

Redes de Comunicação de Dados



PUC -Rio
Departamento de Informática

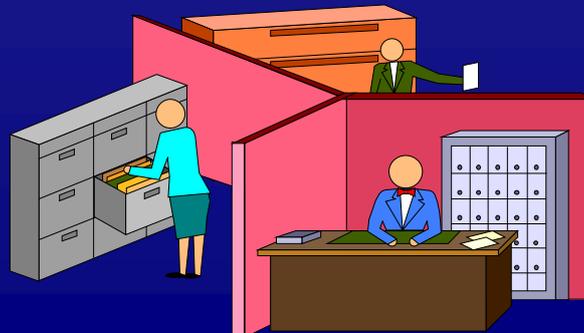
Luiz Fernando Gomes Soares
lfgs@inf.puc-rio.br

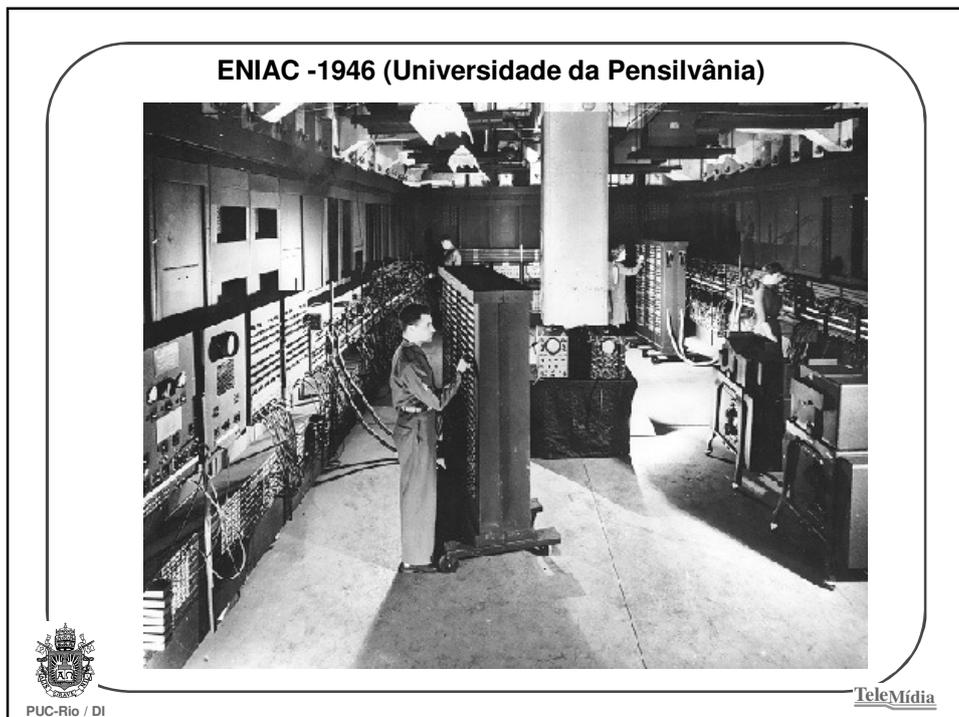
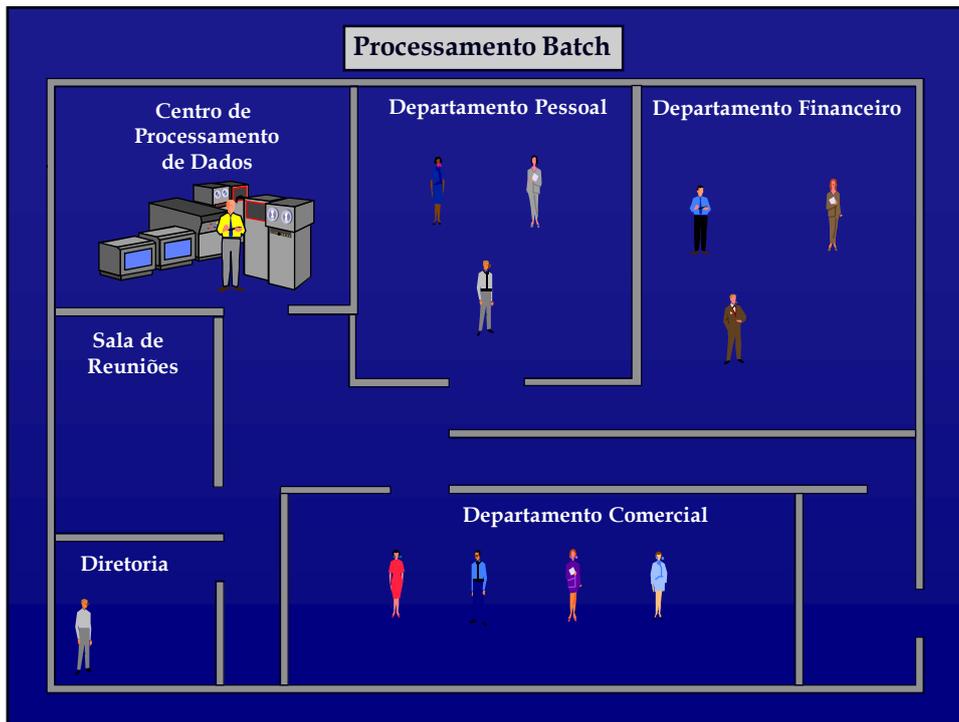


PUC-Rio / DI

TeleMídia

A Evolução da Informática nas Empresas



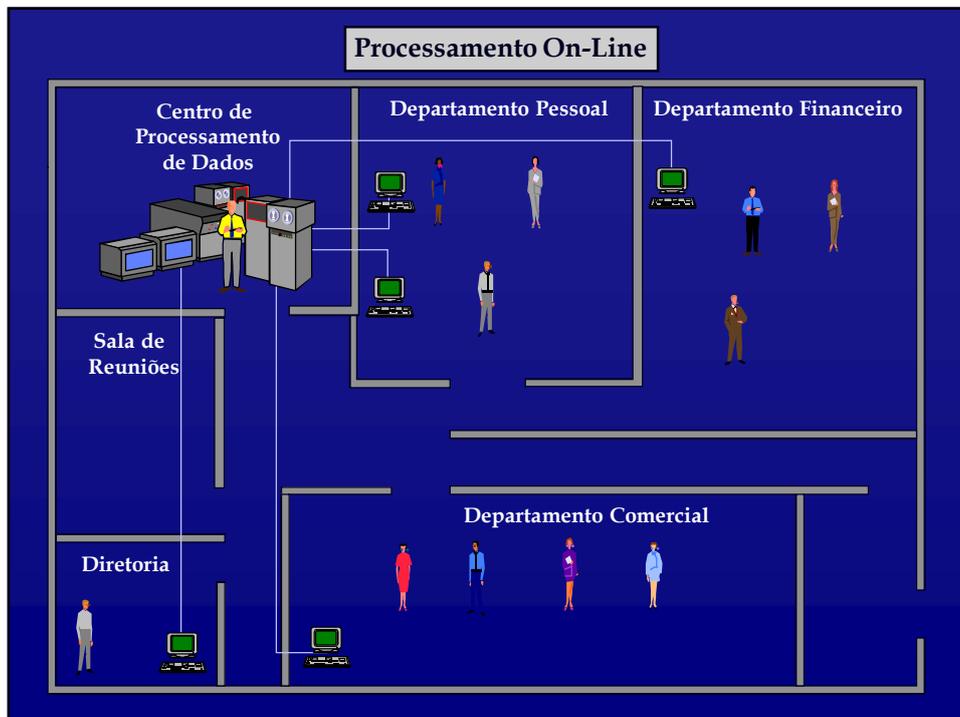




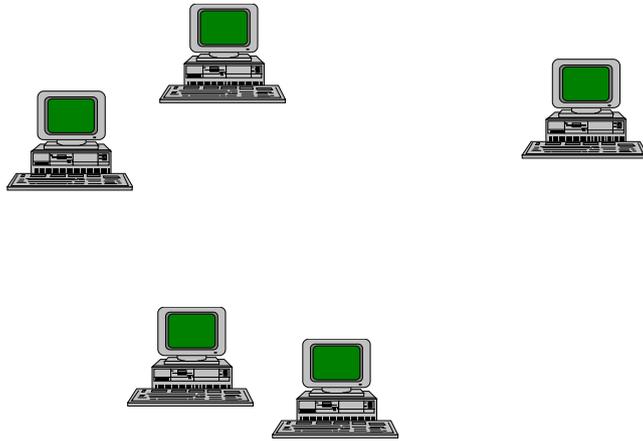
PUC-Rio / DI

O RAMAC 350 era capaz de armazenar 5 megabytes de dados e custava US\$ 50 mil. Para transportá-lo, eram necessários mais de dez homens

