



Redes de Computadores

Marco Antônio C. Câmara

Aula 01

Agenda

Comunicação Digital

Conceitos Básicos

Hardware

Protocolos

Os 4 elementos

Propriedades dos Meios Físicos

Classificação dos Meios Físicos

Alcance

Tipos

Comunicação Digital

Comunicação Digital

Por que a informação é digital ?

Comunicação Digital

Por que a informação é digital ?

Migração na Representação da Informação

Informações Digitais e Binárias

Conceitos Básicos

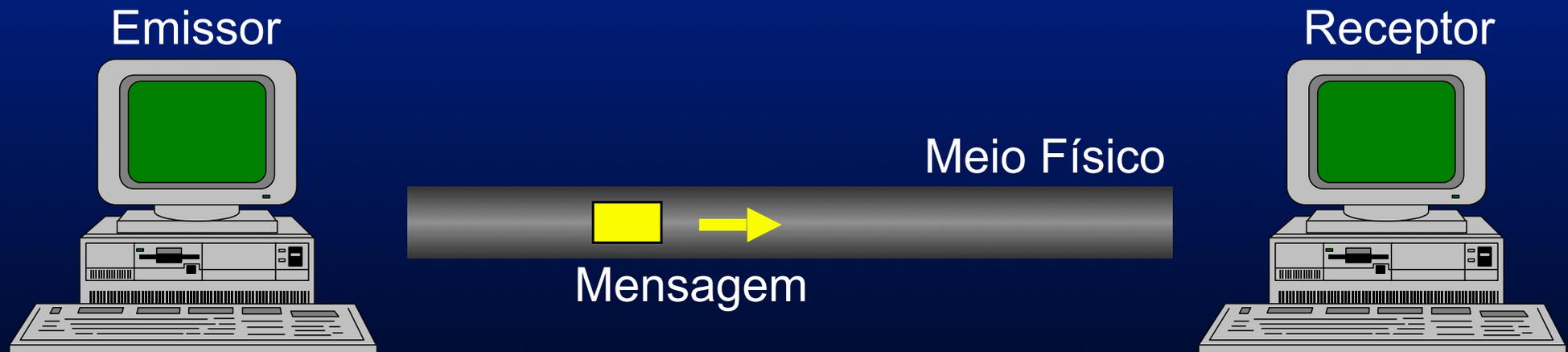
Hardware

Interfaces, cabos, equipamentos de comunicação;

Software

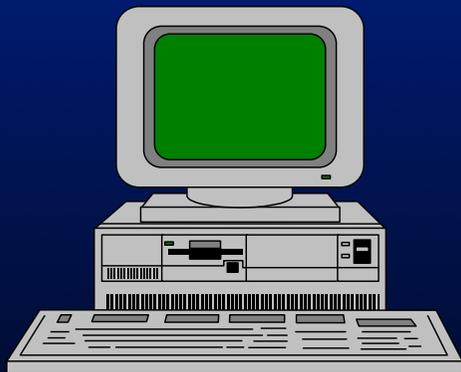
Regras e Procedimentos: protocolos de comunicação;
Linguagem, padronização.

Os quatro elementos



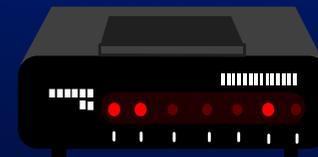
Os quatro elementos

- Emissor e Receptor
 - *Data Terminal Equipment*
 - *Data Communications Equipment*



(DTE)

+



(DCE)

Os quatro elementos

O meio físico

Velocidade de Propagação

Taxa de Sinalização

Taxa de Transferência

Velocidade de Propagação

Grandes distâncias: satélites;

“Comprimento” do bit

Qual a distância percorrida por um bit durante a sua existência?

Rede de 100Mbps:

1 bit dura $1 / 100.000.000$ segundo = 10ns

2/3 de “c”: 200.000Km/s

1 bit “ocupa” 2m de cabo.

Taxa de Sinalização

Sinais sofrem “resistência” (na verdade impedância) ao passar por um meio físico;

A impedância aumenta com a frequência do sinal;

A quantidade de informação tipicamente aumenta com a frequência;

Meios físicos “melhores” suportam maior taxa de sinalização, e por consequência, transmitem “mais dados” no mesmo tempo.

Taxa de Transferência

Representa a quantidade de dados transferida por unidade de tempo (normalmente é o que interessa...);

É função também das características físicas, mas é MUITO influenciada pela tecnologia de codificação;

$T_{X[\text{bps}]} = T_{X[\text{Hz}]} \times \log_2 n$. “n” é o número de estados por ciclo

A BER (Bit Error Rate) indica a razão entre bits recebidos com erro e a quantidade total de bits transmitidos

BER cresce exponencialmente com o crescimento de “n”

Aula 02

Classificação de Meios Físicos

Alcance e Performance?

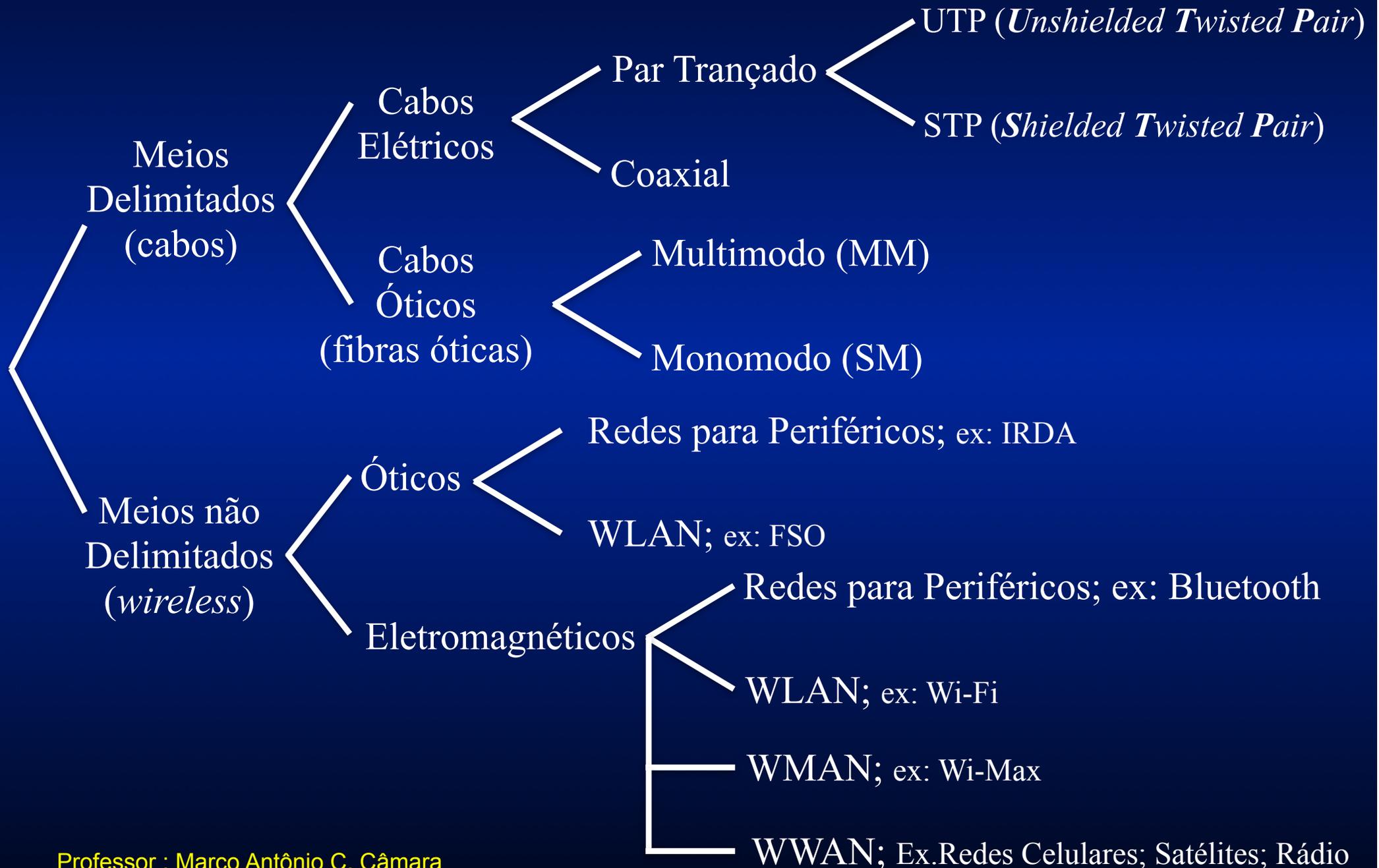
Cuidado com as classificações ...

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

LANs - Redes de Área Local (*Local Area Networks*)

WANs - Redes de Área Estendida (*Wide ...*)

MANs - Redes de 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 para transporte em sinais elétricos, óticos ou eletromagnéticos;

Para isto usamos a modulação, ou a codificação banda-base

- Na modulação, senóides têm suas propriedades alteradas para codificar os dados;
- Na codificação banda-base, os bits são inseridos diretamente no meio físico, utilizando formatos específicos baseados em valor ou transição de valores.

As informações precisam ser codificadas para transporte em sinais elétricos, óticos ou eletromagnéticos;

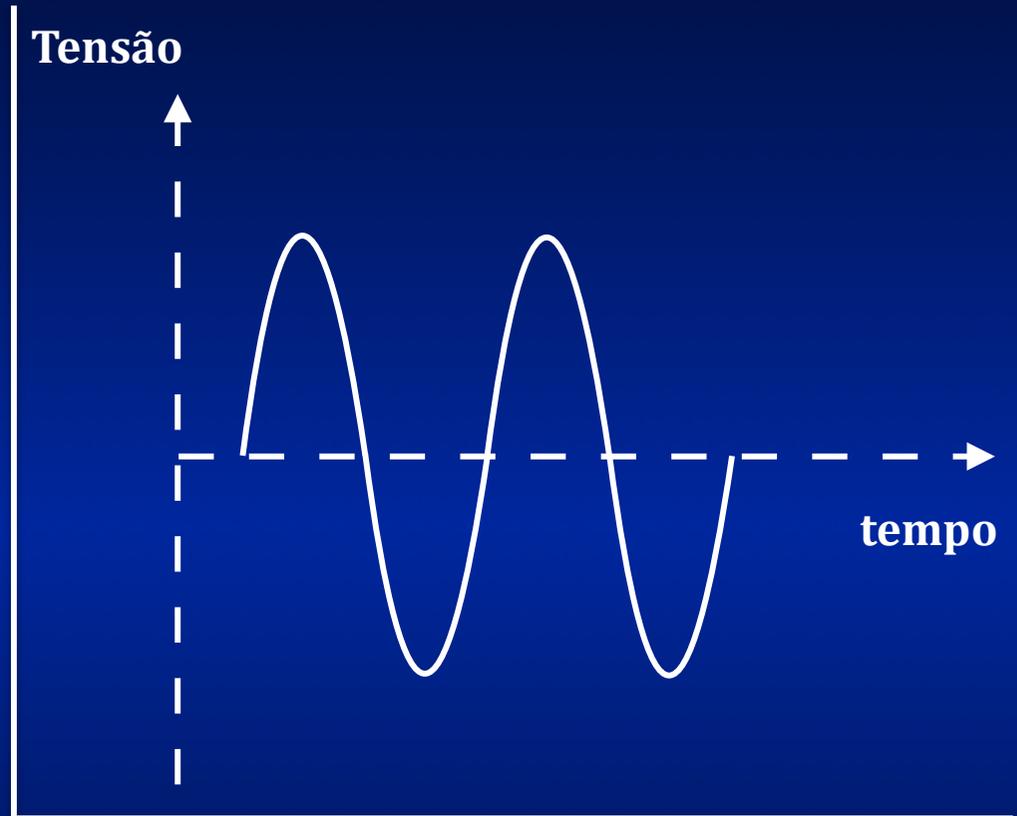
Para isto usamos a modulação, ou a codificação banda-base

- Na modulação, **senóides** têm suas propriedades alteradas para codificar os dados;
- Na codificação banda-base, os bits são inseridos diretamente no meio físico, utilizando formatos específicos baseados em valor ou transição de valores.

Por que a Senóide?

