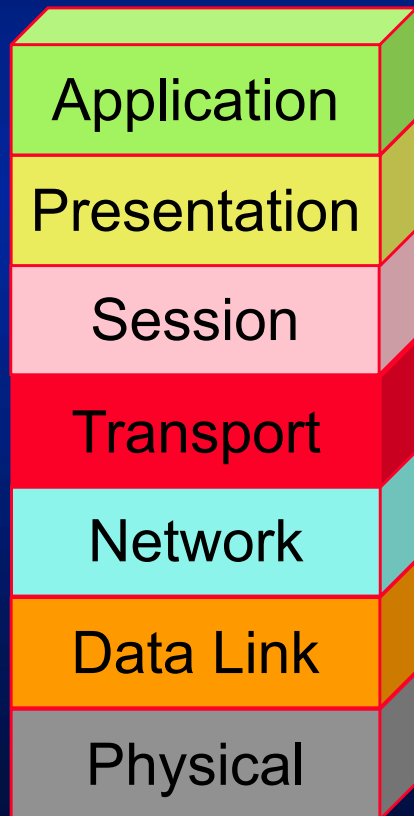


- Sistema Aberto X Fechado
 - O exemplo do automóvel
 - A informática ERA um sistema fechado !
- Sistema Aberto $\Rightarrow$ Padronização
- Divisão dos padrões (protocolos) em camadas simplifica bastante !
 - Cada camada oferece serviços à sua vizinha superior ...
 - Responsabilidades são divididas ...
 - Trocar uma camada é possível !

Modelos em Camadas : Exemplo Clássico

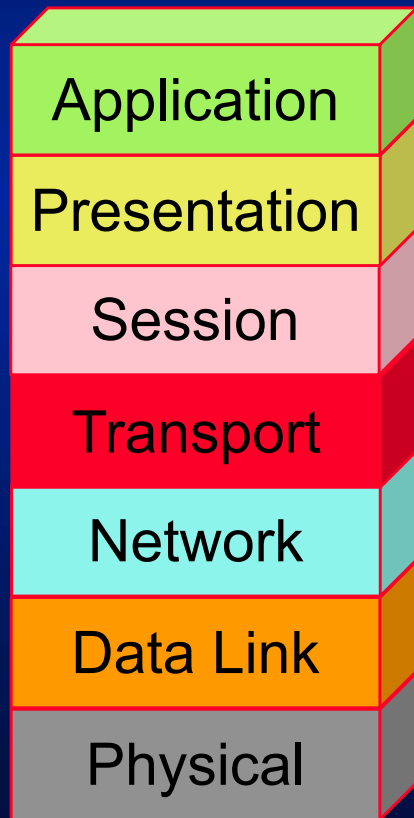


O modelo OSI



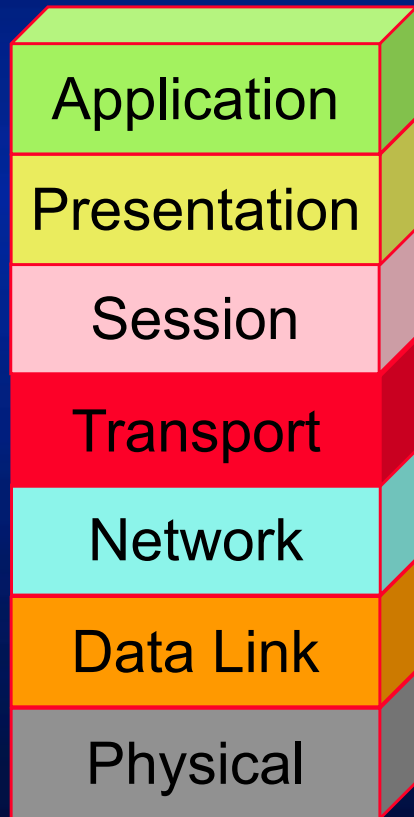
- Sete camadas. Porque ?
 - Redução do tráfego entre as camadas;
 - Funções inequívocas;
 - Compatibilidade com os padrões de mercado.
- Comunicação Virtual entre camadas semelhantes;
- Inserção de Cabeçalhos;
- Questões de Projeto ?
- Funções de cada camada ?