TeleMídia



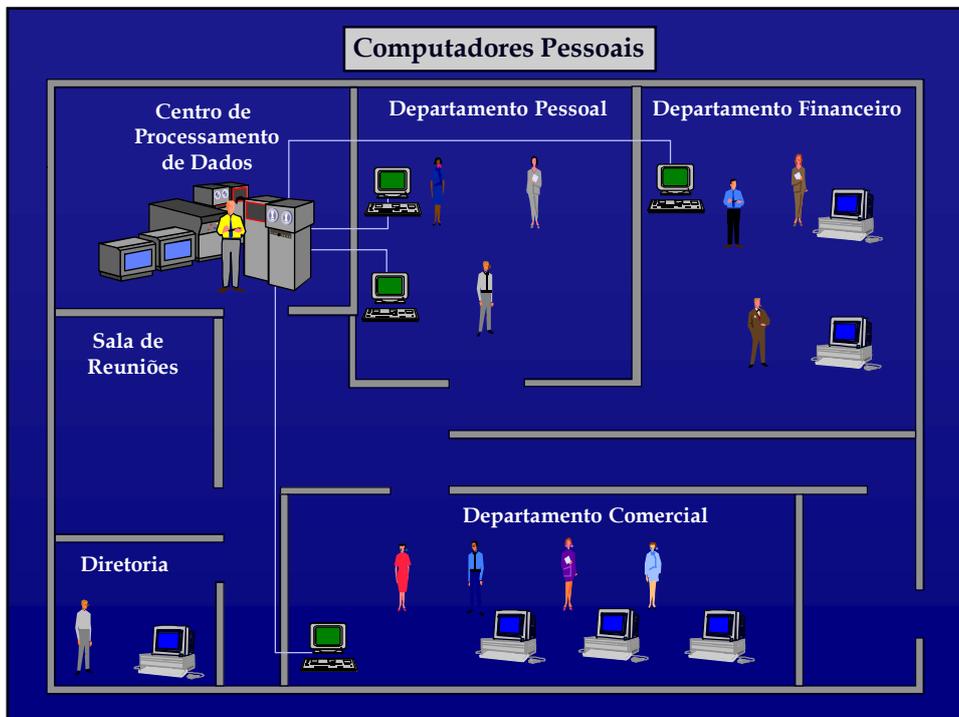
Surgem os Microcomputadores



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Computadores Pessoais

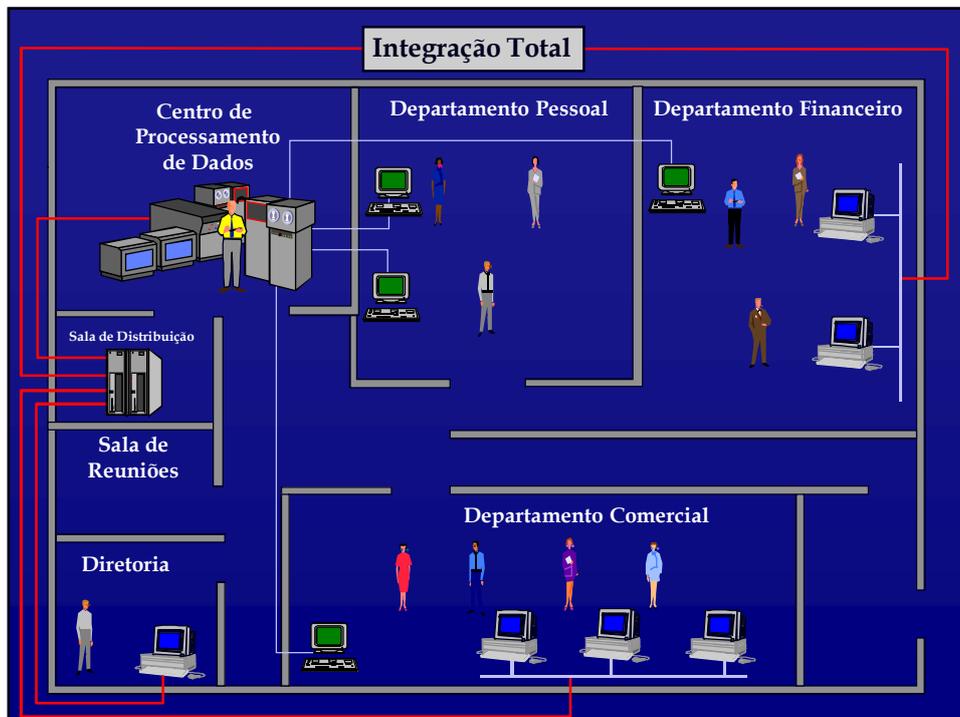


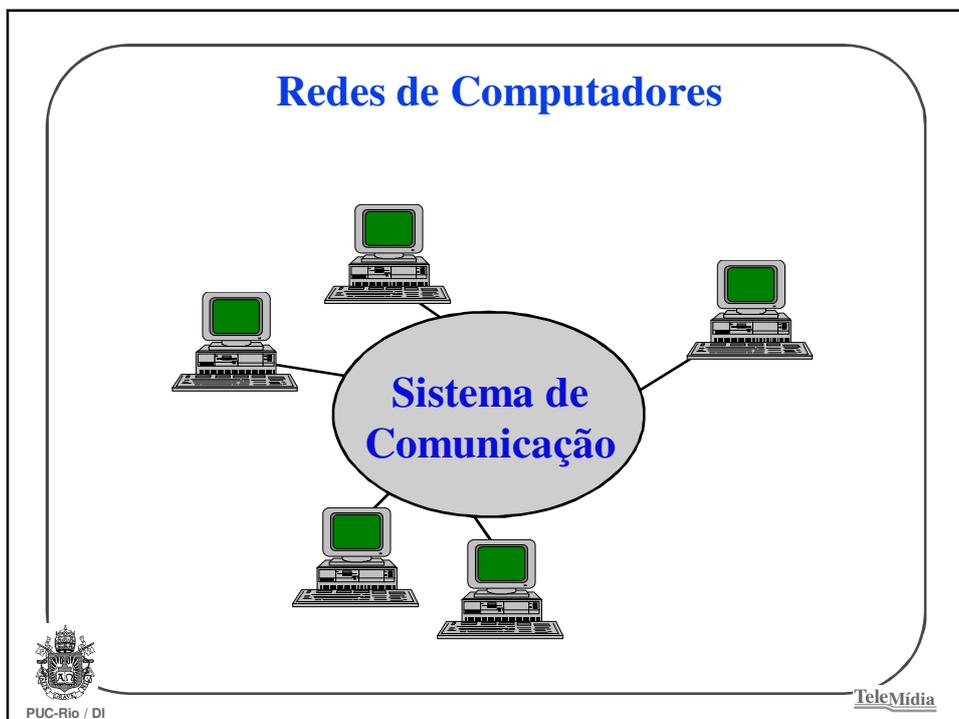
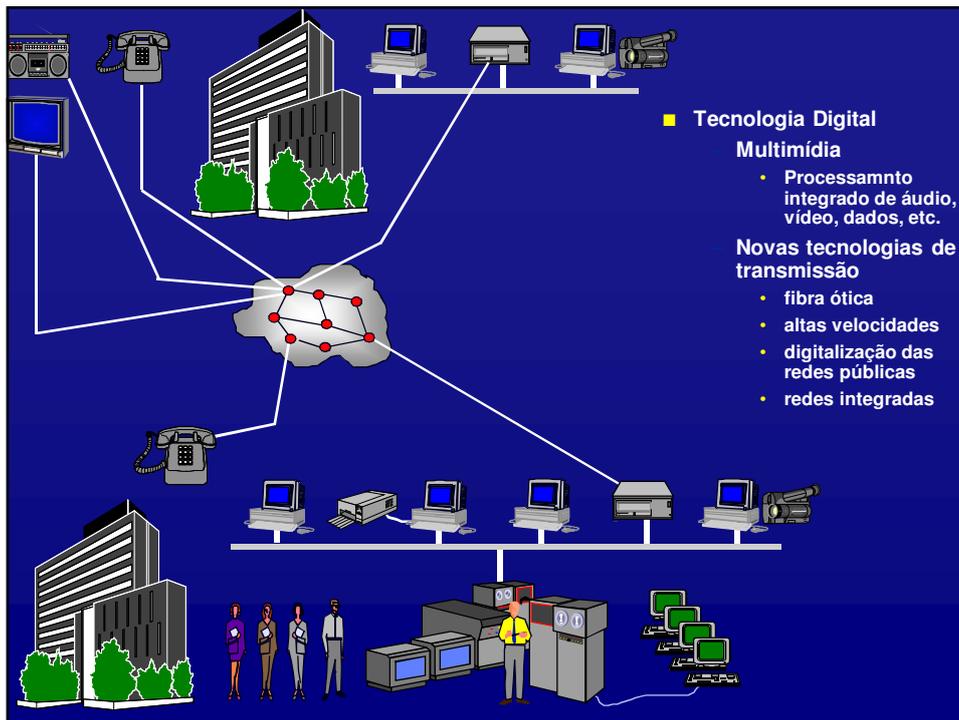
Redes de Computadores

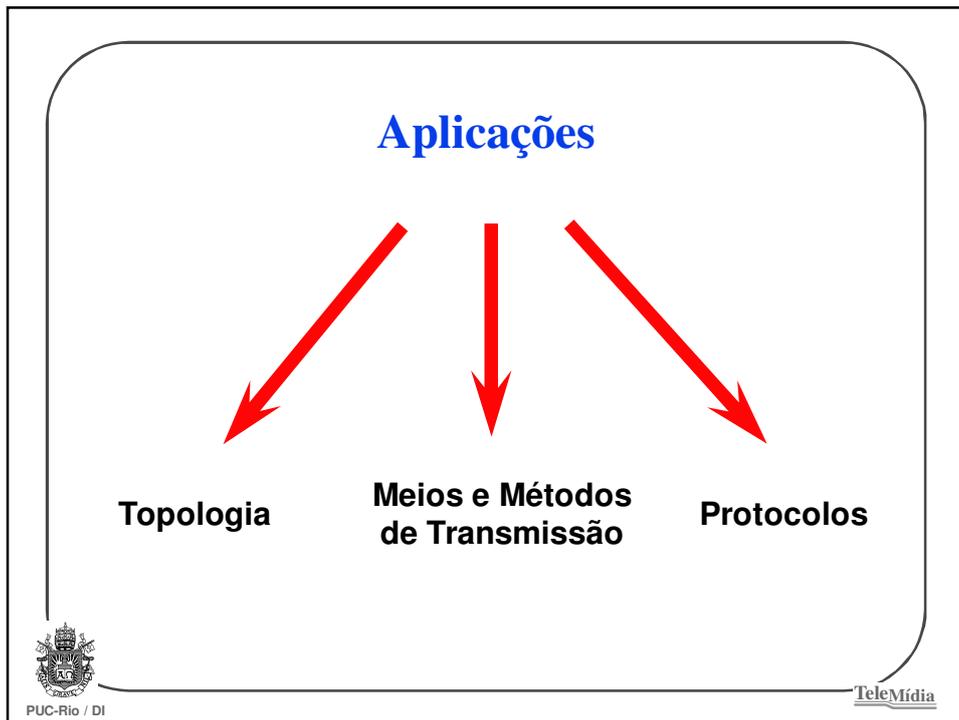


PUC-Rio / DI

TeleMídia



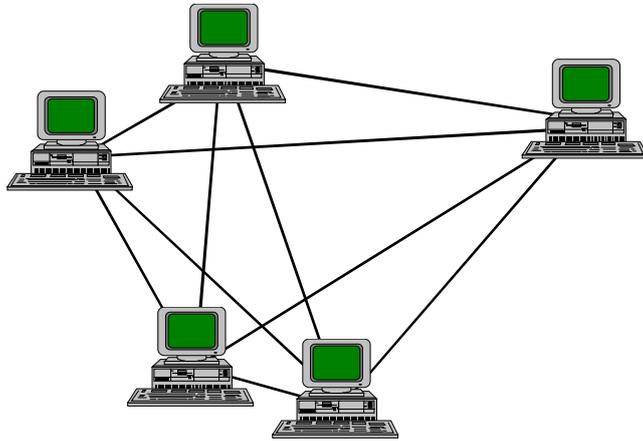




Qual a melhor forma de interligar os computadores considerando que eles estão a dezenas de quilômetros uns dos outros?

 PUC-Rio / DI  TeleMídia

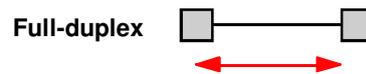
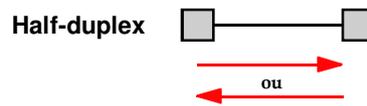
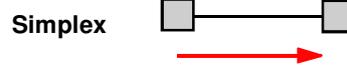
Totalmente Ligados



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Tipos de Ligação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

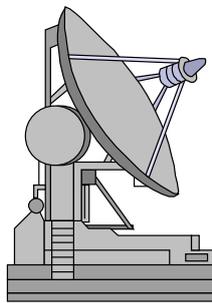
Situação dos anos 1970 a meados dos anos 1990



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Redes Geograficamente Distribuídas (Distâncias Maiores que Dezenas de Quilômetros)



Custo de Comunicação Elevado

- Circuitos para satélites
- Enlaces de microondas
- Cabos de longa distância



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Redes Completamente Ligadas

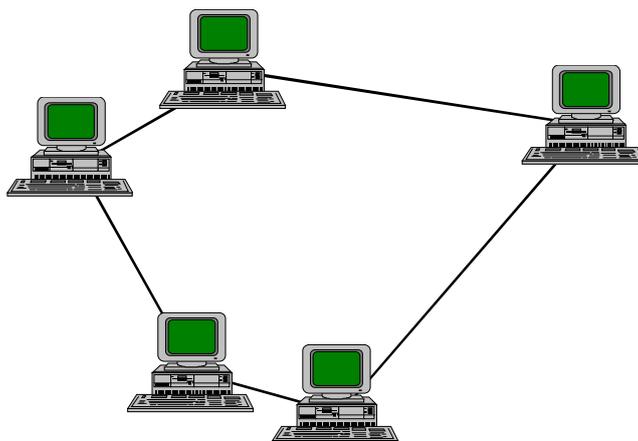
- ➔ Numa rede com N estações, por exemplo, seriam necessárias $N(N-1)/2$ ligações ponto a ponto para que se pudesse conectar todos os pares de estações através de linhas dedicadas.
- ➔ Dessa forma, o custo do sistema cresce com o quadrado do número de estações, tornando tal topologia economicamente inviável para redes grandes e com estações dispersas.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