O sinal senoidal é uma oscilação pura, ou seja, ocorre naturalmente. Se fizermos um corpo vibrar, um pêndulo balançar ou um circuito eletrônico entrar em oscilação, a representação desta oscilação sempre será uma senóide;

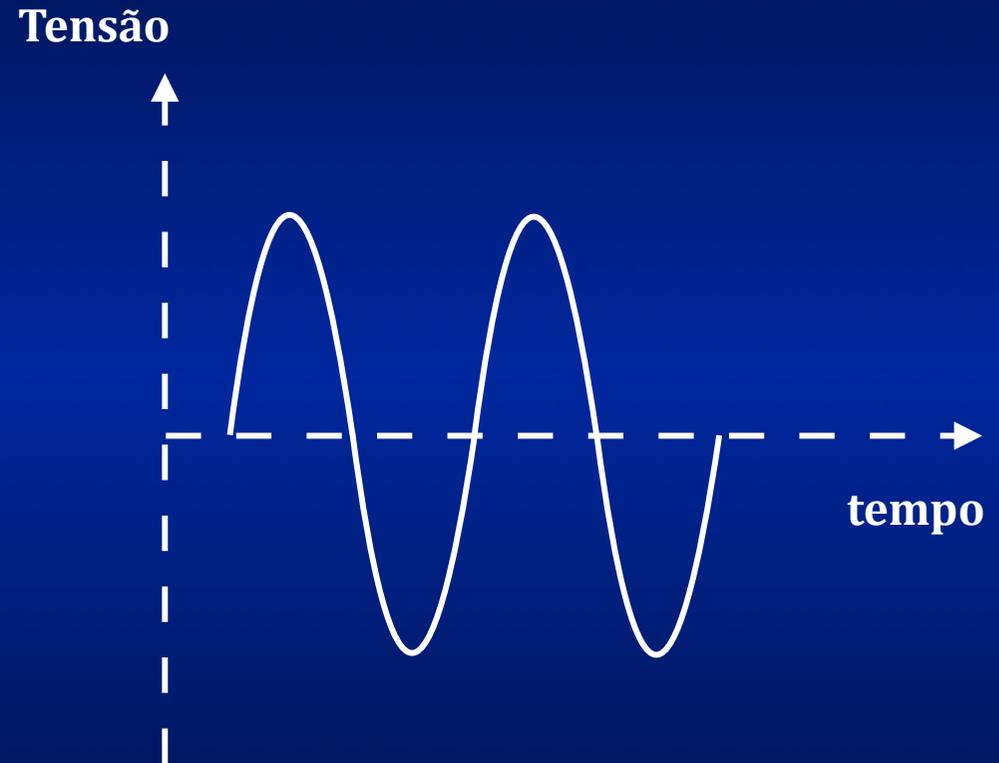
Os sons puros têm formas de ondas senoidais como, por exemplo, o produzido por um diapasão, usado na afinação de instrumentos;



No domínio da frequência, uma senóide é composta em apenas UMA frequência, também chamada de **fundamental**. Sinais não senoidais são compostos por diversas frequências, também chamadas de **harmônicas**.

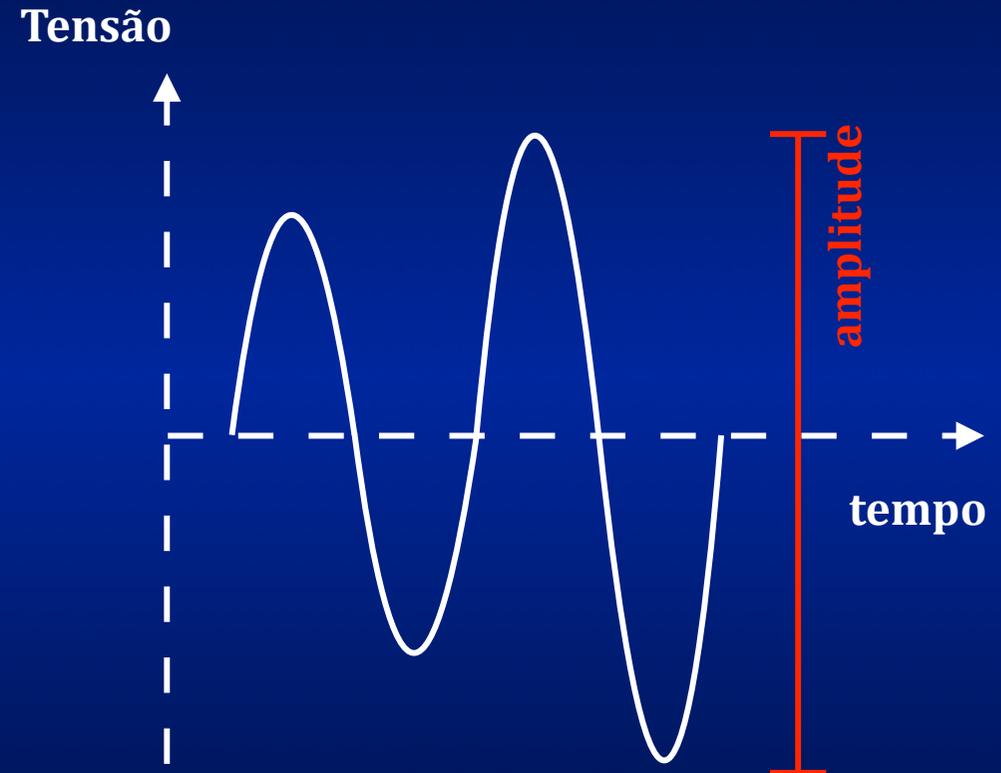
Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

- **Amplitude;**
- **Frequência ou Período;**
- **Fase.**



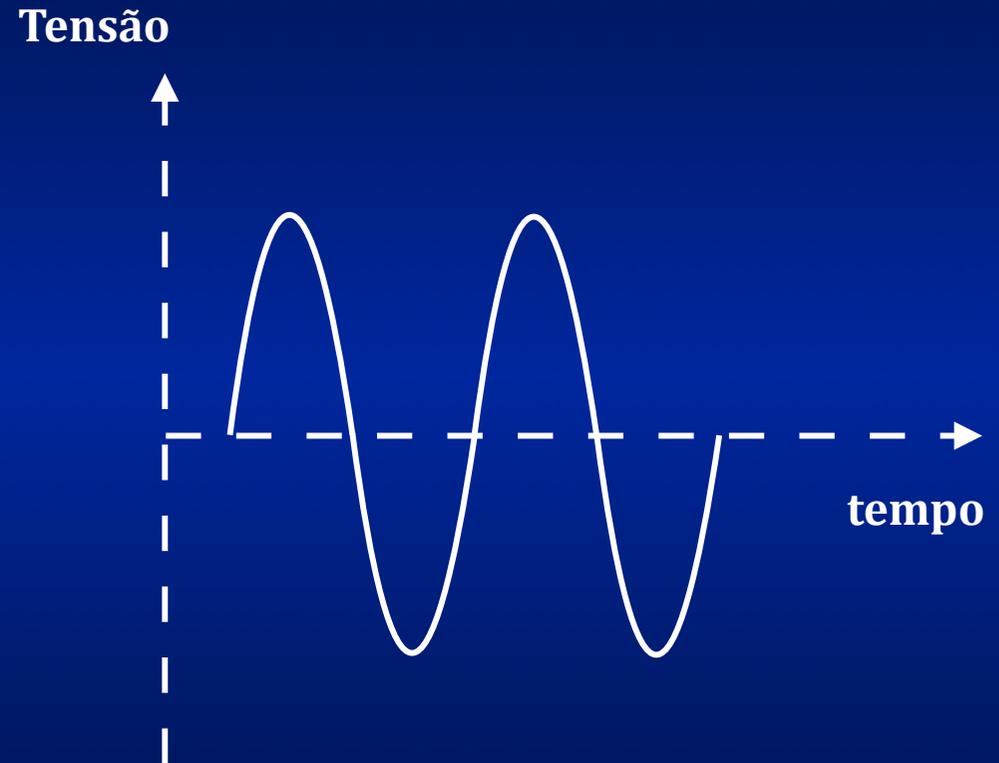
Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

- **Amplitude;**
- Frequência ou Período;
- Fase.



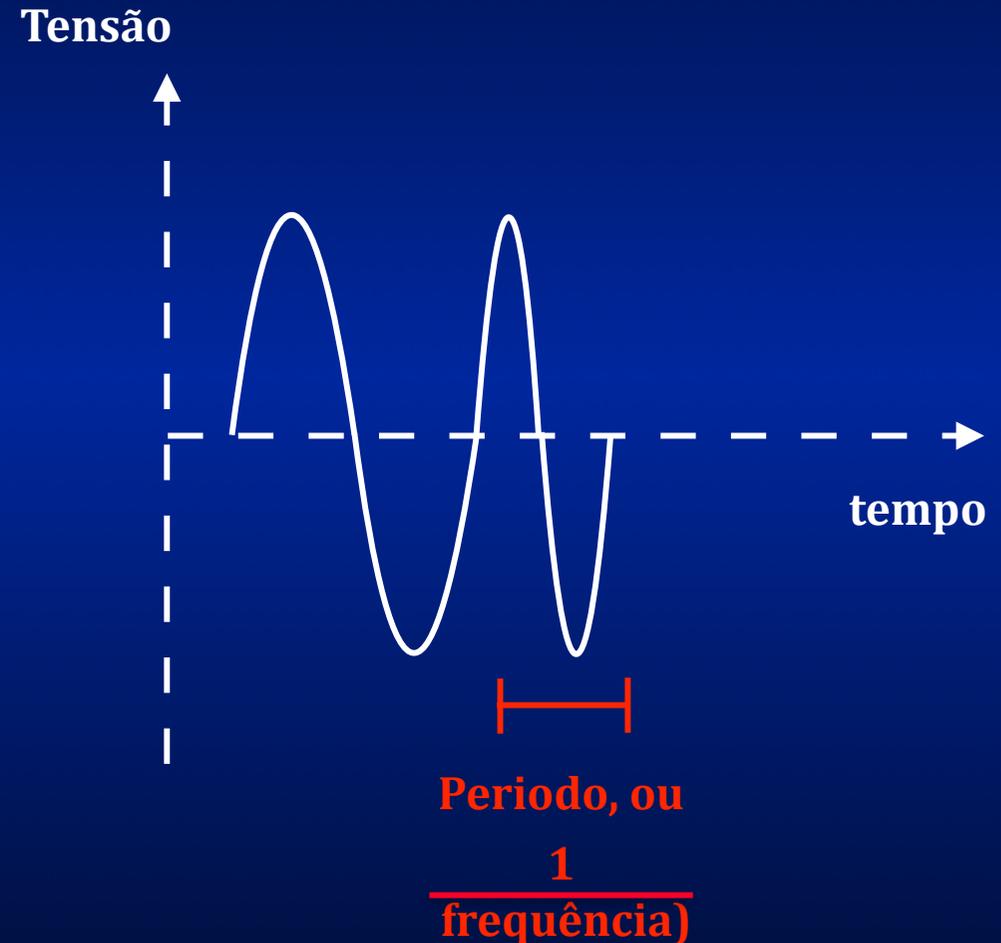
Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

- Amplitude;
- **Frequência ou Período;**
- Fase.