O modelo OSI - Questões Projeto



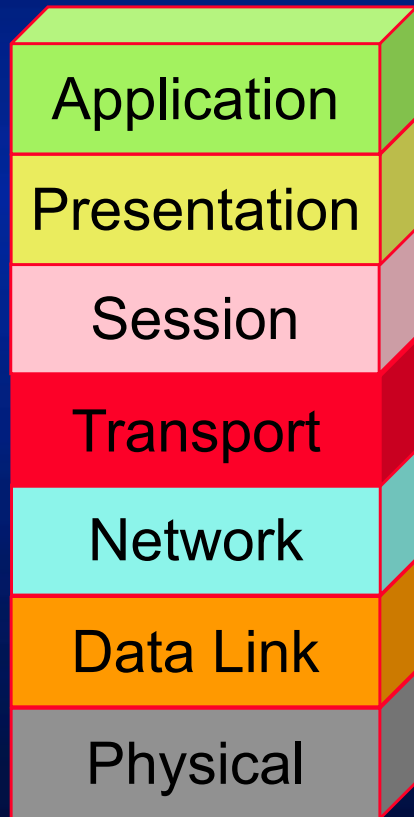
- Estabelecimento de Conexões;
- Encerramento de Conexões;
- Endereçamento;
- Estabelecimento de Canais Lógicos;
- Controle de Erros;
- Controle de Tamanho;
- Controle de Fluxo;
- Ordenação;
- Multiplexação / Demultiplexação;
- Escolha da Rota.

O modelo OSI - Questões Projeto



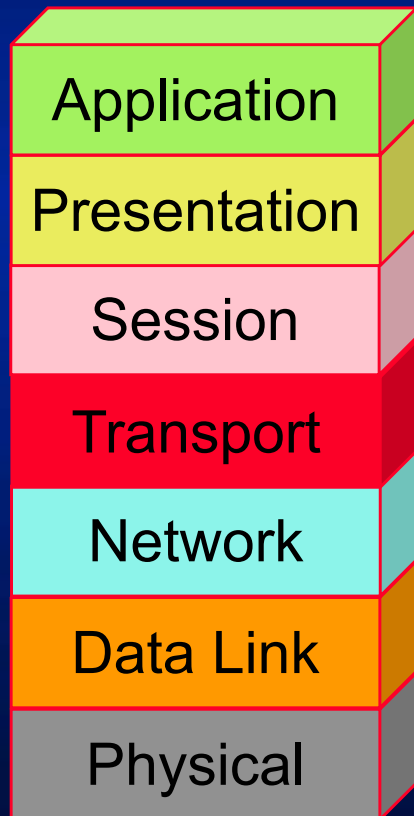
- Estabelecimento de Conexões
 - Alguns processos de comunicação exigem uma preparação prévia antes da troca de informações;
 - Ex: uma ligação telefônica.
 - Estabelecer uma conexão exige reserva de recursos, troca de identificadores etc.

O modelo OSI - Questões Projeto



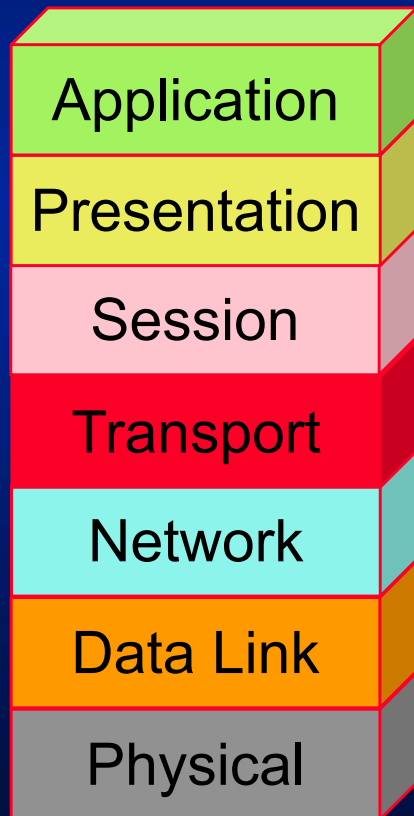
- Estabelecimento de Conexões;
- Encerramento de Conexões
 - Aparentemente simples, o encerramento de conexões envolve a “devolução” de recursos, o que pode ser inclusive mais complexo do que a reserva dos mesmos.