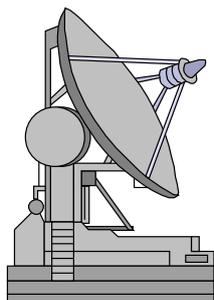
Anel



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Redes Geograficamente Distribuídas (Distâncias Maiores que Dezenas de Quilômetros)



Custo de Comunicação Elevado

Circuitos para satélites
Enlaces de microondas
Cabos de longa distância

Baixas Velocidades

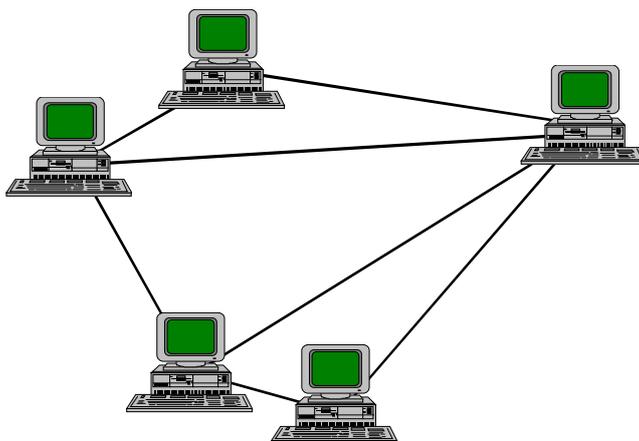
Altas
Taxas de Erro



PUC-Rio / DI

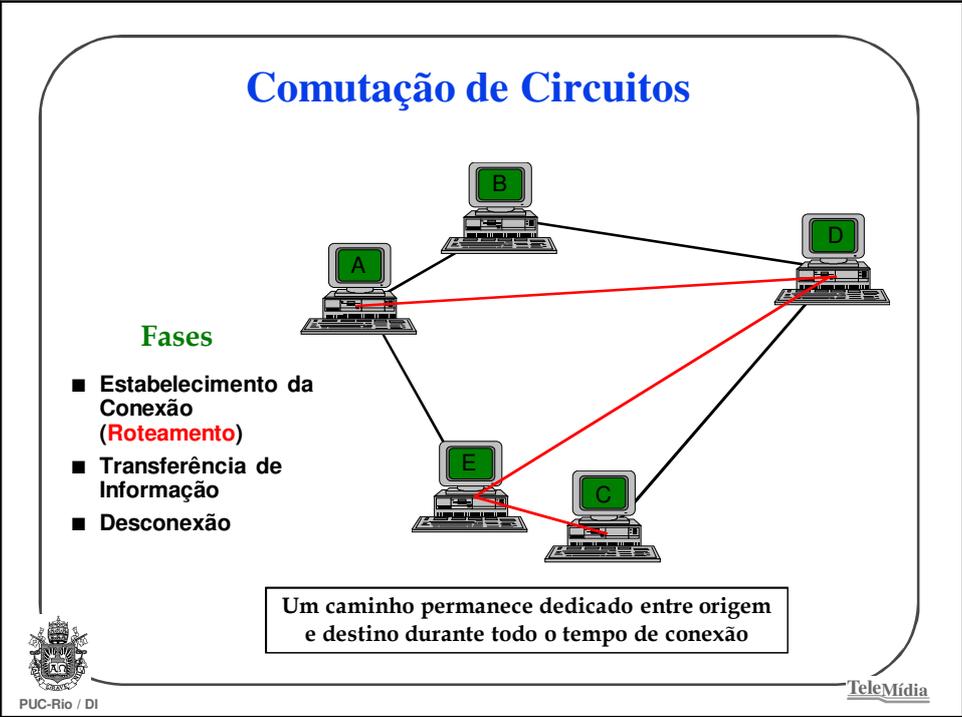
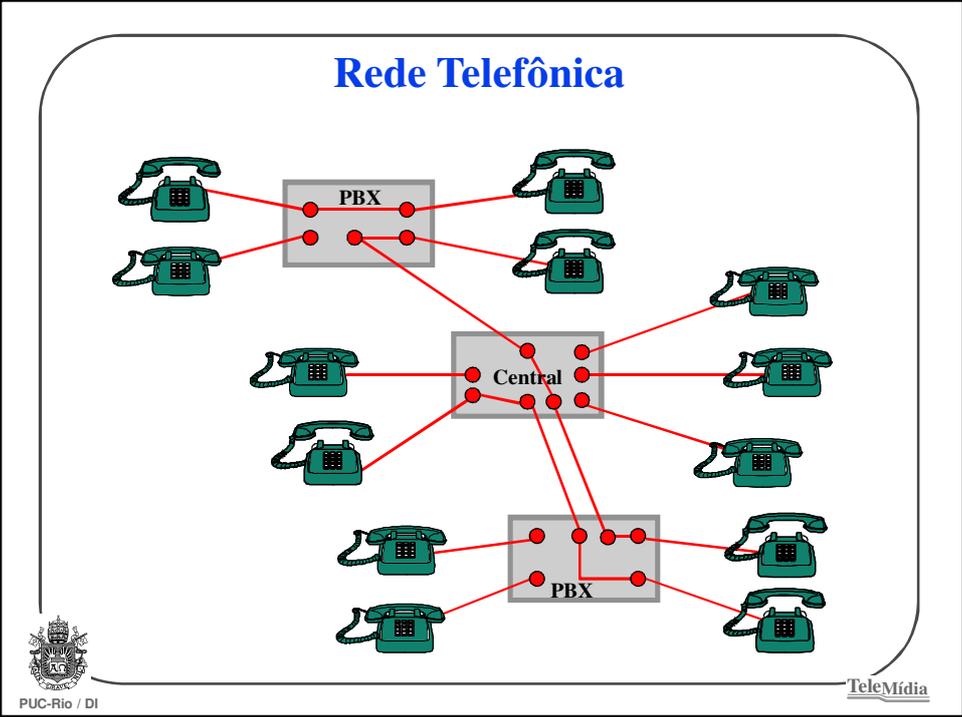
TeleMídia

Parcialmente Ligados

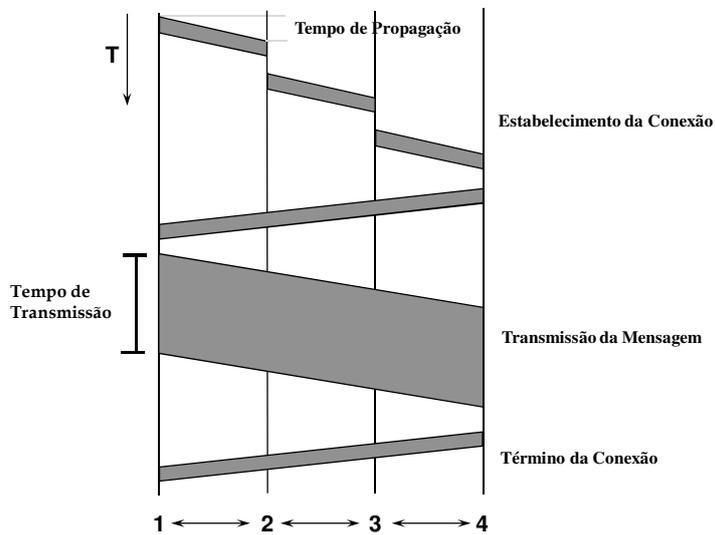


PUC-Rio / DI

TeleMídia



Comutação de Circuitos



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Circuitos

Características

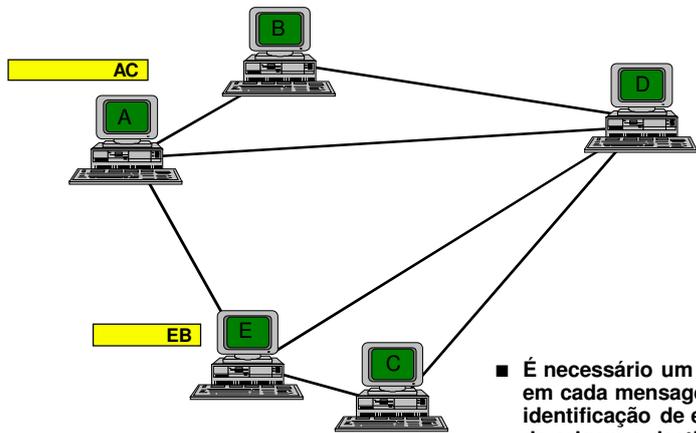
- ➔ Necessidade de estabelecimento de conexão (roteamento no momento da conexão)
- ➔ Canal dedicado
- ➔ Endereçamento necessário apenas na conexão
- ➔ Retardo de transferência dos dados constante



PUC-Rio / DI

TeleMídia

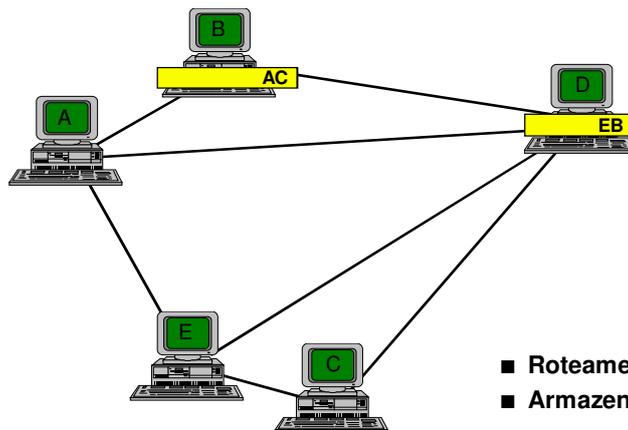
Comutação de Mensagens



PUC-Rio / DI

TeleMídia

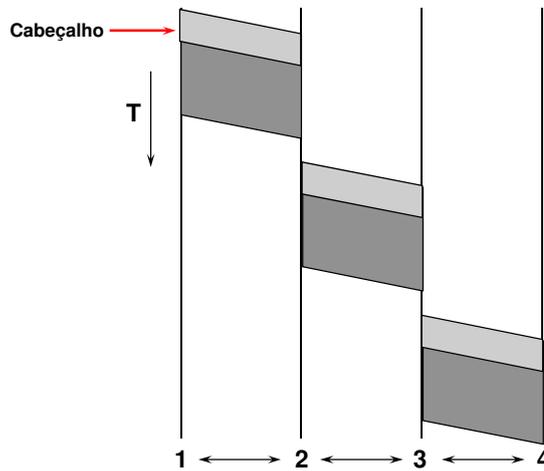
Comutação de Mensagens



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Mensagens



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Mensagens

Características

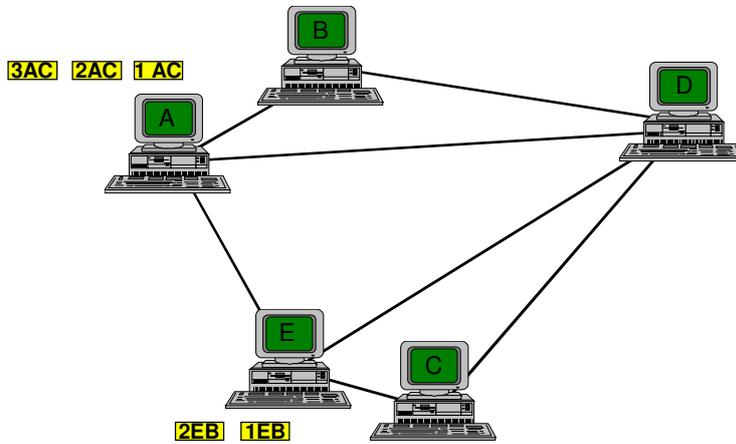
- ➔ Não existe fase de estabelecimento de chamada nem de desconexão
- ➔ *Store-and-Forward*
- ➔ Cada mensagem possui cabeçalho com informações necessárias ao seu encaminhamento
- ➔ Pode introduzir grandes atrasos nas mensagens