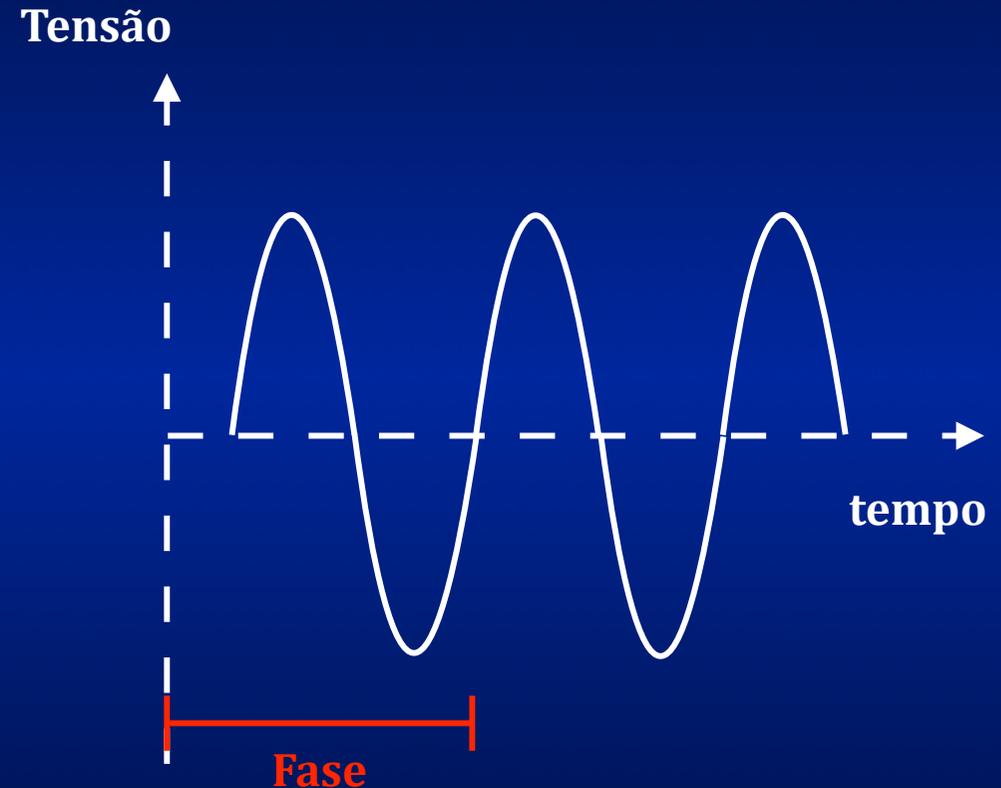
Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

- Amplitude;
- **Frequência ou Período;**
- Fase.



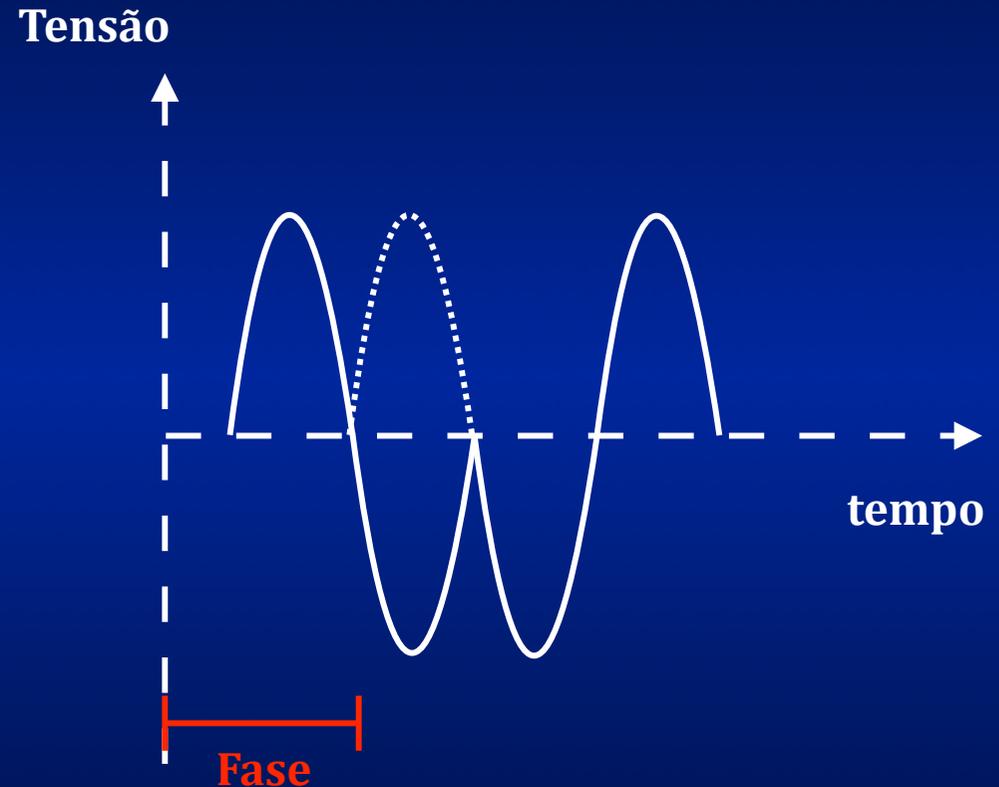
Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

- Amplitude;
- Frequência ou Período;
- **Fase.**



Uma senóide possui 3 propriedades que a tornam inequívoca:

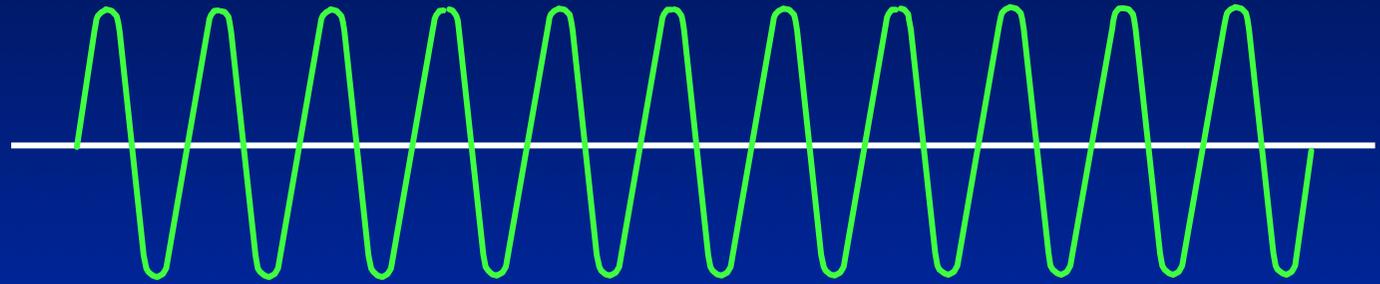
- Amplitude;
- Frequência ou Período;
- **Fase.**



Modulação de Amplitude

Redes de Computadores

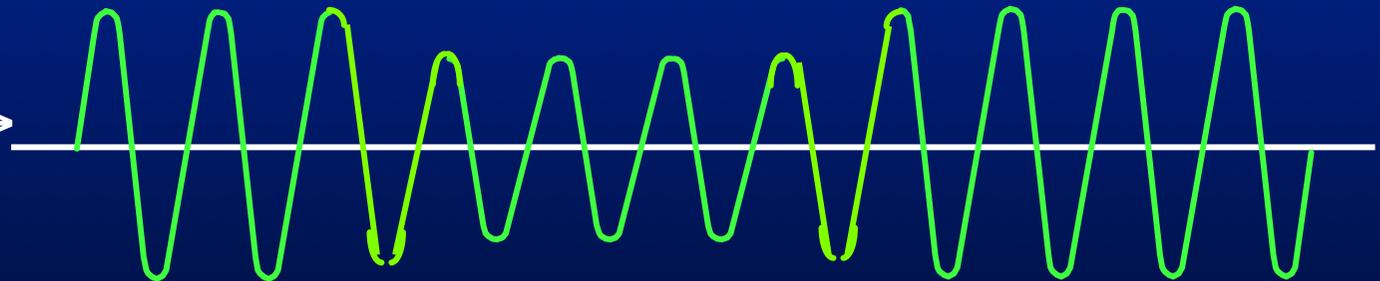
Portadora →



Informação →



Sinal Modulado →



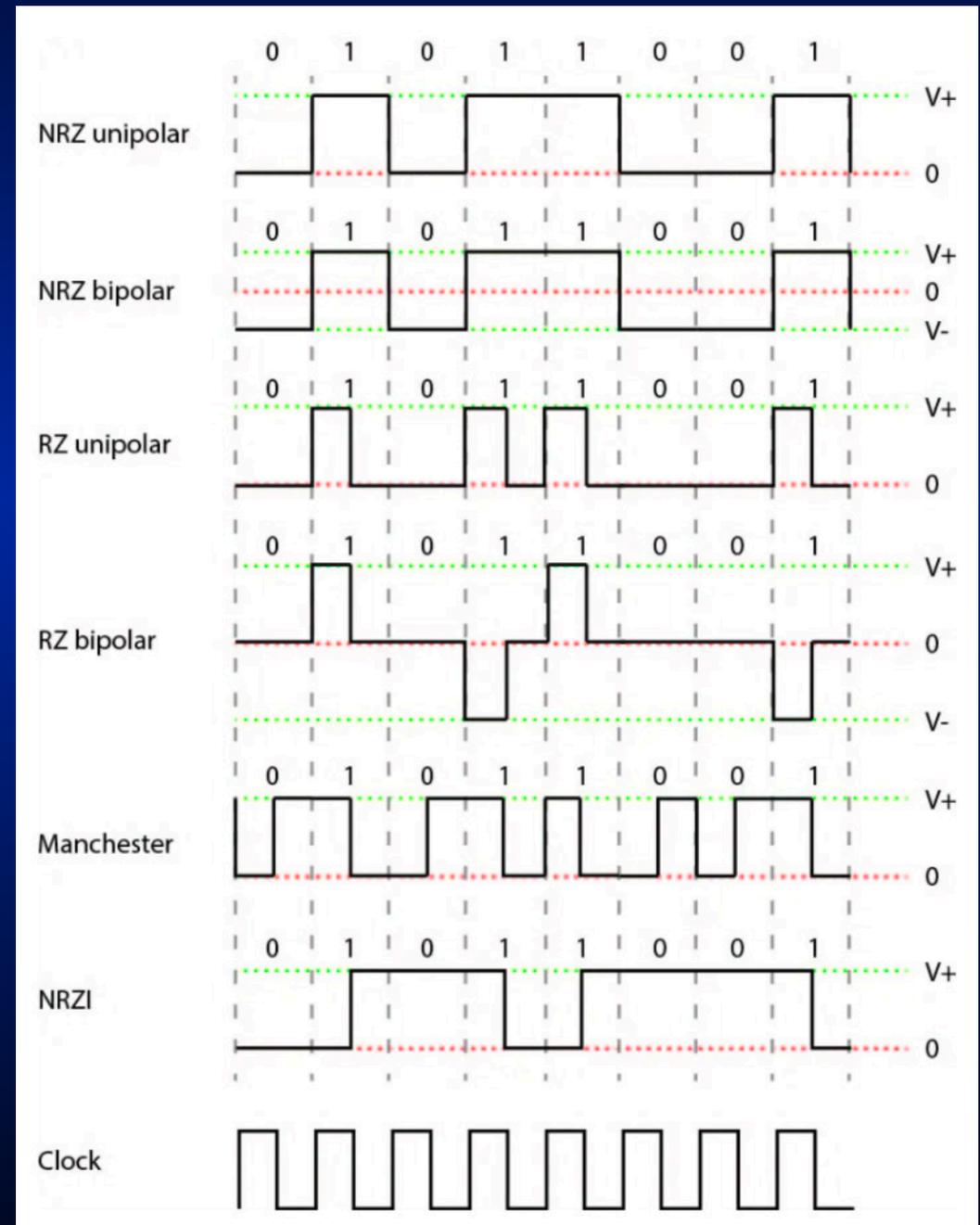
Codificação Banda-Base

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.