O modelo OSI - Questões Projeto



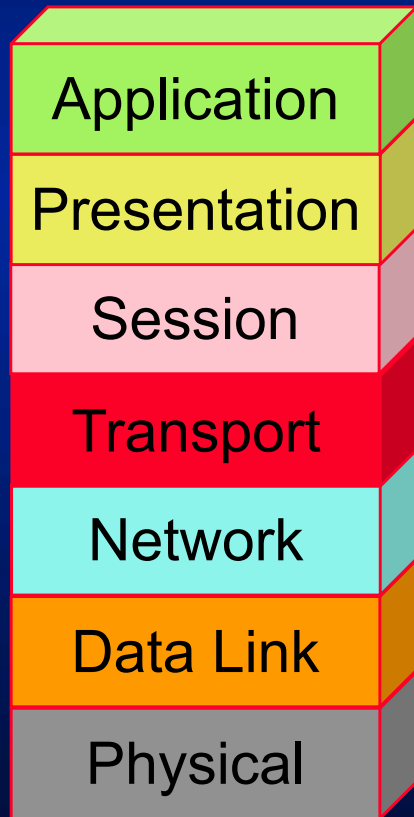
- Estabelecimento de Conexões;
- Encerramento de Conexões;
- Endereçamento
 - O envio de informações pode ser feito em formato unicast, multicast ou broadcast;
 - Cada formato, com exceção do broadcast, exige um endereçamento específico;
 - Alguns endereços envolvem rotas e classificações de abrangência.

O modelo OSI - Questões Projeto



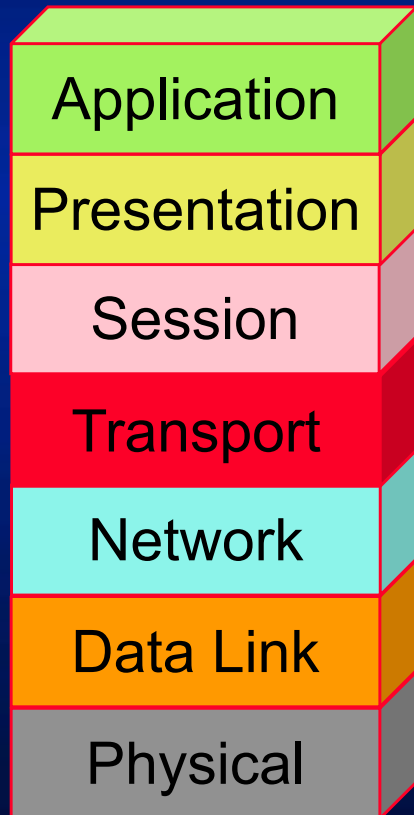
- Estabelecimento de Conexões;
- Encerramento de Conexões;
- Endereçamento;
- Estabelecimento de Canais Lógicos
 - É muito comum termos diversos fluxos simultâneos em um determinado canal de comunicação (físico ou lógico);
 - Em alguns casos, alguns fluxos precisam ser tratados de forma diferenciada.

O modelo OSI - Questões Projeto



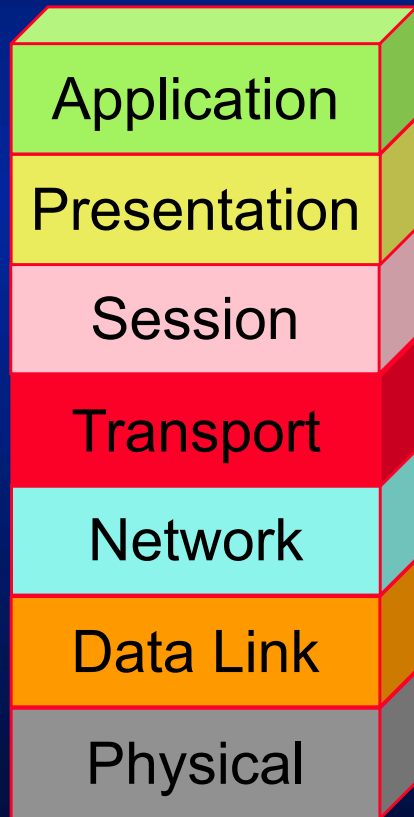
- Encerramento de Conexões;
- Endereçamento;
- Estabelecimento de Canais Lógicos;
- Controle de Erros
 - Erros ocorrem em qualquer sistema de comunicação. A depender da aplicação, eles podem ser tratados de forma diferente:
 - Desprezo
 - Identificação e Contagem
 - Re-transmissão
 - Correção