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Pacotes



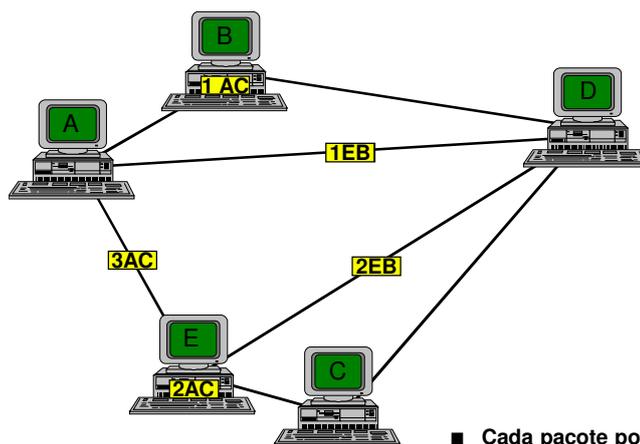
- É necessário um **cabeçalho** em cada pacote para identificação de endereço de origem e destino



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Pacotes



- É necessário **armazenar** temporariamente os pacotes em nós intermediários

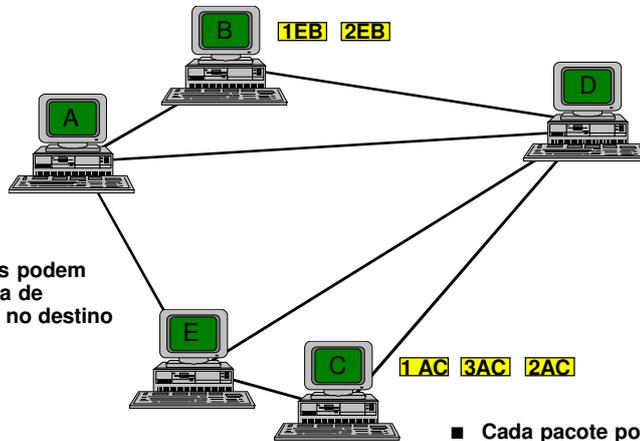
- Cada pacote pode ser **roteado** de forma independente



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Pacotes



- Os pacotes podem chegar fora de **sequência** no destino

- É necessário **armazenar** temporariamente os pacotes em nós intermediários

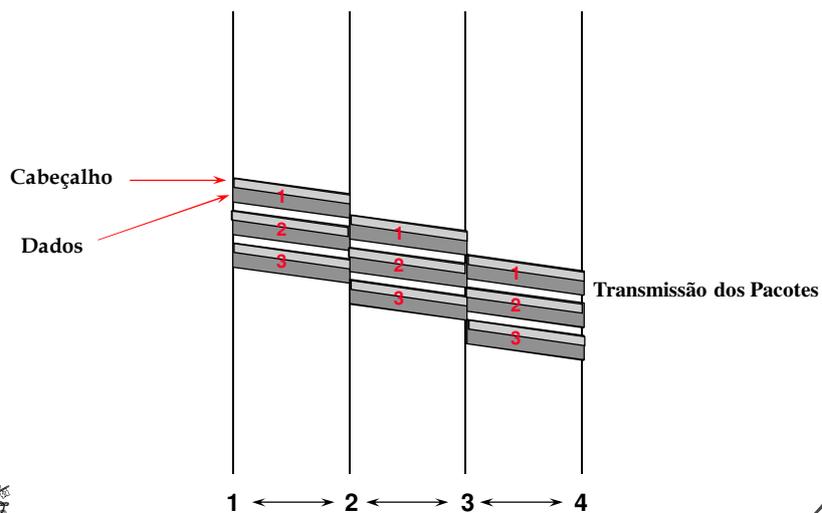
- Cada pacote pode ser **roteado** de forma independente



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Pacotes



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Pacotes

Características

- Não há necessidade de estabelecimento de conexão
- Canal compartilhado
- Endereçamento necessário em todos os pacotes
- Retardo de transferência dos dados é uma variável aleatória



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Formato do Pacote

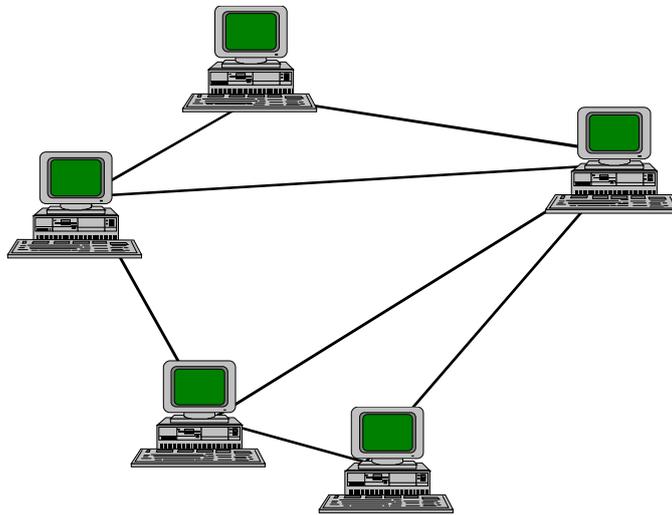
Destino	Origem	Informação
---------	--------	------------



PUC-Rio / DI

TeleMídia

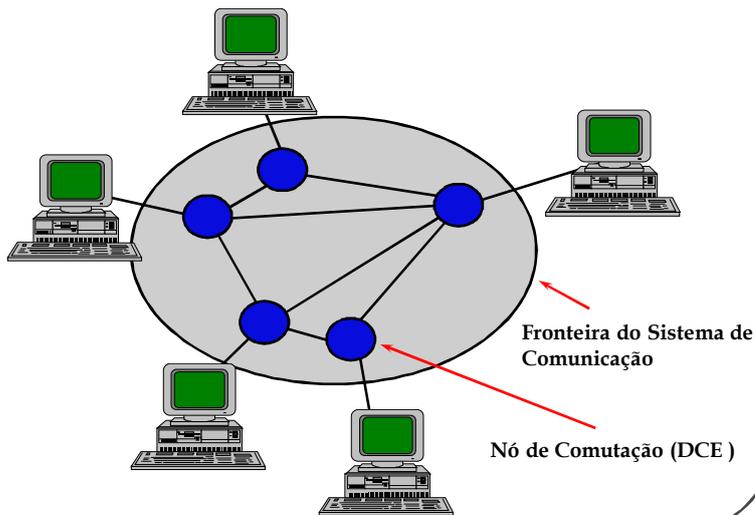
Rede Geograficamente Distribuída



PUC-Rio / DI

TeleMídia

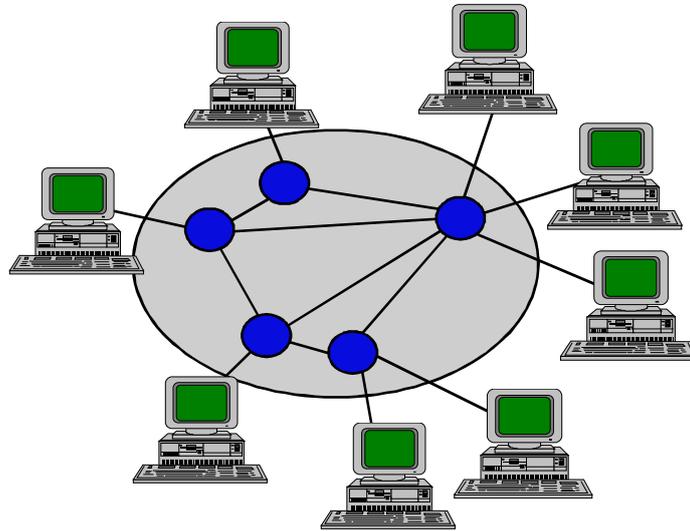
Rede Geograficamente Distribuída



PUC-Rio / DI

TeleMídia

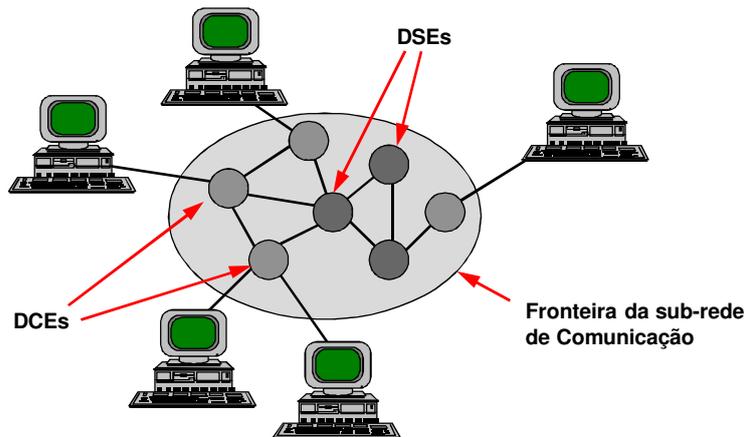
Rede Geograficamente Distribuída



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Rede Geograficamente Distribuída



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Redes Geograficamente Distribuídas

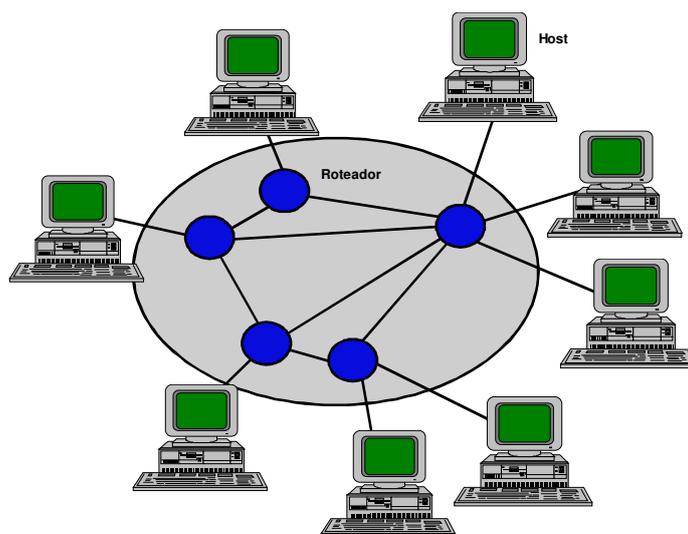
- ➔ De 1950 a 1970 vários estudos foram conduzidos sobre redes geograficamente distribuídas de computadores.
- ➔ O mais significativo em termos de impacto foi, provavelmente, a ARPANET, colocada em funcionamento em setembro de 1969.
- ➔ Inicialmente, a ARPANET se utilizava de linhas diretas, ponto a ponto, convencionais entre equipamentos internos da rede (chamados *roteadores*).