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

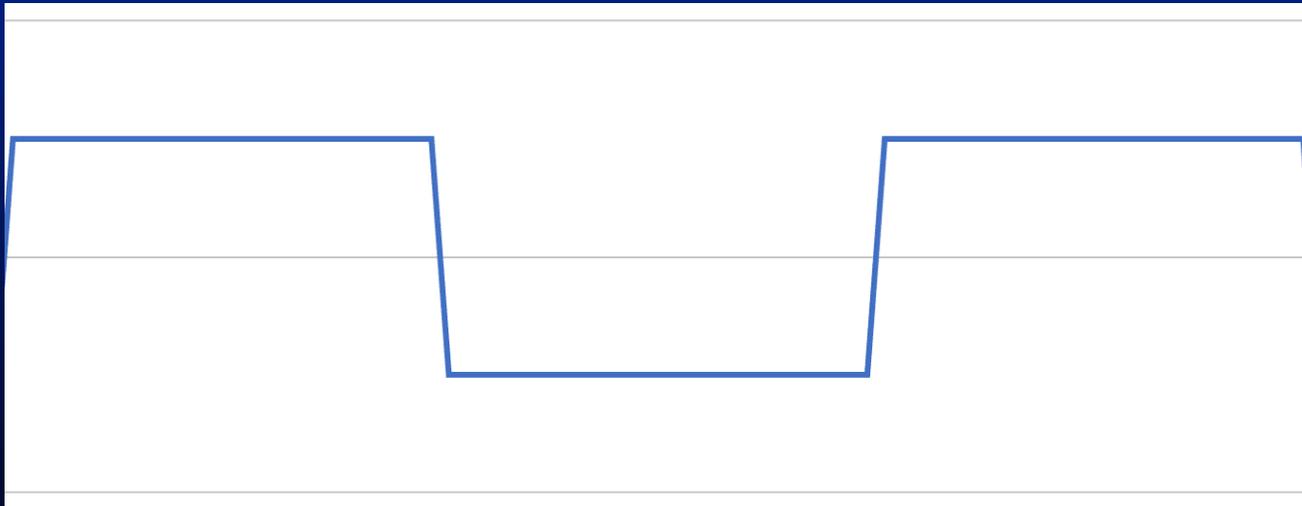


Transformada de Fourier

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

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

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 entre sistemas computacionais:



Transformada de Fourier

Após a resolução da equação para esta onda quadrada, temos a seguinte série:

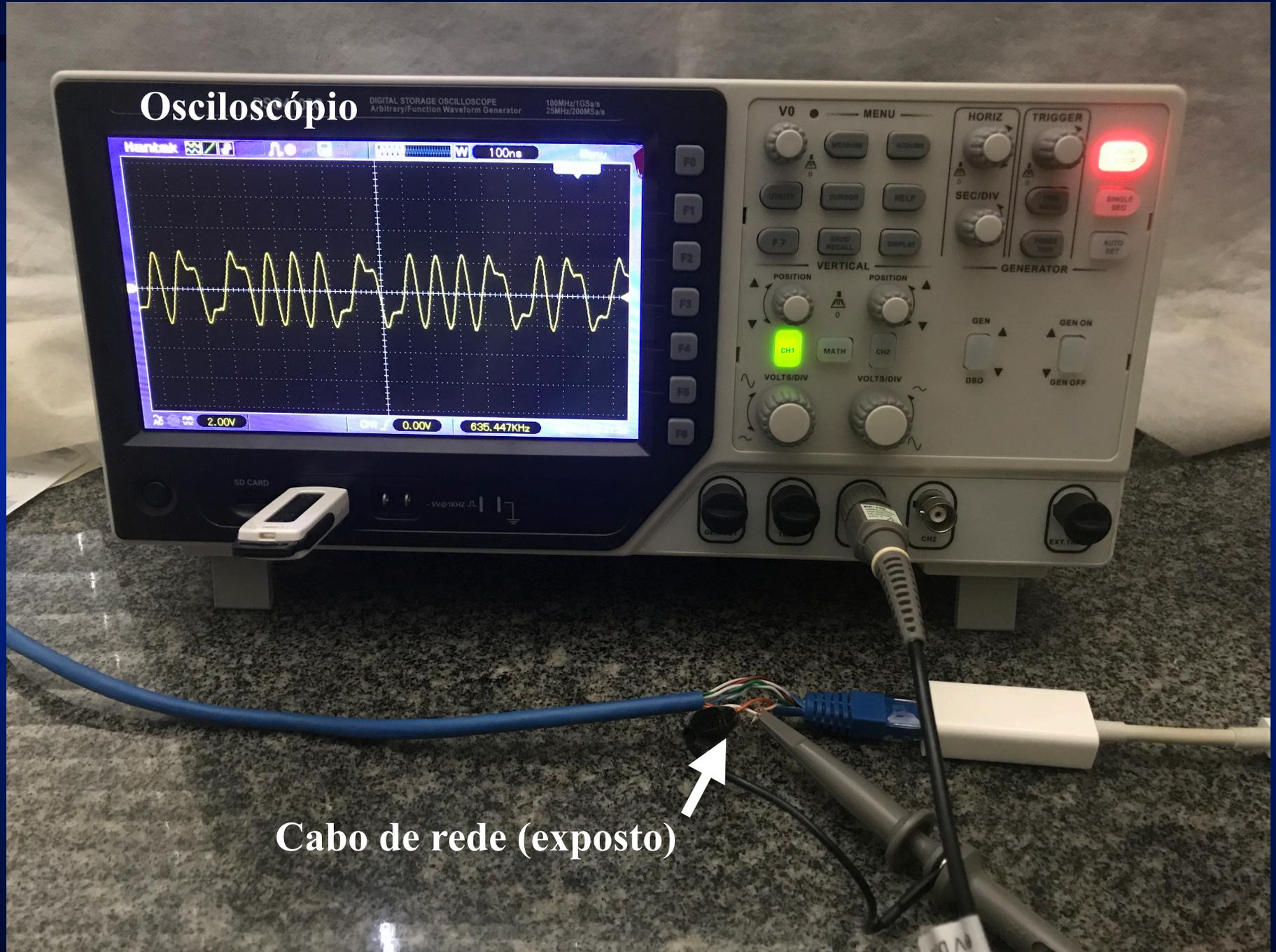
$$f(t) = \frac{a}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} * \text{sen}(n * x) , \text{ onde:}$$

"a" é a amplitude da onda

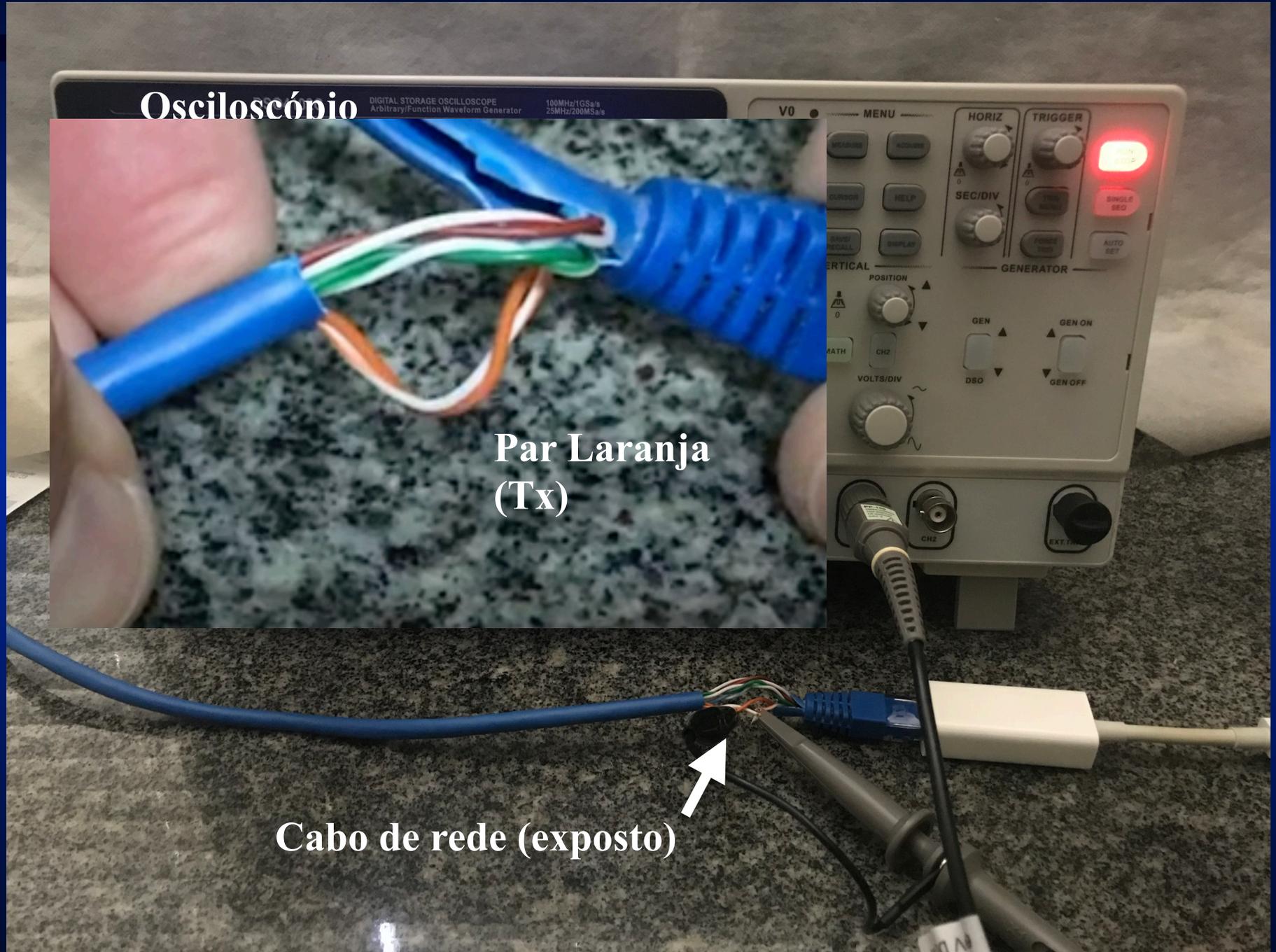
"n" está incluído no conjunto de números naturais inteiros

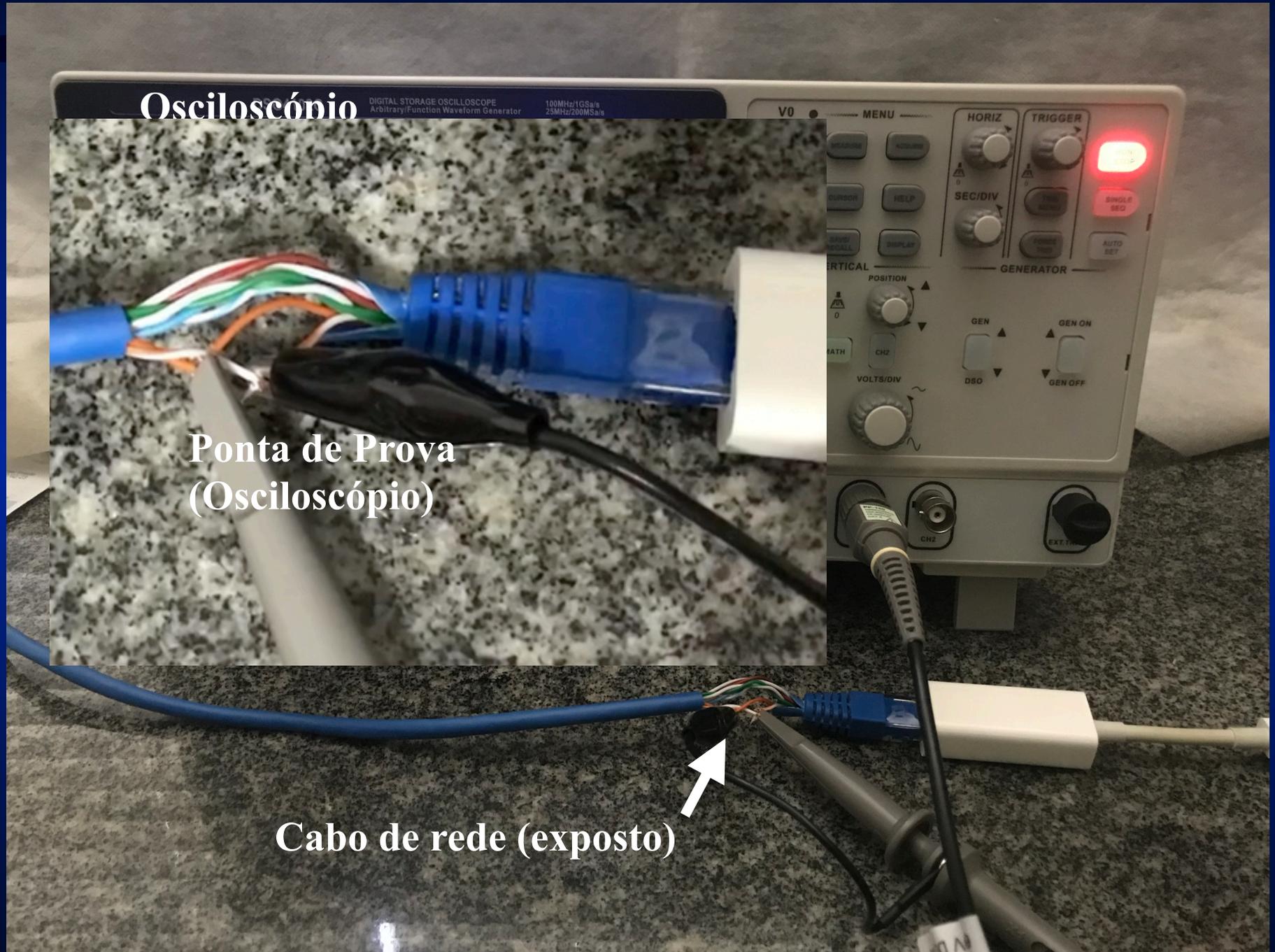
A senoide representada pelo primeiro elemento da série é chamada de "fundamental", enquanto que as demais são chamadas de "harmônicas"