O modelo OSI - Questões Projeto



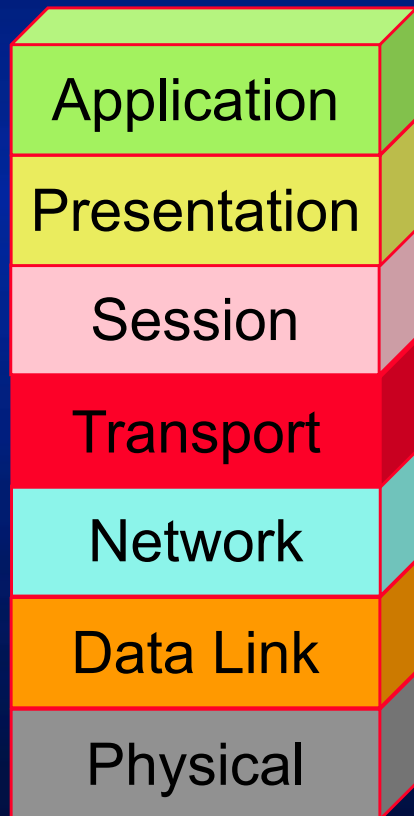
- Endereçamento;
- Estabelecimento de Canais Lógicos;
- Controle de Erros;
- Controle de Tamanho
 - Determinados canais de comunicação estabelecem tamanhos máximos e mínimos em seus protocolos, o que nem sempre é adequado ao tráfego das informações em seu formato bruto
 - Segmentação ou agregação?
 - Nos casos de segmentação, por exemplo, será preciso recuperar o formato original.

O modelo OSI - Questões Projeto



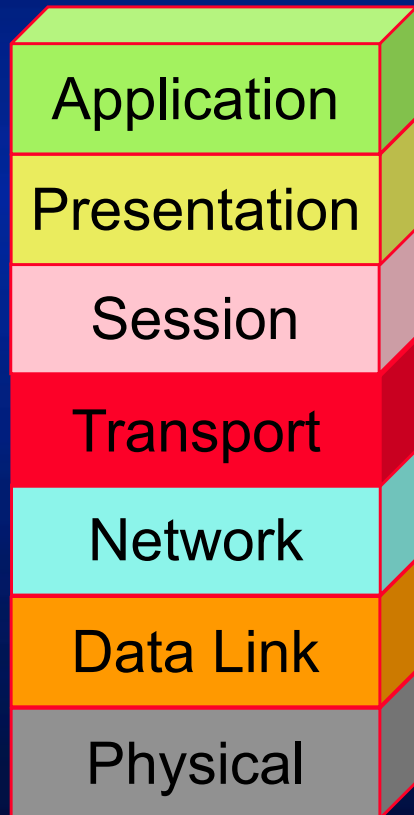
- Estabelecimento de Canais Lógicos;
- Controle de Erros;
- Controle de Tamanho;
- Controle de Fluxo
 - Muitas vezes a performance do transmissor não corresponde à capacidade do receptor de interpretar os dados recebidos;
 - Outra situação é a disputa entre mais de um transmissor pelo meio físico compartilhado.