PUC-Rio / DI

TeleMídia

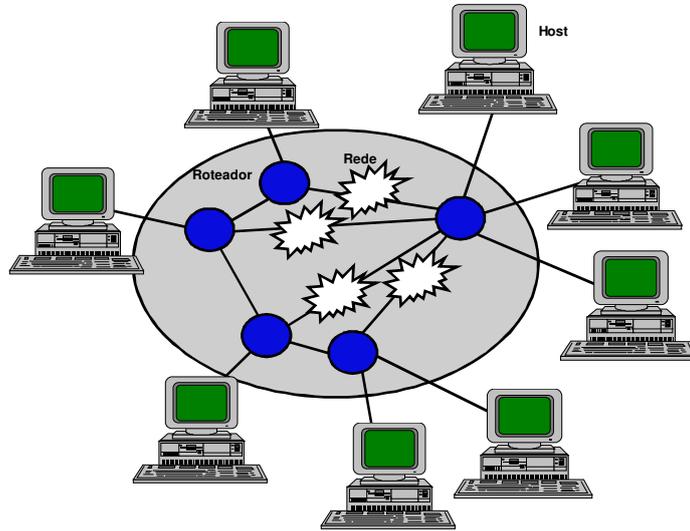
Rede Geograficamente Distribuída



PUC-Rio / DI

TeleMídia

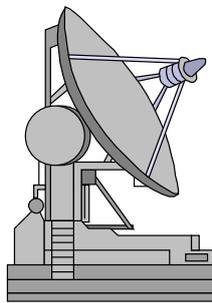
Rede Geograficamente Distribuída Inter-rede



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Redes Geograficamente Distribuídas (Distâncias Maiores que Dezenas de Quilômetros)



Custo de Comunicação Elevado

Circuitos para satélites

Enlaces de microondas

Cabos de longa distância

Baixas Velocidades

Altas
Taxas de Erro

REDES PÚBLICAS



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Redes Localmente Distribuídas (Distâncias Menores que Dezenas de Quilômetros)

Custo de Comunicação Baixo

Altas Velocidades

Baixas
Taxas de Erro

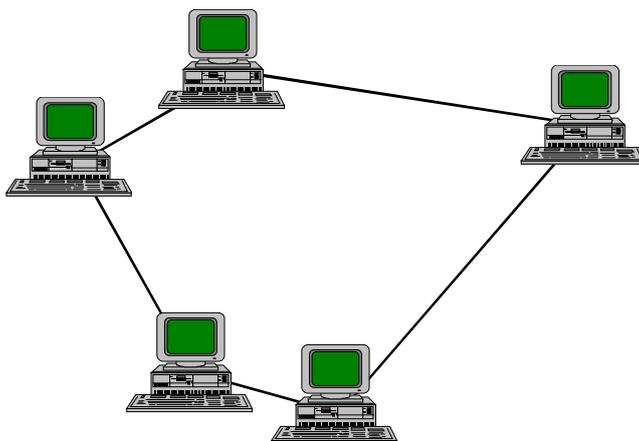


PUC-Rio / DI

TeleMídia

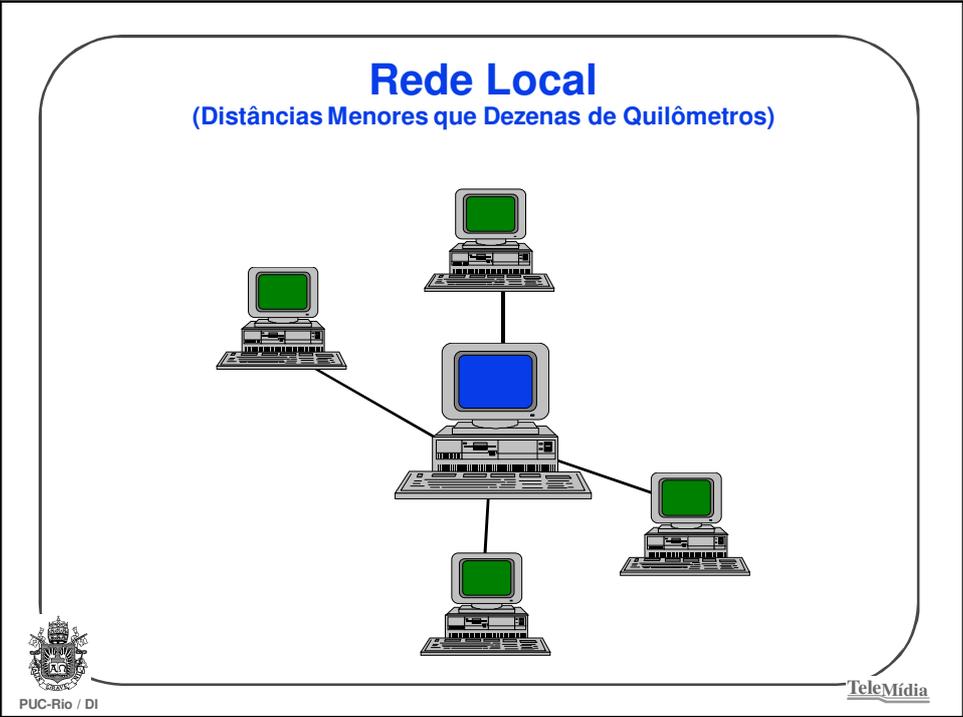
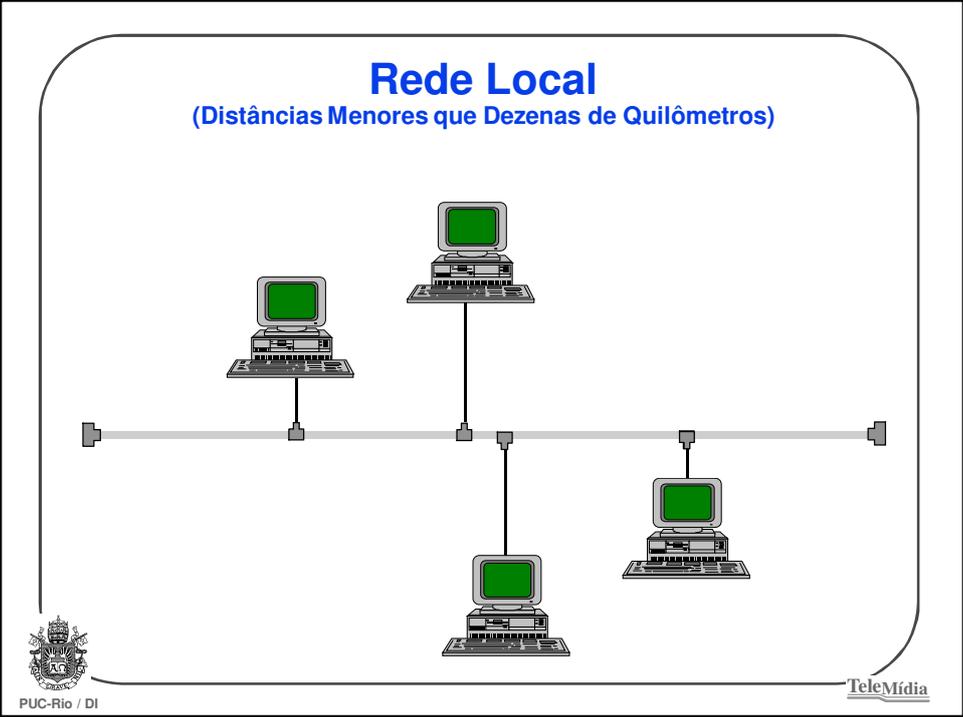
Rede Local

(Distâncias Menores que Dezenas de Quilômetros)



PUC-Rio / DI

TeleMídia



Sistema de Comunicação

- Redes Geograficamente Distribuídas
(*WANs* - *Wide Area Networks*)
- Redes Locais
(*LANs* - *Local Area Networks*)
- Redes Metropolitanas
(*MANs* - *Metropolitan Area Networks*)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Parâmetros de Comparação

- Confiabilidade
- Desempenho
- Custo
- Possibilidade de Expansão



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Topologias

➡ Estrela

➡ Anel

➡ Barra

➡ Grafo



PUC-Rio / DI

TeleMídia

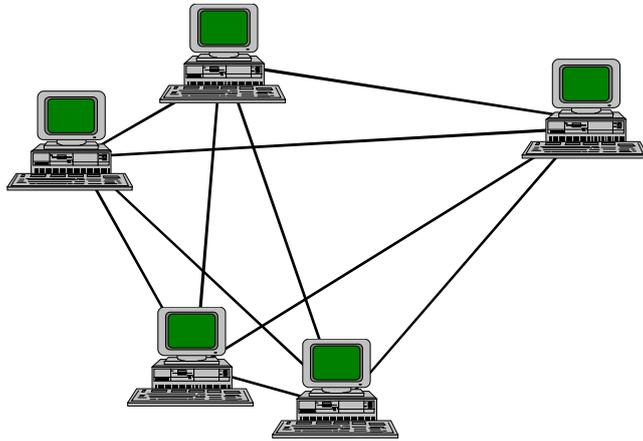
Grafo



PUC-Rio / DI

TeleMídia

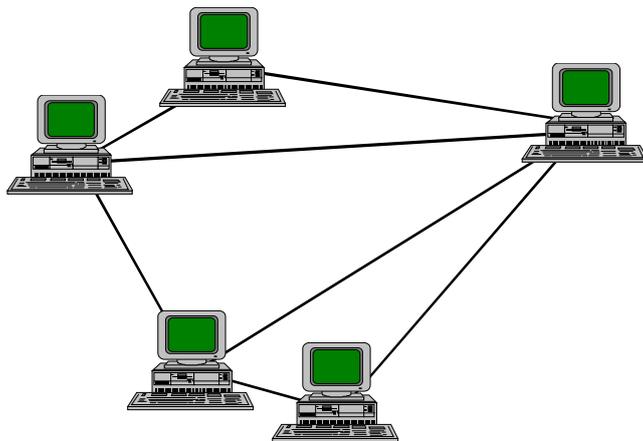
Totalmente Ligados



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Parcialmente Ligados



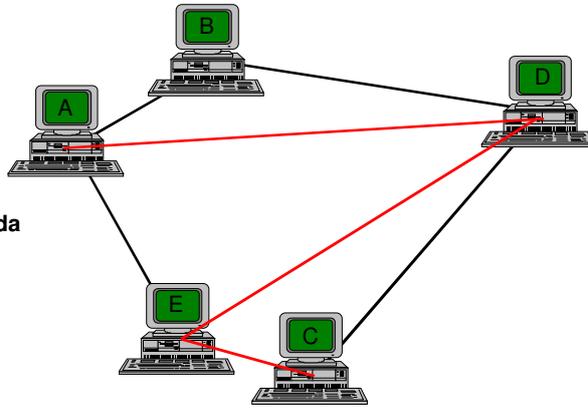
PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Circuitos

Fases

- Estabelecimento da Conexão (**Roteamento**)
- Transferência de Informação
- Desconexão



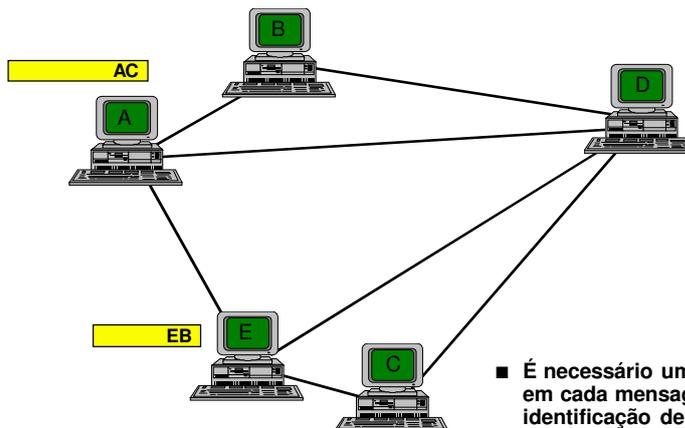
Um caminho permanece dedicado entre origem e destino durante todo o tempo de conexão



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Mensagens



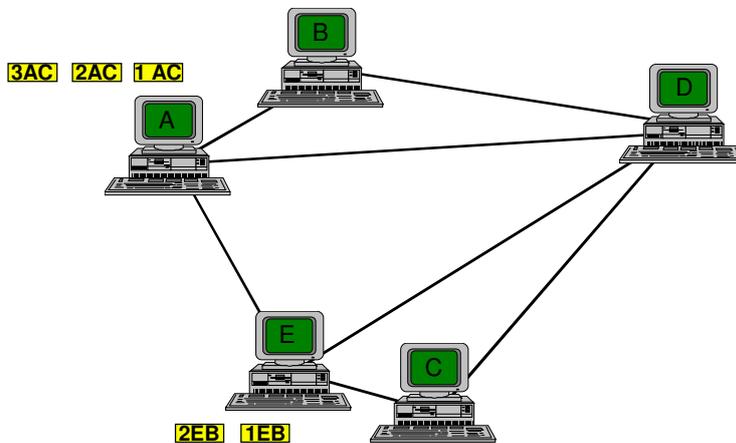
- É necessário um **cabeçalho** em cada mensagem para identificação de endereço de origem e destino