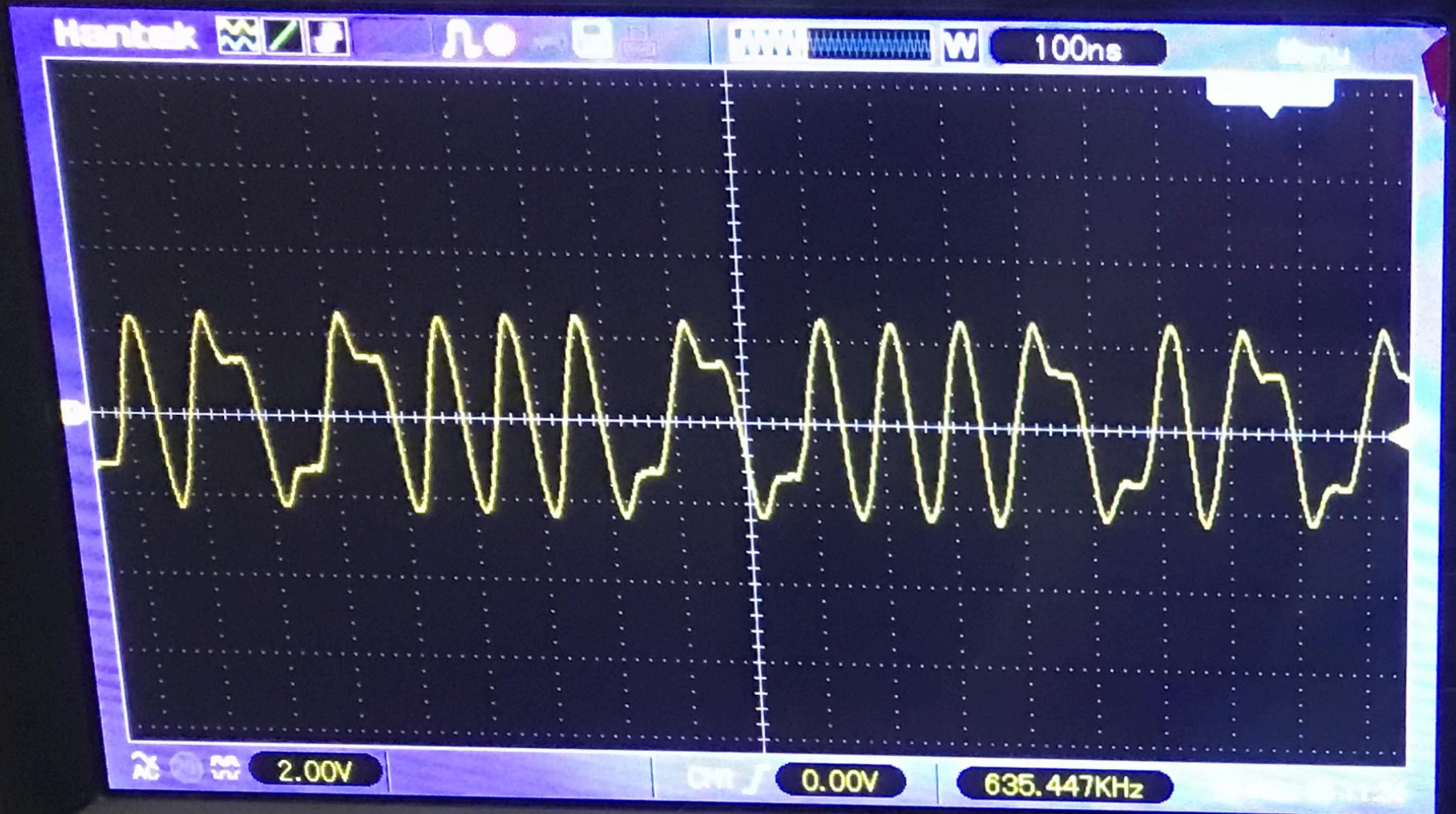
Como é impossível incluir infinitas harmônicas, o somatório não será completo, gerando ondas quadradas distorcidas.



Cabo de rede (exposto)







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

Apenas os pares laranja e verde transmitem sinais

Laranja - Tx; Verde - Rx

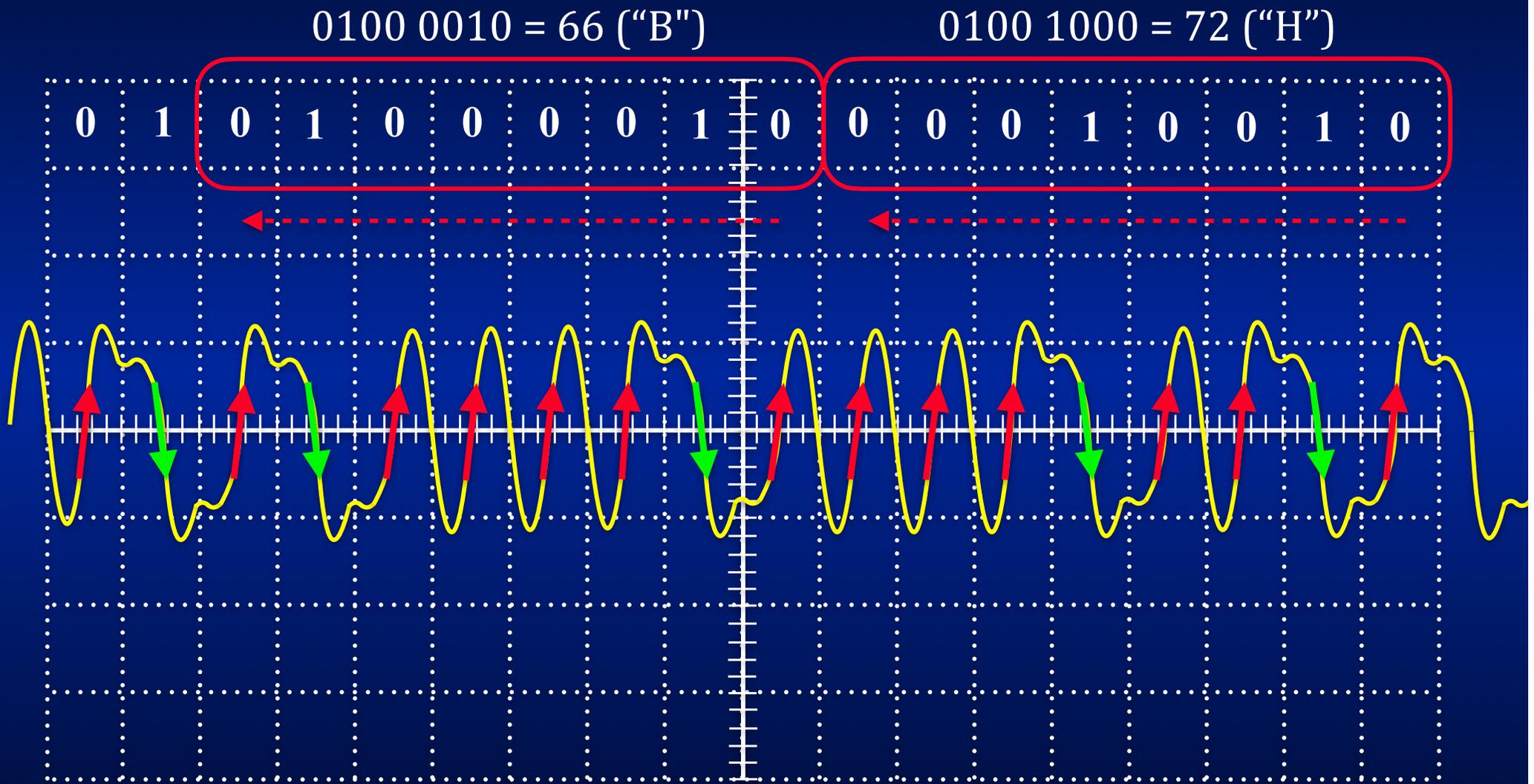
Apenas o par laranja foi monitorado ($f < 10$ MHz);

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".





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*).

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

$\frac{P_s}{P_e}$ (linear)	$\log \frac{P_s}{P_e}$ (log)	$10 \log \frac{P_s}{P_e}$ (log corr.)
%	Bell	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.

Aula 03

Definição de Rede

Computadores autônomos

Capacidade própria de processamento

Foge da arquitetura mestre-escravo

Interligação

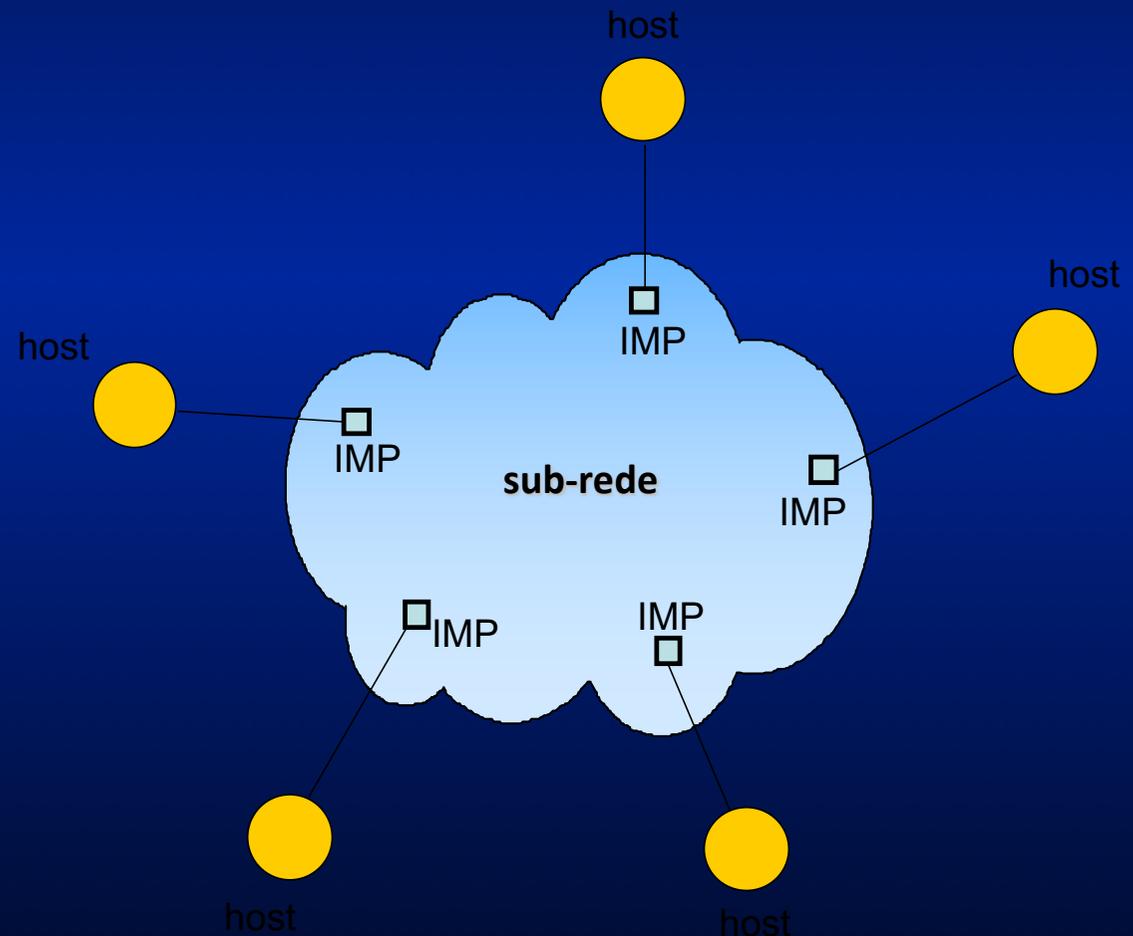
Uso do meio físico para troca de mensagens