O modelo OSI - Questões Projeto



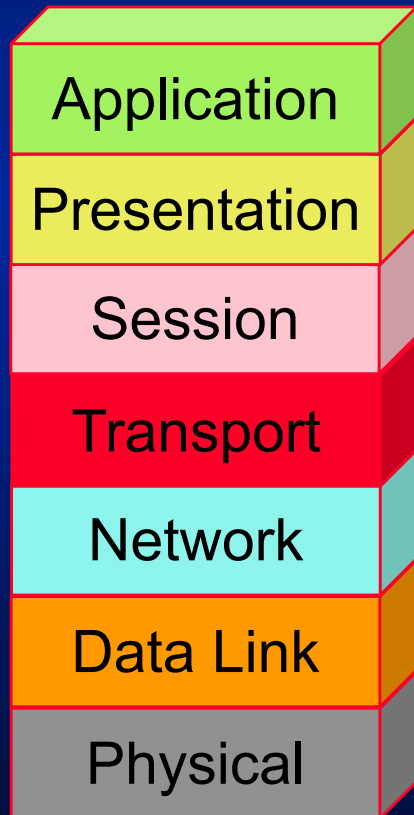
- Controle de Erros;
- Controle de Tamanho;
- Controle de Fluxo;
- Ordenação
 - Durante os fluxos de segmentos de dados, muitas vezes a ordem de entrega é alterada por conta do uso de múltiplos caminhos, ou pela re-transmissão por tratamento de erros;
 - Muitos protocolos precisam implementar alguma forma de ordenar os dados transmitidos de forma que eles possam ser recuperados em sua ordem original pelo receptor.

O modelo OSI - Questões Projeto



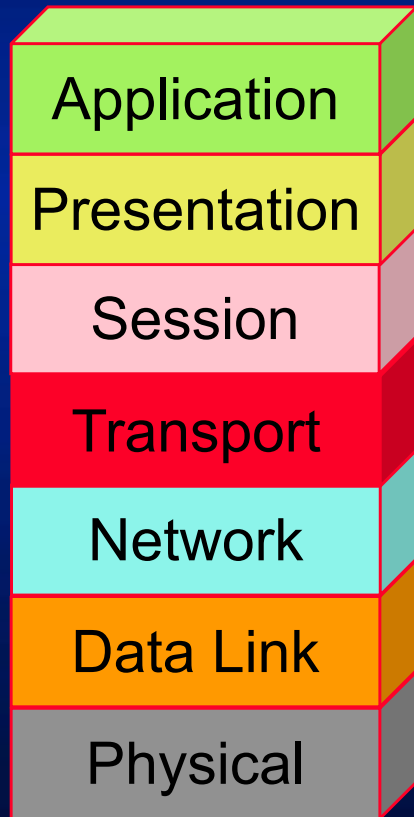
- Controle de Tamanho;
- Controle de Fluxo;
- Ordenação;
- Multiplexação / Demultiplexação
 - Similar aos Canais Lógicos, o MUX/DEMUX tem como principal diferença não associar parâmetros diferentes aos fluxos que compartilham o canal de comunicação;
 - A implementação de MUX/DEMUX já foi muito comum no passado, mas vem sendo abandonada.

O modelo OSI - Questões Projeto



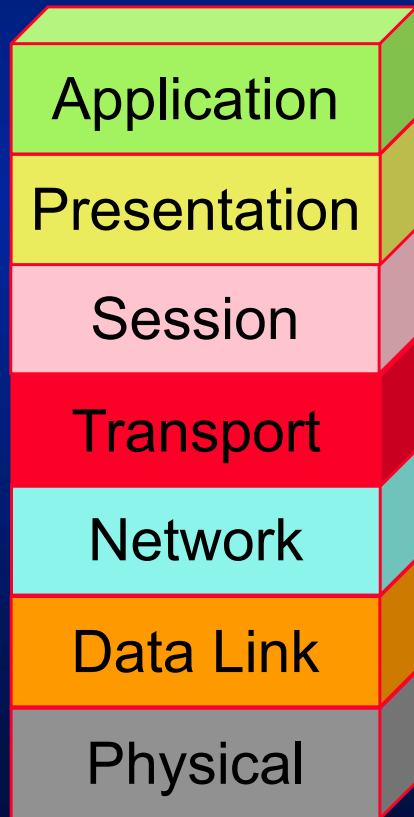
- Controle de Fluxo;
- Ordenação;
- Multiplexação / Demultiplexação;
- Escolha da Rota
 - Entre dois pontos, podem existir diferentes caminhos, cada qual com suas características específicas relacionadas a:
 - Segurança;
 - Confiabilidade;
 - Performance;
 - Custo.
 - Cabe aos protocolos de rota definir o melhor caminho entre as opções disponíveis.