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Pacotes



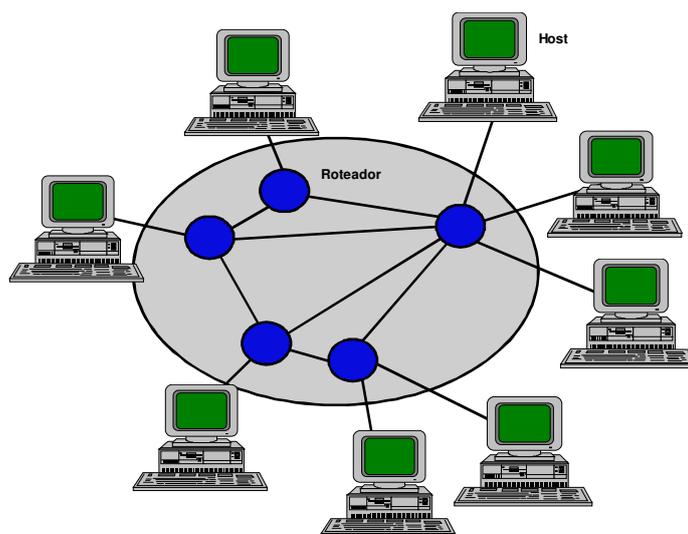
- É necessário um **cabeçalho** em cada pacote para identificação de endereço de origem e destino



PUC-Rio / DI

TeleMídia

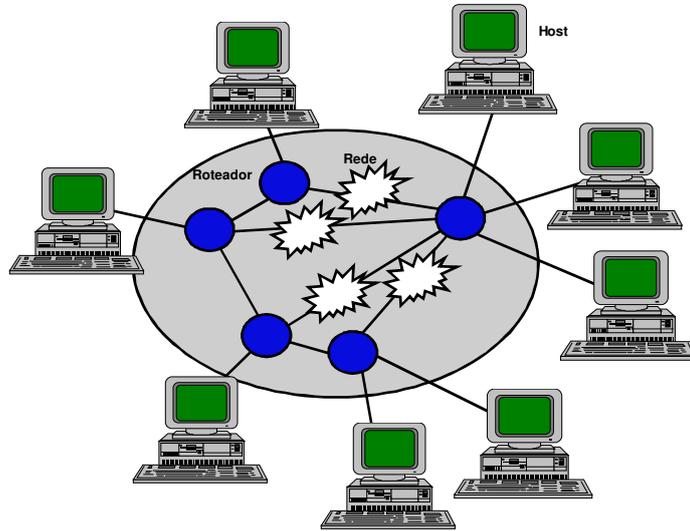
Rede Geograficamente Distribuída



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Rede Geograficamente Distribuída Inter-rede



PUC-Rio / DI

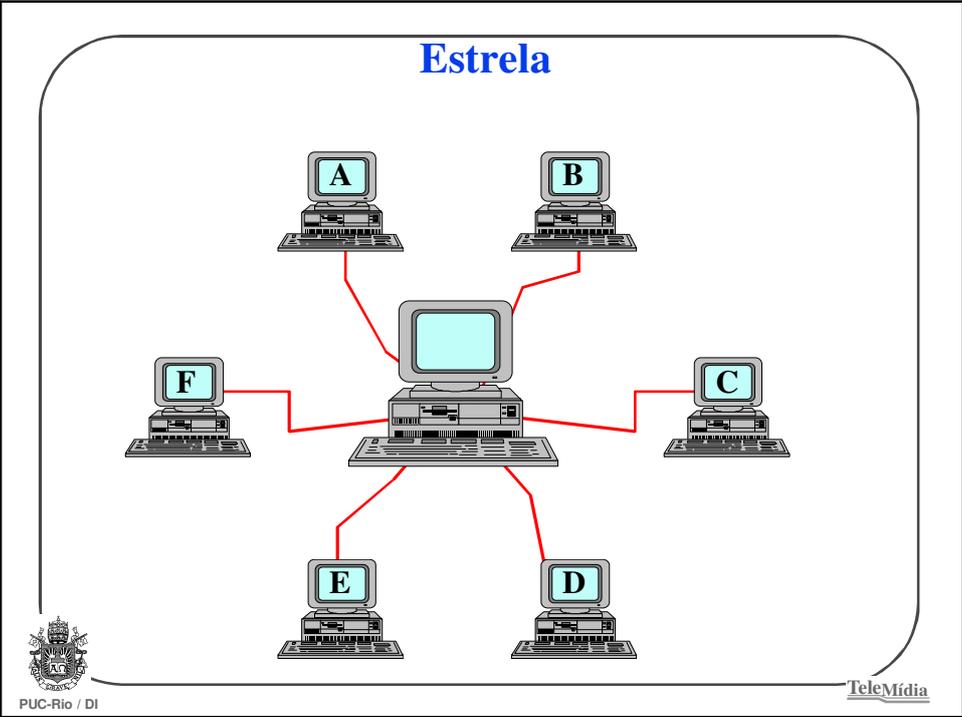
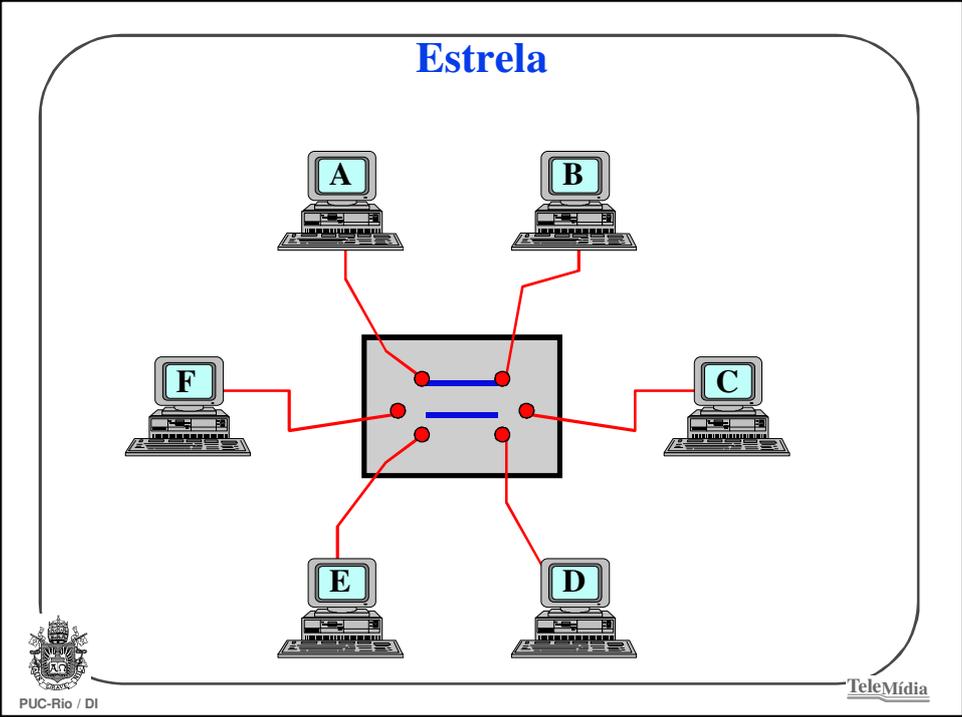
TeleMídia

Estrela



PUC-Rio / DI

TeleMídia



Comutadores

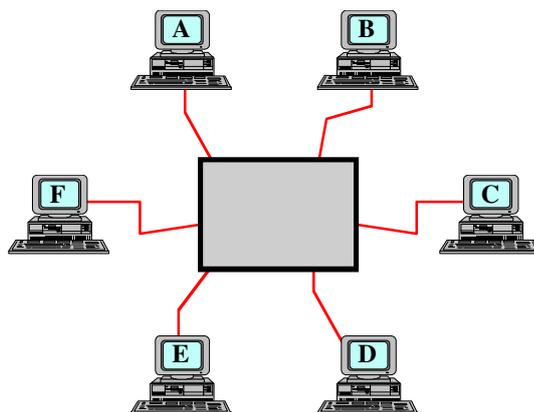
- ➔ Os comutadores podem realizar comutação de circuito, pacote ou comutação rápida de pacote.
- ➔ Os comutadores que realizam a comutação de pacotes (rápida ou não), são classificados em:
 - store-and forward switch (buffered switch)
 - Detecção de erro é realizada antes da transmissão na porta de saída
 - cut-through switch:
 - Mensagem passada da porta de entrada à porta de saída logo que esta possa ser determinada, mesmo antes da chegada do pacote inteiro pela porta de entrada.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Estrela

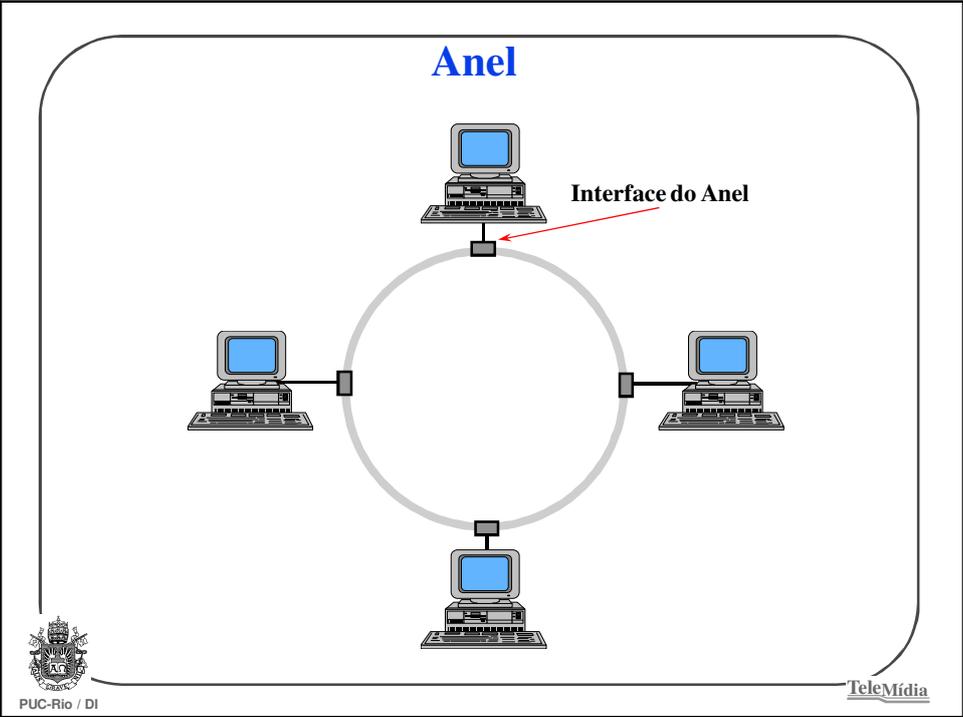
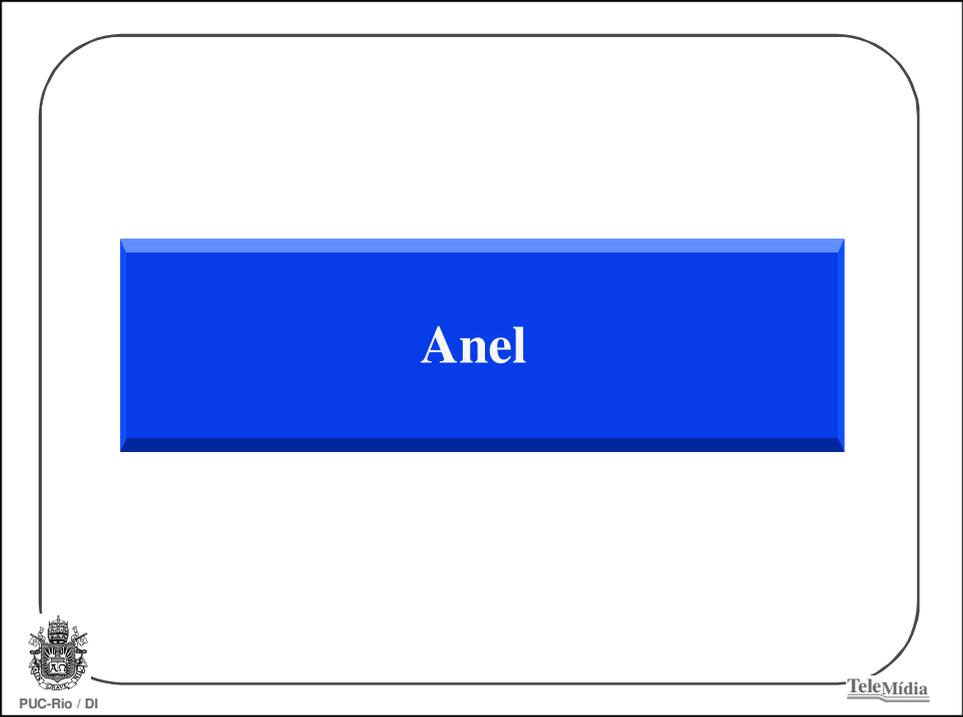