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

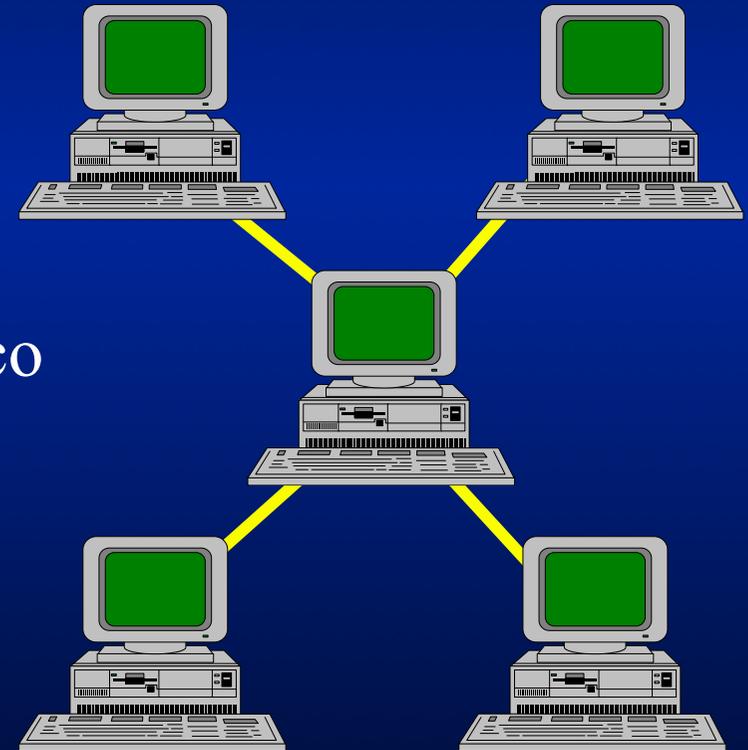
Barramento

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?

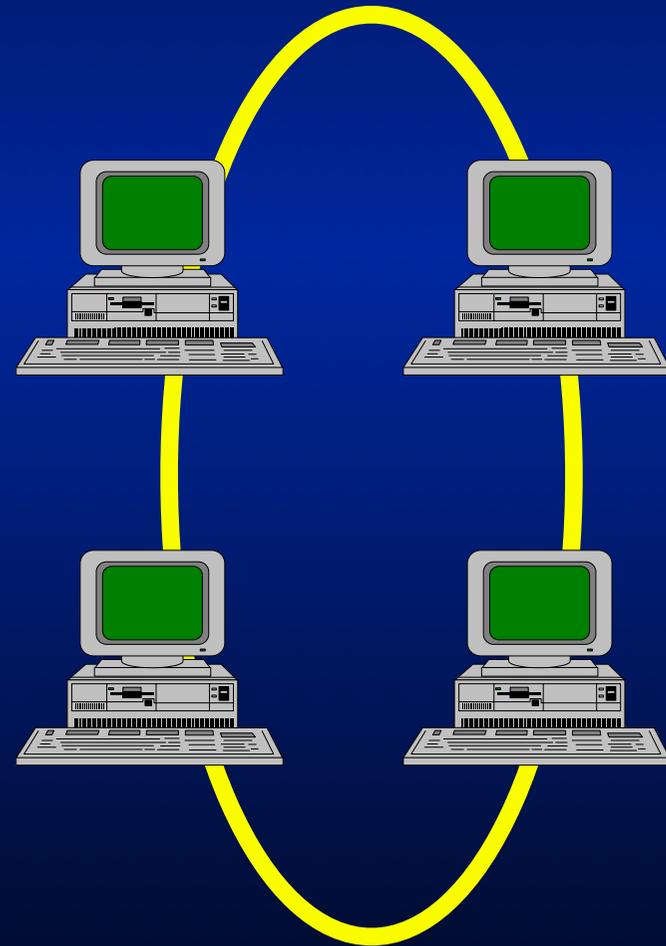
Topologias Físicas

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



Topologias Físicas

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

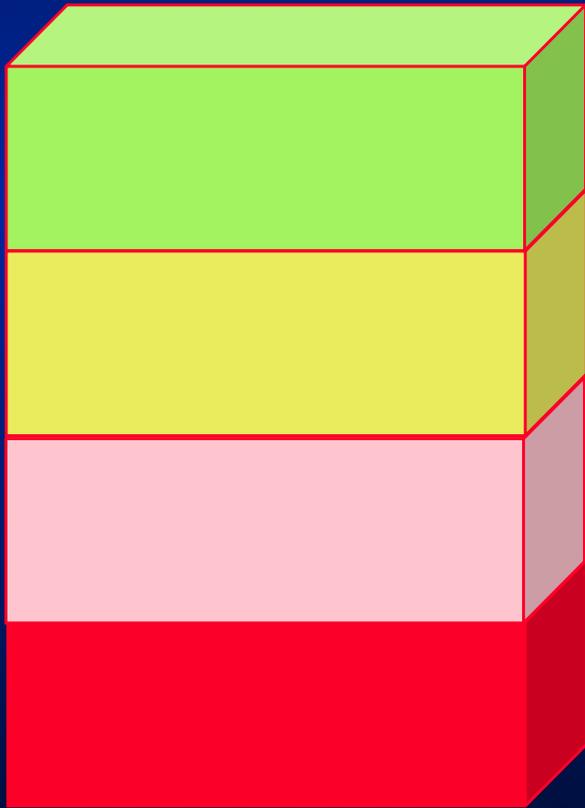


Topologias Físicas

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

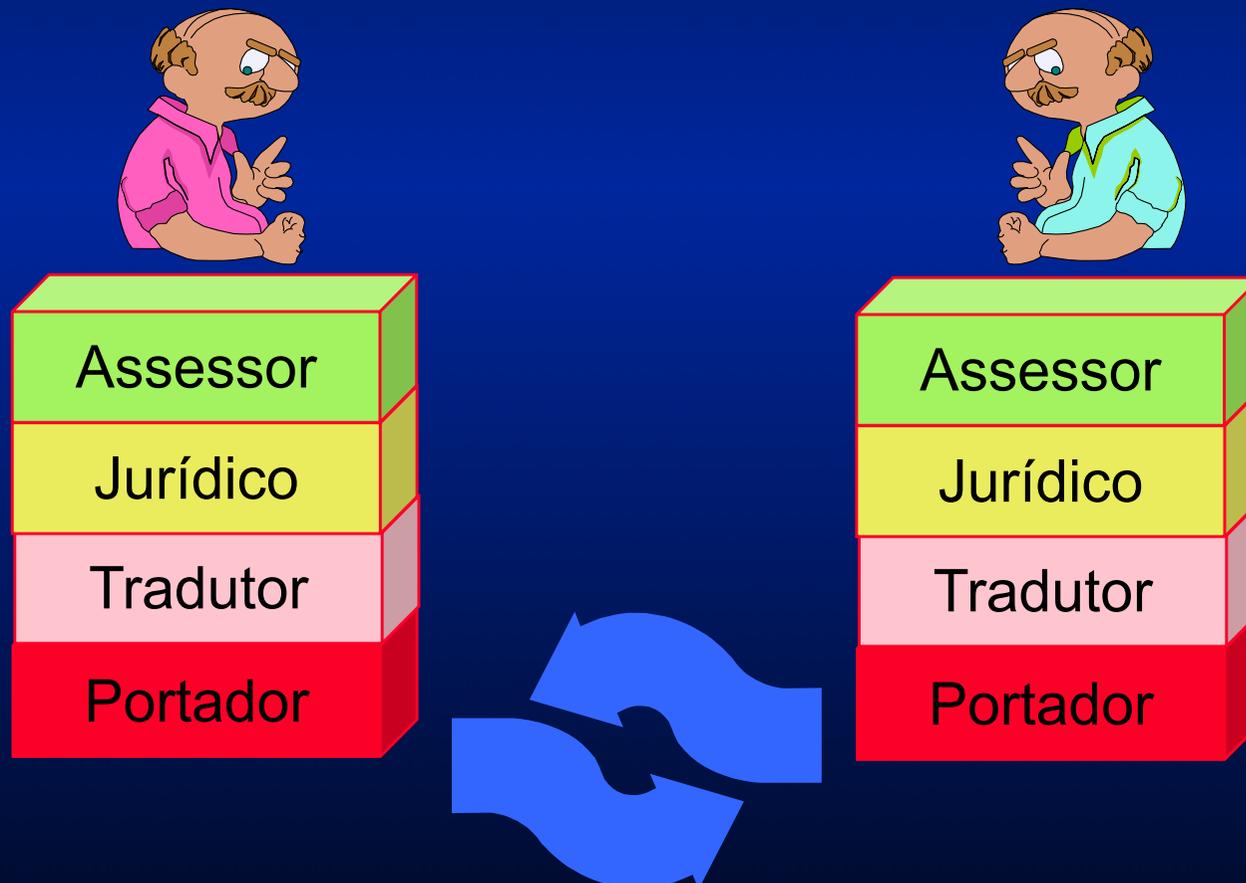
Aula 04

Modelos em Camadas

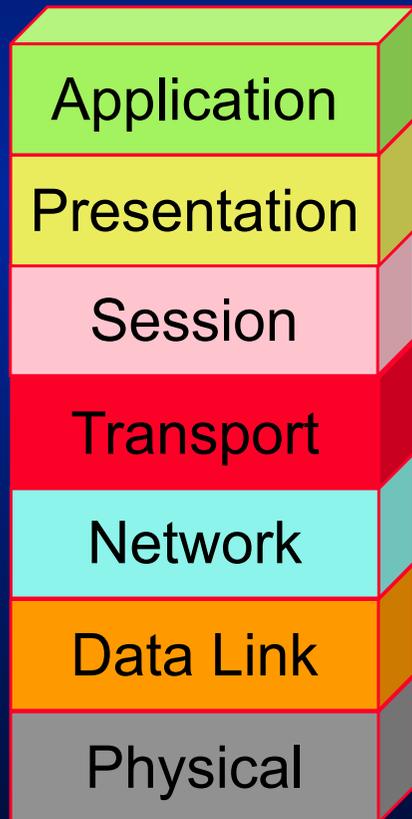


- Sistema Aberto X Fechado
 - O exemplo do automóvel
 - A informática ERA um sistema fechado !
- Sistema Aberto \Rightarrow Padronização
- Divisão dos padrões (protocolos) em camadas simplifica bastante !
 - Cada camada oferece serviços à sua vizinha superior ...
 - Responsabilidades são divididas ...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

Modelos em Camadas : Exemplo Clássico

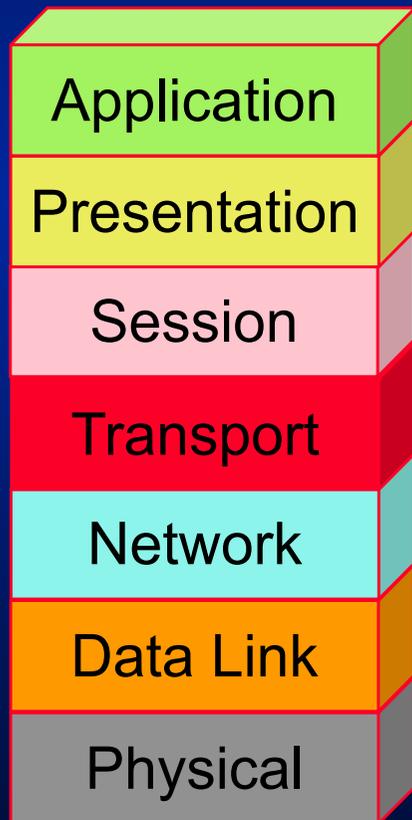


O modelo OSI



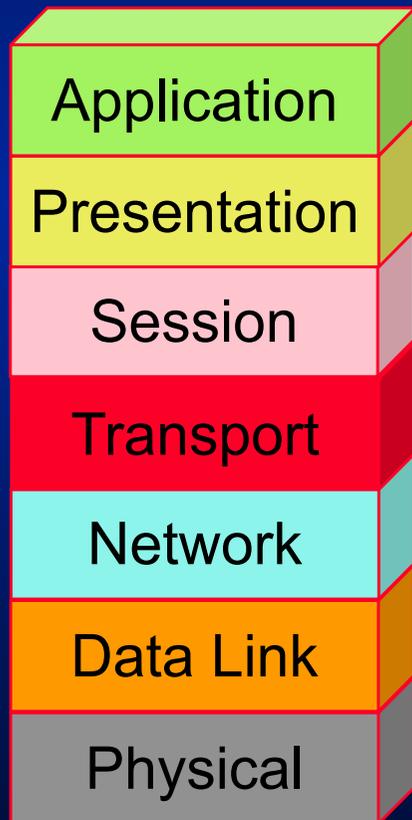
- Sete camadas. Porque ?
 - Redução do tráfego entre as camadas;
 - Funções inequívocas;
 - Compatibilidade com os padrões de mercado.
- Comunicação Virtual entre camadas semelhantes;
- Inserção de Cabeçalhos;
- Questões de Projeto ?
- Funções de cada camada ?