O modelo OSI - Funções Camadas



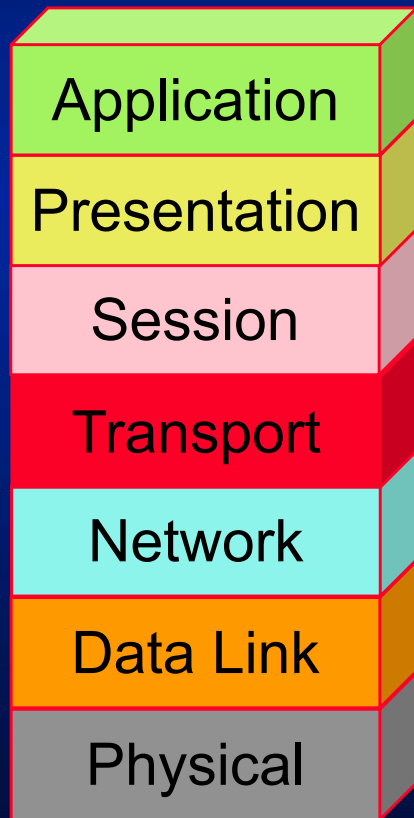
- Física (*Physical*)
 - Determina interfaces mecânica, elétrica e tempos;
 - É a camada onde efetivamente ocorre a comunicação entre emissor e receptor;
 - Domínio do cabeamento estruturado, engenharia elétrica;
 - Ex. : Repetidor, HUB, Transceptores;
 - Unidade de dados : BIT.

O modelo OSI - Funções Camadas



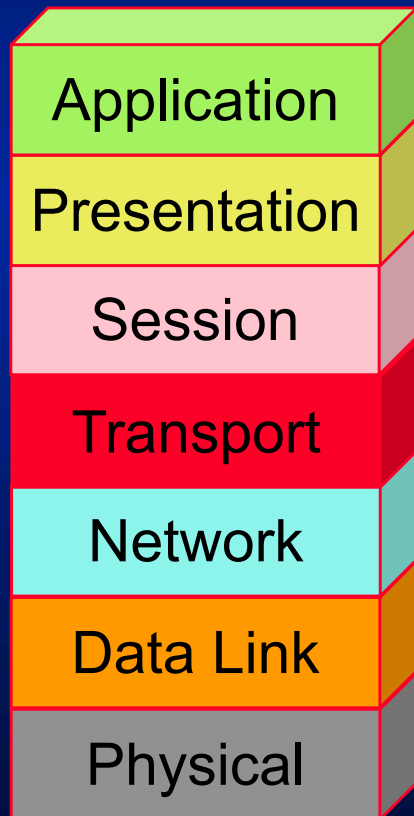
- Enlace (*Data Link*)
 - Transforma a camada física em um ambiente livre de erros;
 - Delimita e estabelece campos
 - Delimitadores por padrão físico, tamanho ou codificação (c/ misturadores)
 - Delgada nas redes mais modernas;
 - Subdividida nas redes IEEE802 (LLC e MAC);
 - Controle de fluxo;
 - Ex. Placa de Rede, bridge, switch convencional;
 - Unidade de dados : QUADRO (*frame*).