- **Confiabilidade**
- **Desempenho**
- **Custo**
- **Possibilidade de Expansão**

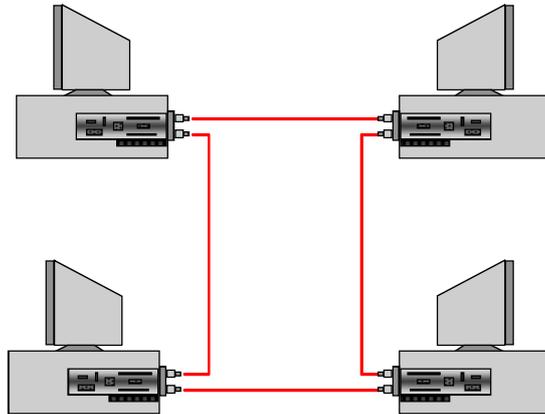


PUC-Rio / DI

TeleMídia



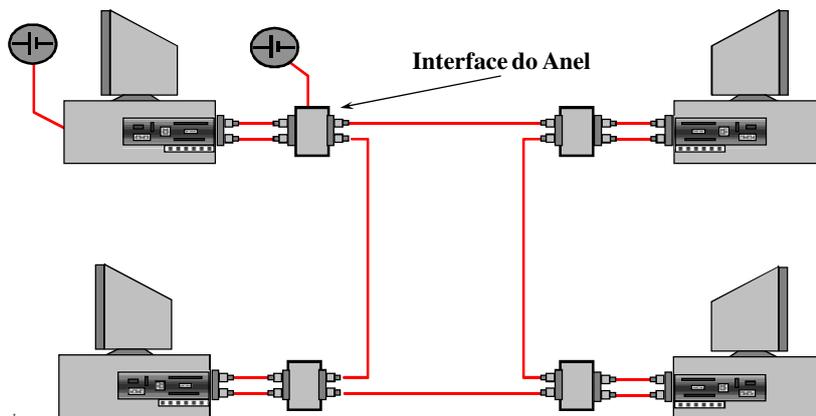
Anel com Repetidor Interno



PUC-Rio / DI

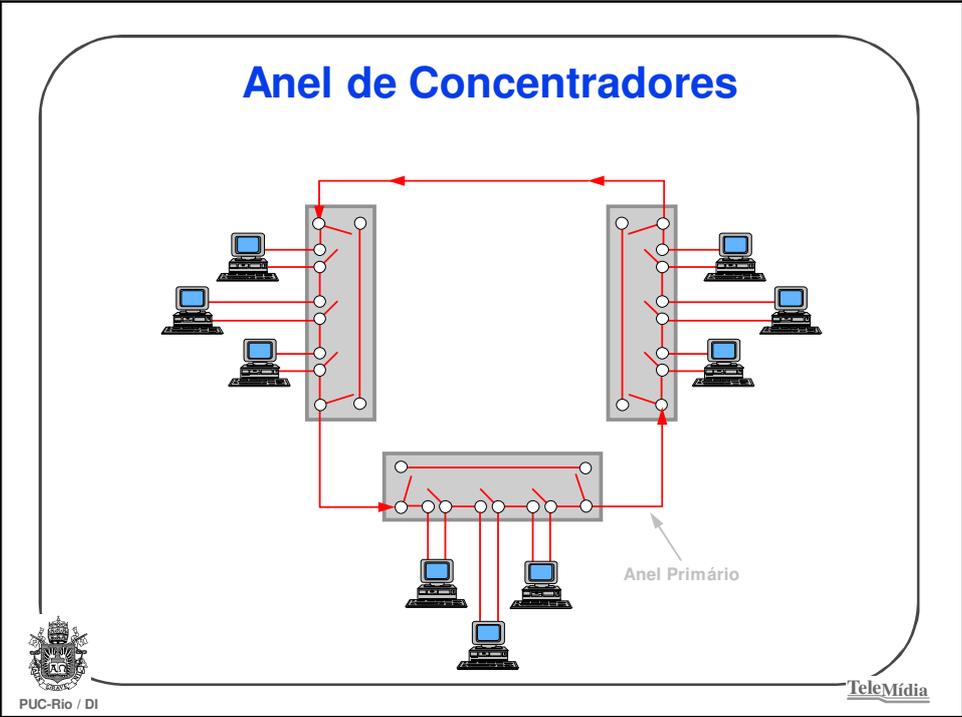
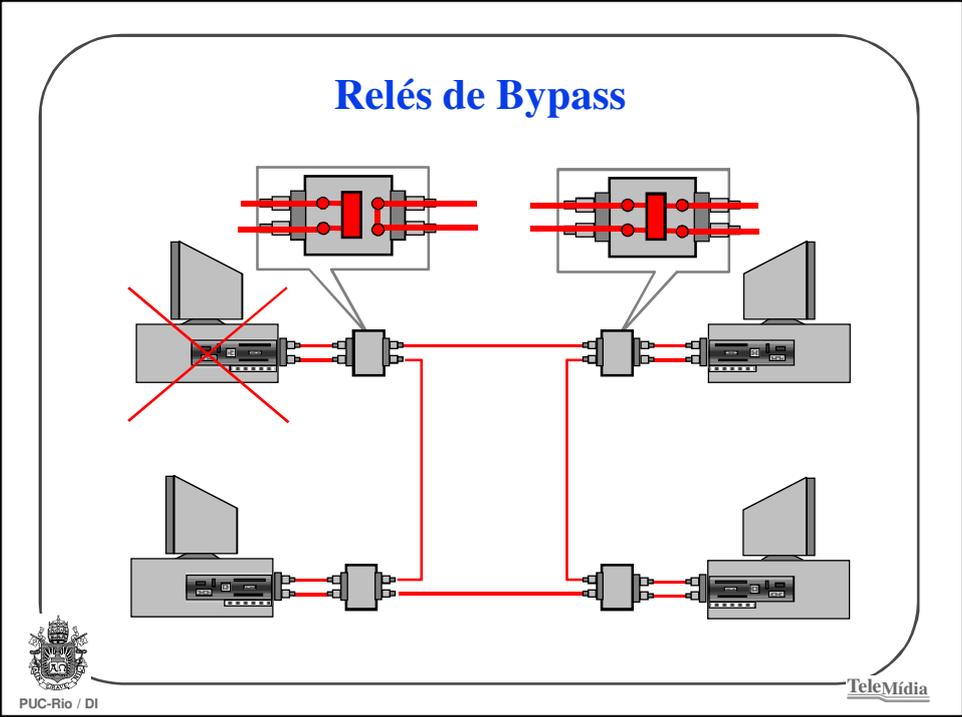
TeleMídia