O modelo OSI - Questões Projeto



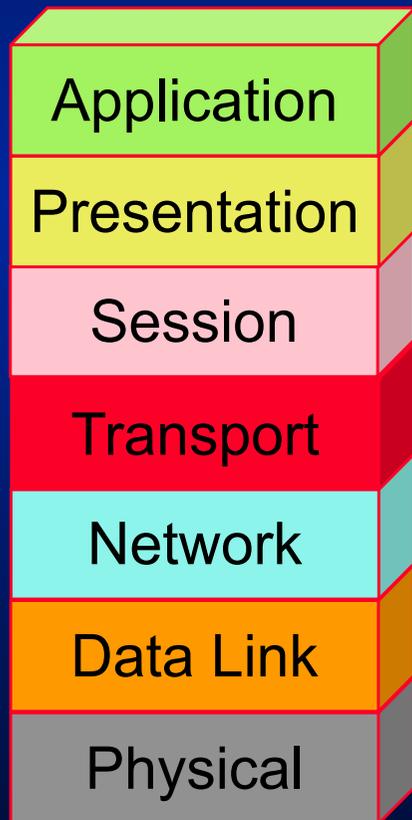
- Estabelecimento de Conexões;
- Encerramento de Conexões;
- Endereçamento;
- Estabelecimento de Canais Lógicos;
- Controle de Erros;
- Controle de Tamanho;
- Controle de Fluxo;
- Ordenação;
- Multiplexação / Demultiplexação;
- Escolha da Rota.

O modelo OSI - Questões Projeto



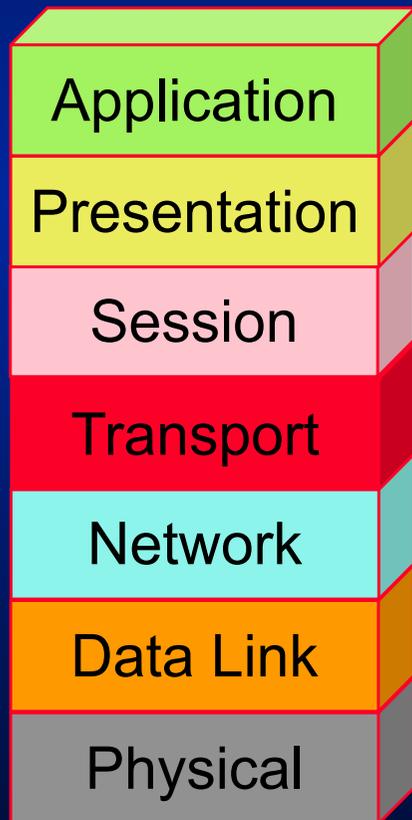
- Estabelecimento de Conexões
 - Alguns processos de comunicação exigem uma preparação prévia antes da troca de informações;
 - Ex: uma ligação telefônica.
 - Estabelecer uma conexão exige reserva de recursos, troca de identificadores etc.

O modelo OSI - Questões Projeto



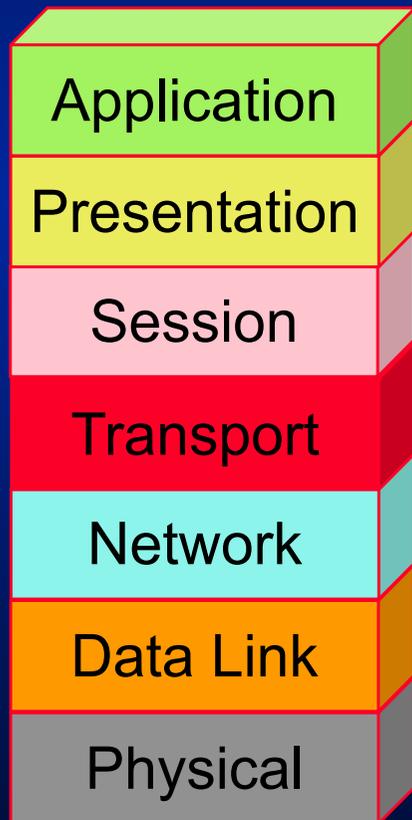
- Estabelecimento de Conexões;
- Encerramento de Conexões
 - Aparentemente simples, o encerramento de conexões envolve a “devolução” de recursos, o que pode ser inclusive mais complexo do que a reserva dos mesmos.

O modelo OSI - Questões Projeto



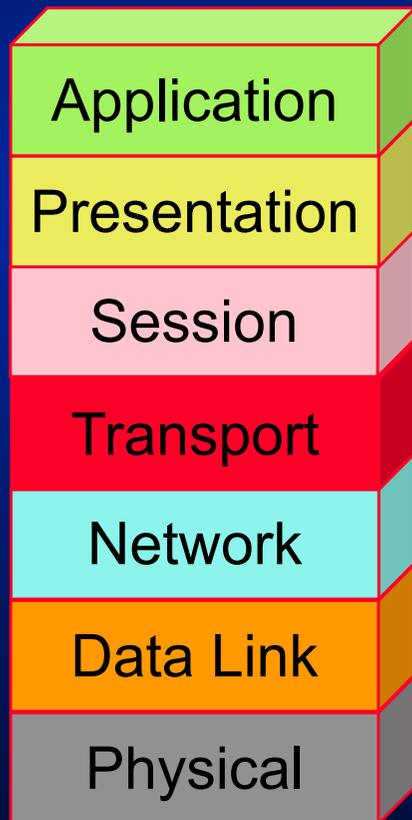
- Estabelecimento de Conexões;
- Encerramento de Conexões;
- Endereçamento
 - O envio de informações pode ser feito em formato unicast, multicast ou broadcast;
 - Cada formato, com exceção do broadcast, exige um endereçamento específico;
 - Alguns endereços envolvem rotas e classificações de abrangência.

O modelo OSI - Questões Projeto



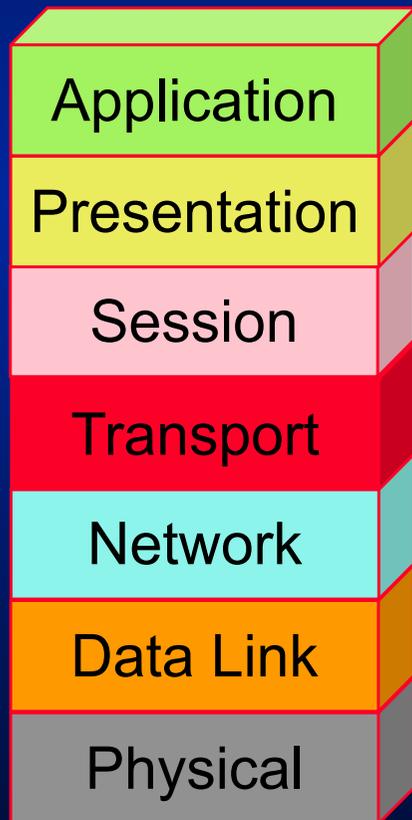
- Estabelecimento de Conexões;
- Encerramento de Conexões;
- Endereçamento;
- Estabelecimento de Canais Lógicos
 - É muito comum termos diversos fluxos simultâneos em um determinado canal de comunicação (físico ou lógico);
 - Em alguns casos, alguns fluxos precisam ser tratados de forma diferenciada.

O modelo OSI - Questões Projeto



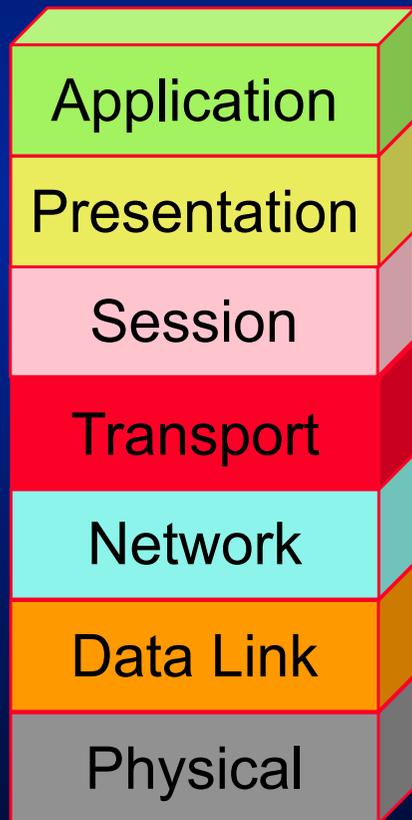
- Encerramento de Conexões;
- Endereçamento;
- Estabelecimento de Canais Lógicos;
- Controle de Erros
 - Erros ocorrem em qualquer sistema de comunicação. A depender da aplicação, eles podem ser tratados de forma diferente:
 - Desprezo
 - Identificação e Contagem
 - Re-transmissão
 - Correção

O modelo OSI - Questões Projeto



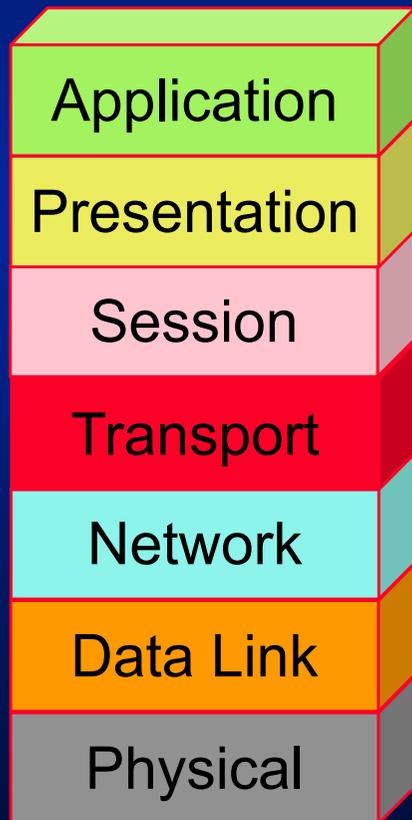
- Endereçamento;
- Estabelecimento de Canais Lógicos;
- Controle de Erros;
- Controle de Tamanho
 - Determinados canais de comunicação estabelecem tamanhos máximos e mínimos em seus protocolos, o que nem sempre é adequado ao tráfego das informações em seu formato bruto
 - Segmentação ou agregação?
 -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

O modelo OSI - Questões Projeto



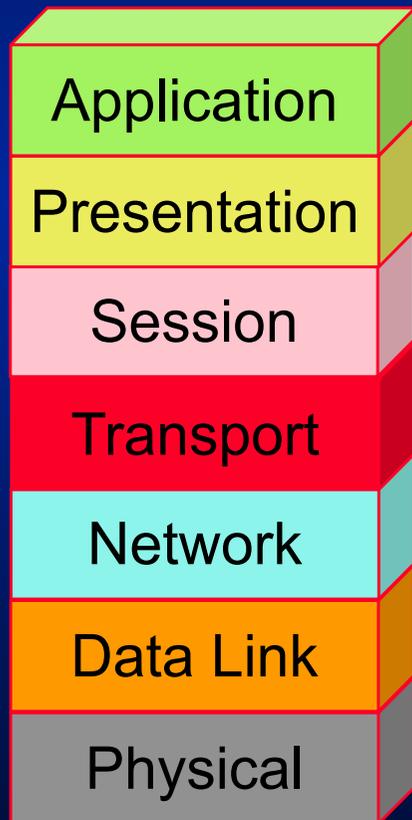
- Estabelecimento de Canais Lógicos;
- Controle de Erros;
- Controle de Tamanho;
- Controle de Fluxo
 - Muitas vezes a performance do transmissor não corresponde à capacidade do receptor de interpretar os dados recebidos;
 - Outra situação é a disputa entre mais de um transmissor pelo meio físico compartilhado.