O modelo OSI - Funções Camadas



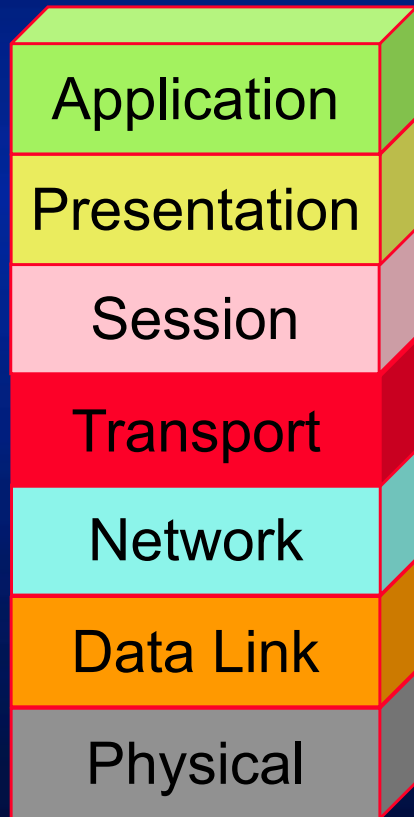
- Rede (*Network*)
 - É a camada da interligação entre “padrões de rede” diferentes;
 - Controle de operação e contabilização de recursos;
 - Delgada nas redes locais;
 - Ex. : Roteadores, switches de camada 3, IP;
 - Unidade de dados : PACOTE.

O modelo OSI - Funções Camadas



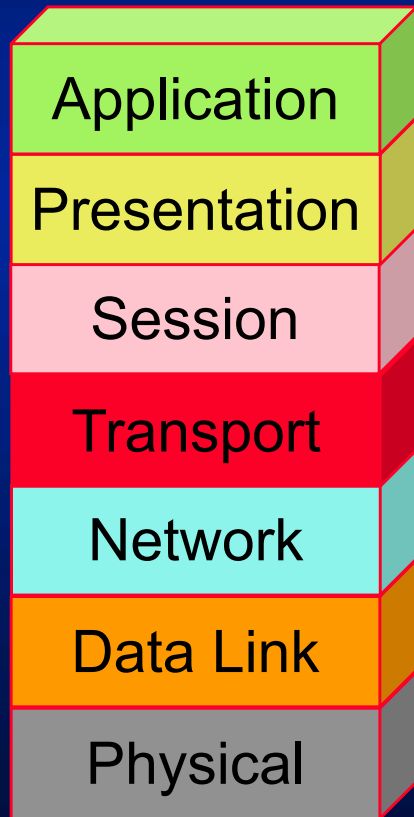
- Transporte
 - Primeira camada fim a fim !
 - Estabelece qualidade de serviço (QoS);
 - Estabelecimento conexões & multiplexação;
 - Ex. : Gateways, TCP, UDP;
 - Unidade de dados : segmento, mensagem ?

O modelo OSI - Funções Camadas



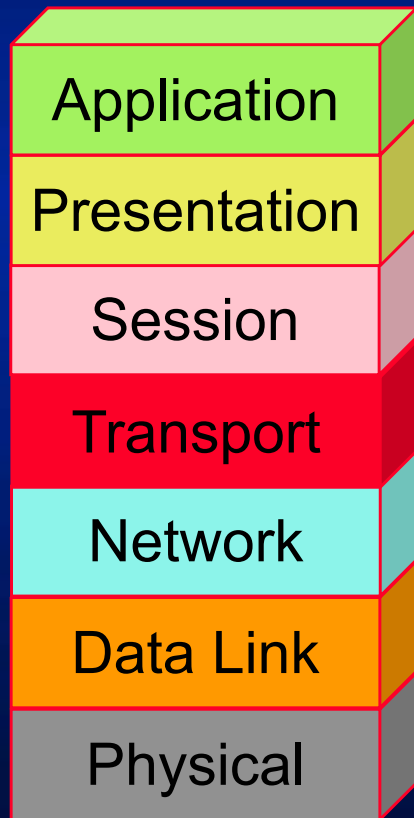
- Sessão (*Session*)
 - Estabelece uma conexão de alto nível;
 - Determina pontos de checagem intermediária;
 - Controle de fluxo;
 - Sincronização.

O modelo OSI - Funções Camadas



- Apresentação (*Presentation*)
 - Não está relacionada à comunicação em si;
 - Sintaxe e semântica;
 - Criptografia, compactação;
 - Estruturas de dados.

O modelo OSI - Funções Camadas



- Aplicação (*Application*)
 - Aplicações associadas à comunicação de dados :
 - Telnet
 - Serviços de Diretório
 - Correio eletrônico
 - Serviços de Sistemas Operacionais de Rede
 - Serviços de Arquivo & FTP
 - WEB Server, WEB cache etc

Fim da 1ª Unidade