O modelo OSI - Questões Projeto



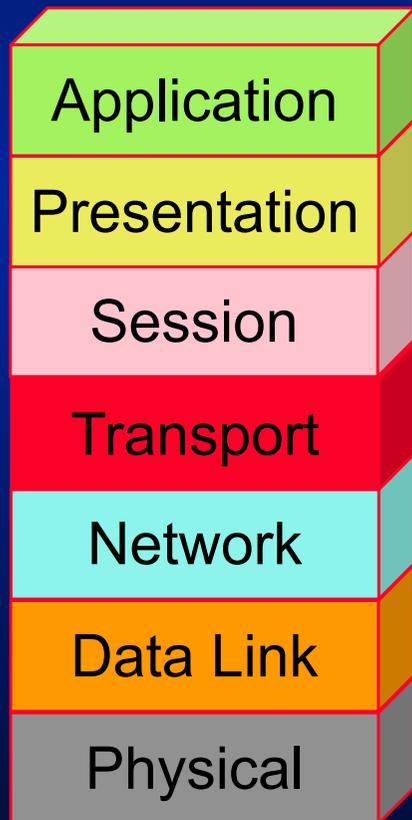
- Controle de Erros;
- Controle de Tamanho;
- Controle de Fluxo;
- Ordenação
 - Durante os fluxos de segmentos de dados, muitas vezes a ordem de entrega é alterada por conta do uso de múltiplos caminhos, ou pela retransmissão por tratamento de erros;
 - Muitos protocolos precisam implementar alguma forma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

O modelo OSI - Questões Projeto



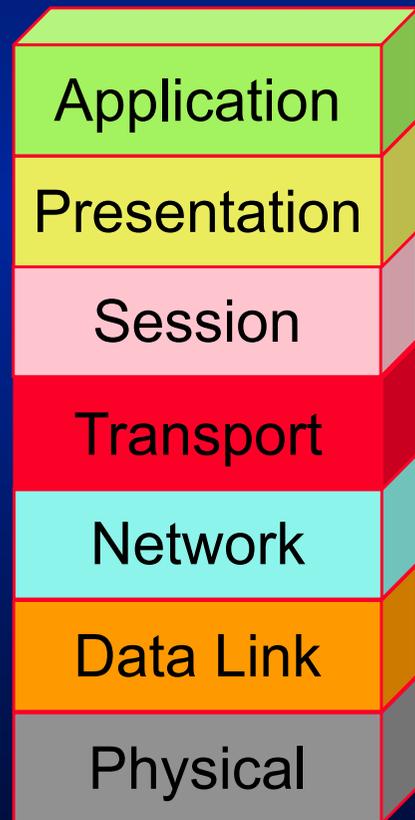
- Controle de Tamanho;
- Controle de Fluxo;
- Ordenação;
- Multiplexação / Demultiplexação
 - Similar aos Canais Lógicos, o MUX/DEMUX tem como principal diferença não associar parâmetros diferentes aos fluxos que compartilham o canal de comunicação;
 - A implementação de MUX/DEMUX já foi muito comum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

O modelo OSI - Questões Projeto



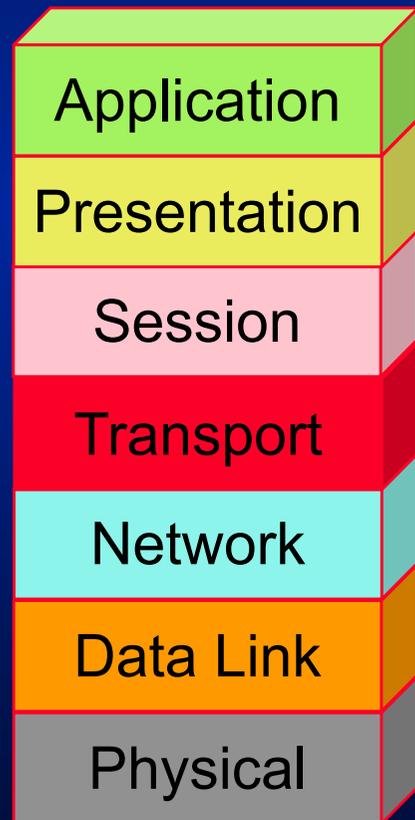
- Controle de Fluxo;
- Ordenação;
- Multiplexação / Demultiplexação;
- Escolha da Rota
 - Entre dois pontos, podem existir diferentes caminhos, cada qual com suas características específicas relacionadas a:
 - Segurança;
 - Confiabilidade;
 - Performance;
 - Custo.
 - Cabe aos protocolos de rota definir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

O modelo OSI - Funções Camadas



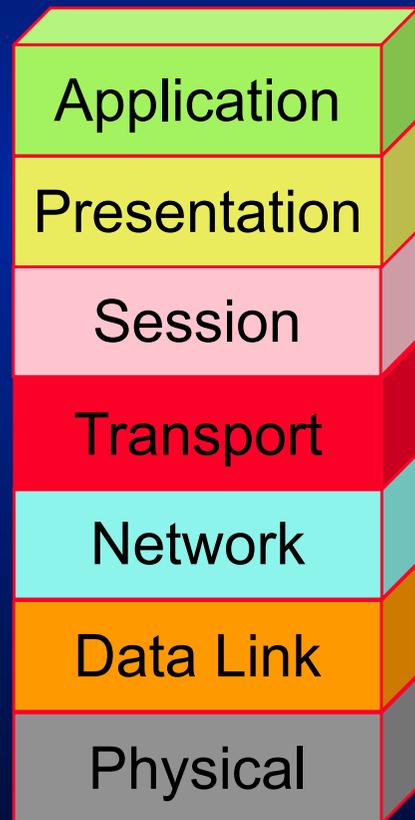
- Física (*Physical*)
 - Determina interfaces mecânica, elétrica e tempos;
 - É a camada onde efetivamente ocorre a comunicação entre emissor e receptor;
 - Domínio do cabeamento estruturado, engenharia elétrica;
 - Ex. : Repetidor, HUB, Transceptores;
 - Unidade de dados : BIT.

O modelo OSI - Funções Camadas



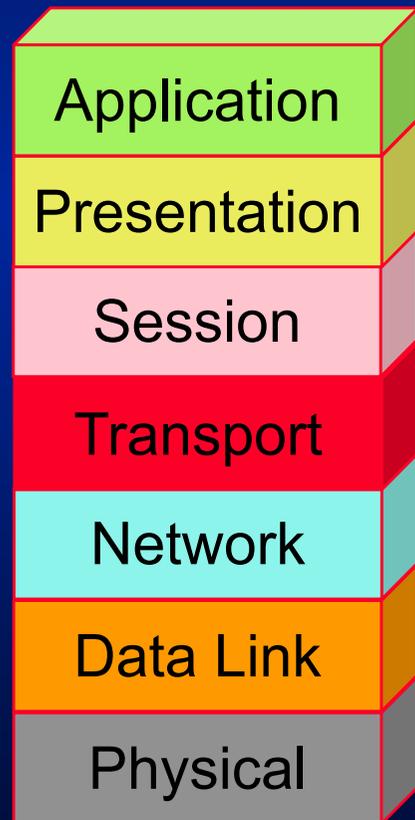
- Enlace (*Data Link*)
 - Transforma a camada física em um ambiente livre de erros;
 - Delimita e estabelece campos
 - Delimitadores por padrão físico, tamanho ou codificação (c/ misturadores)
 - Delgada nas redes mais modernas;
 - Subdividida nas redes IEEE802 (LLC e MAC);
 - Controle de fluxo;
 - Ex.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

O modelo OSI - Funções Camadas



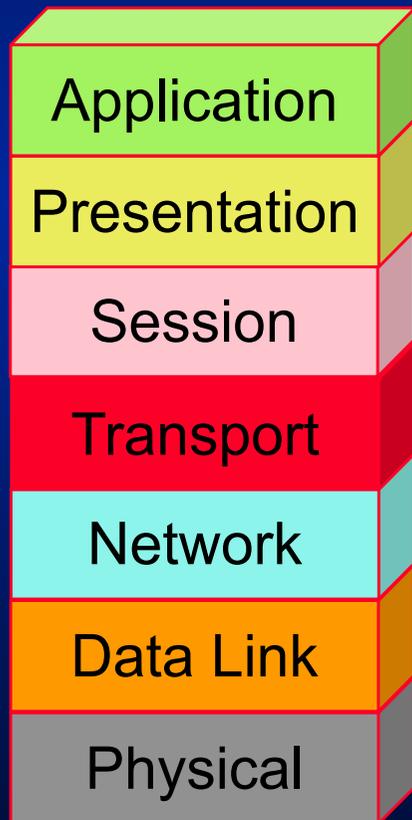
- Rede (*Network*)
 - É a camada da interligação entre “padrões de rede” diferentes;
 - Controle de operação e contabilização de recursos;
 - Delgada nas redes locais;
 - Ex. : Roteadores, switches de camada 3, IP;
 - Unidade de dados : PACOTE.

O modelo OSI - Funções Camadas



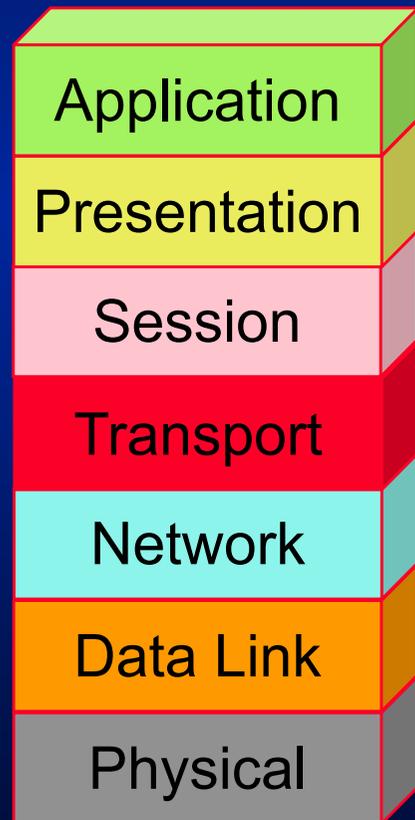
- Transporte
 - Primeira camada fim a fim !
 - Estabelece qualidade de serviço (QoS);
 - Estabelecimento conexões & multiplexação;
 - Ex. : Gateways, TCP, UDP;
 - Unidade de dados : segmento, mensagem ?

O modelo OSI - Funções Camadas



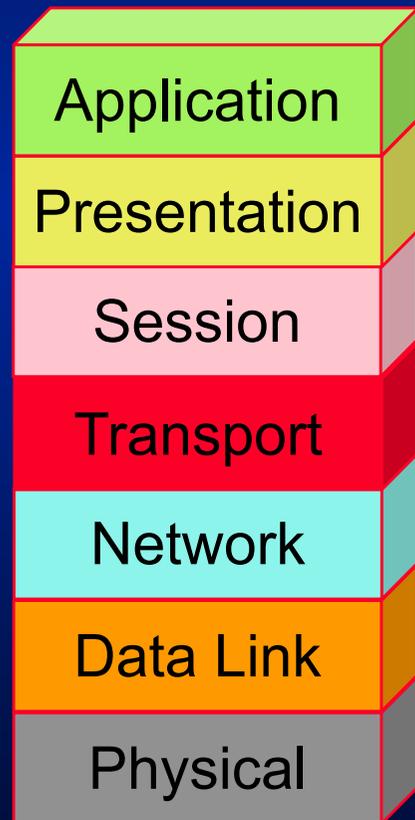
- Sessão (*Session*)
 - Estabelece uma conexão de alto nível;
 - Determina pontos de checagem intermediária;
 - Controle de fluxo;
 - Sincronização.

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