Anel com Repetidor Externo

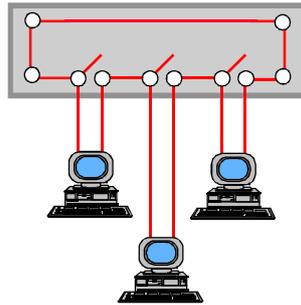


PUC-Rio / DI

TeleMídia



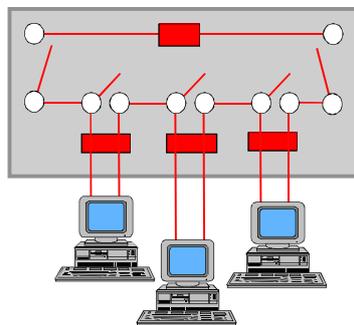
Concentrador Passivo



PUC-Rio / DI

TeleMídia

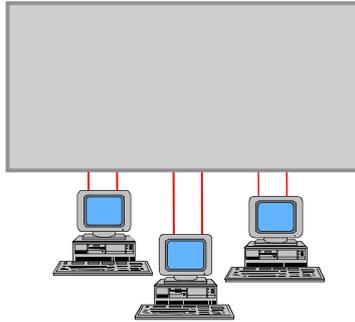
Concentrador Ativo



PUC-Rio / DI

TeleMídia

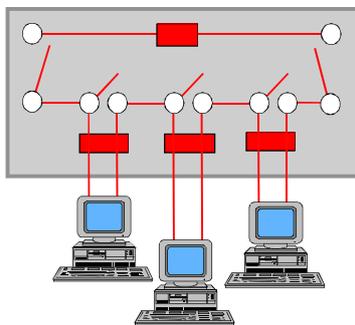
Concentrador Ativo



PUC-Rio / DI

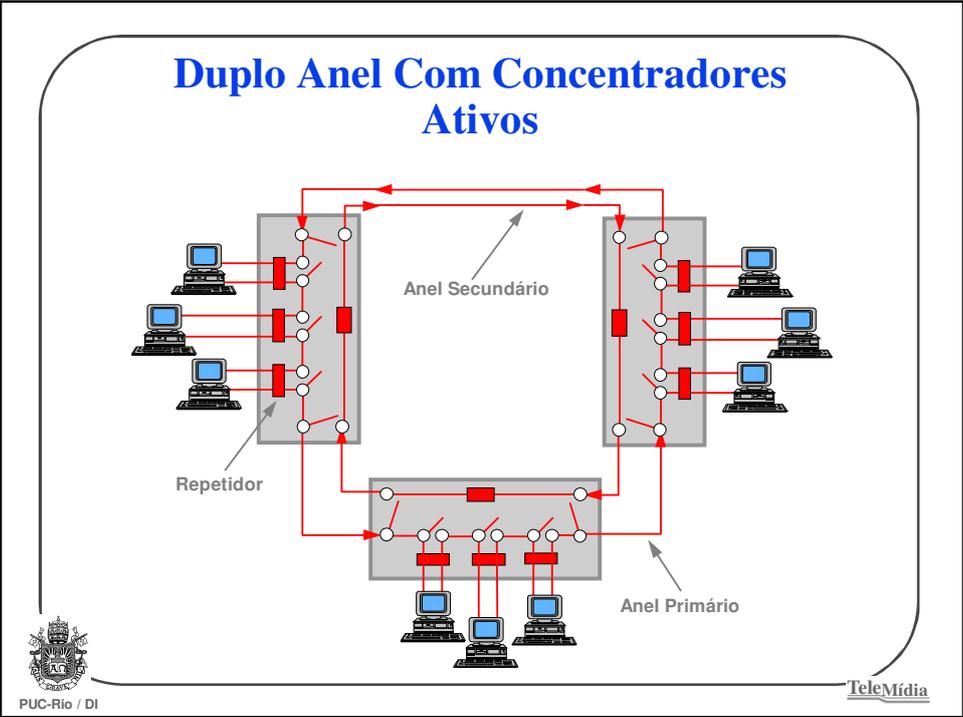
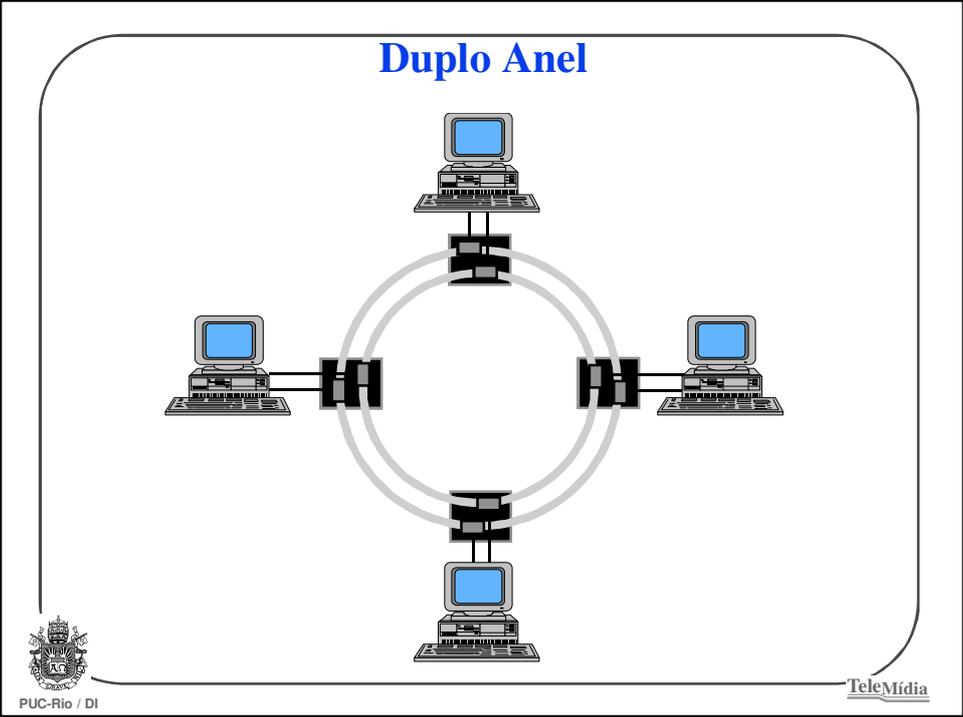
TeleMídia

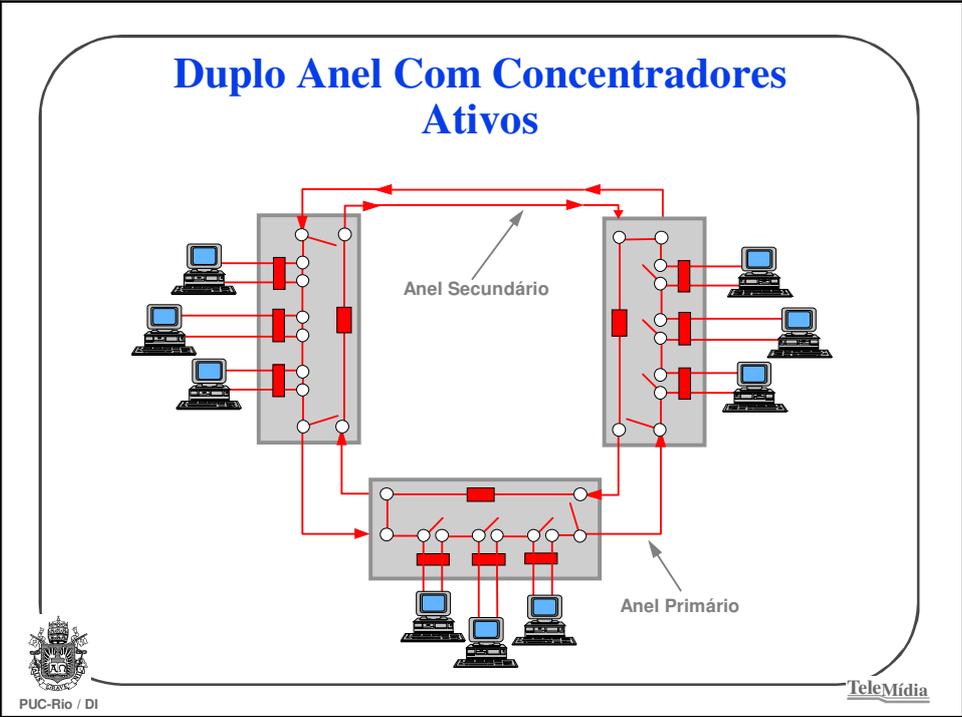
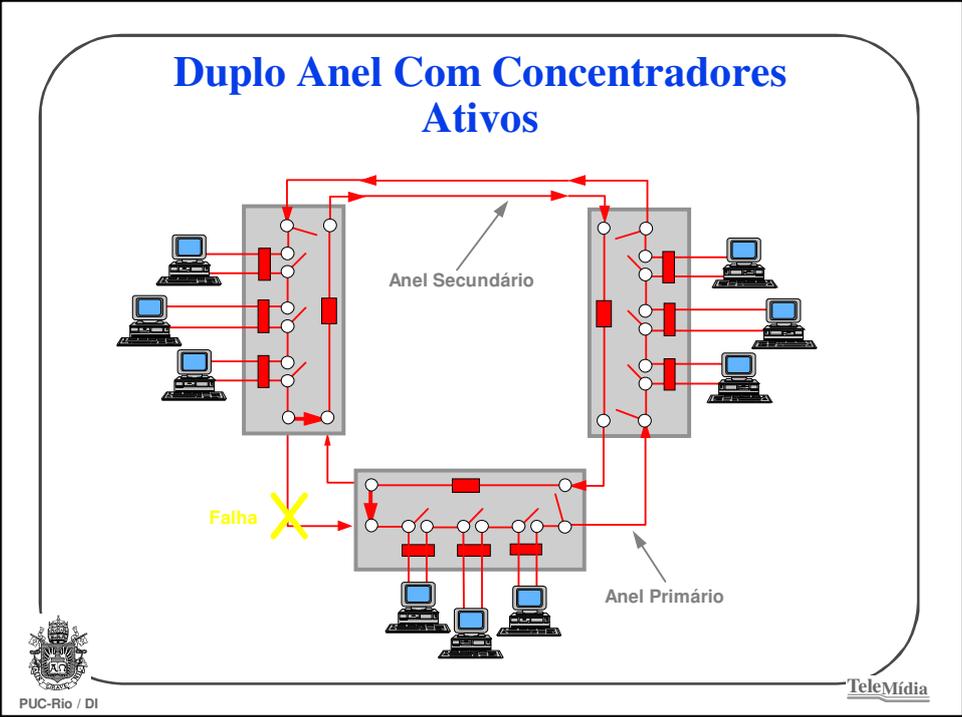
Concentrador Ativo



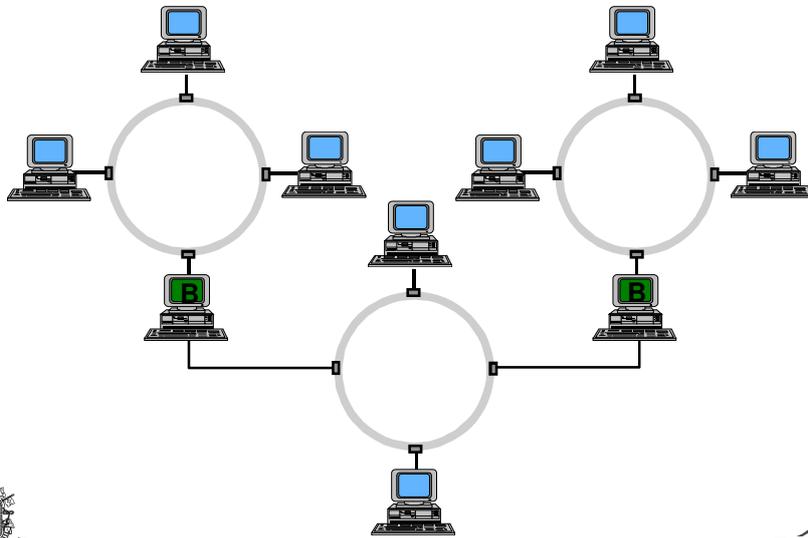
PUC-Rio / DI

TeleMídia





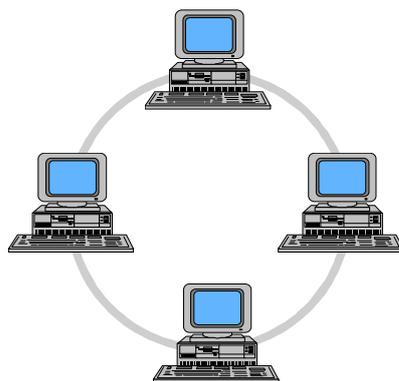
Múltiplos Anéis



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Anel



➤ Confiabilidade

➤ Desempenho

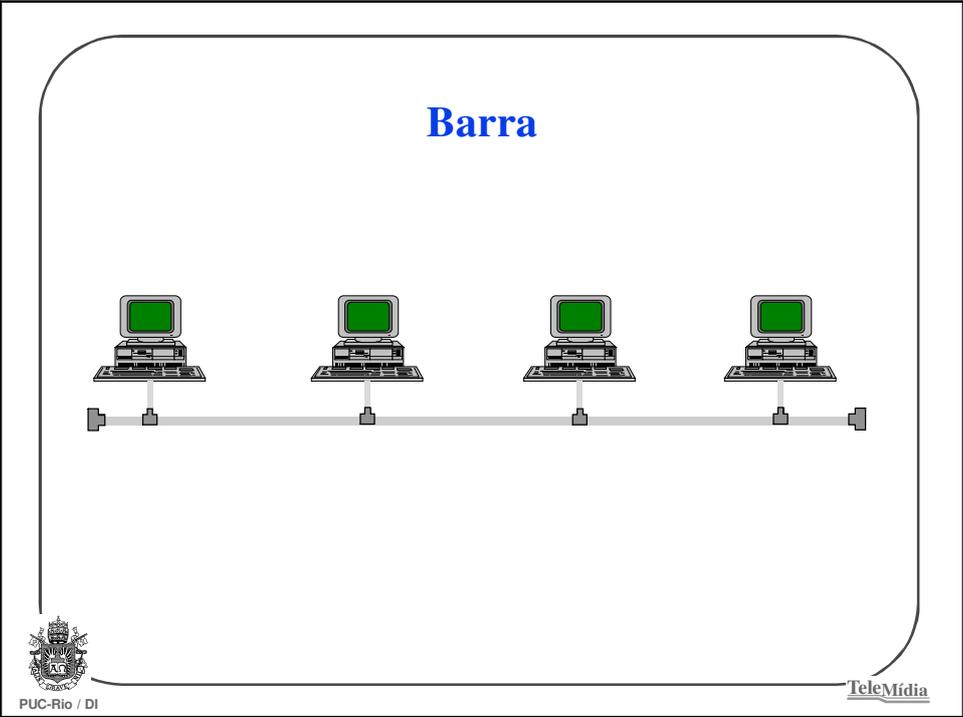
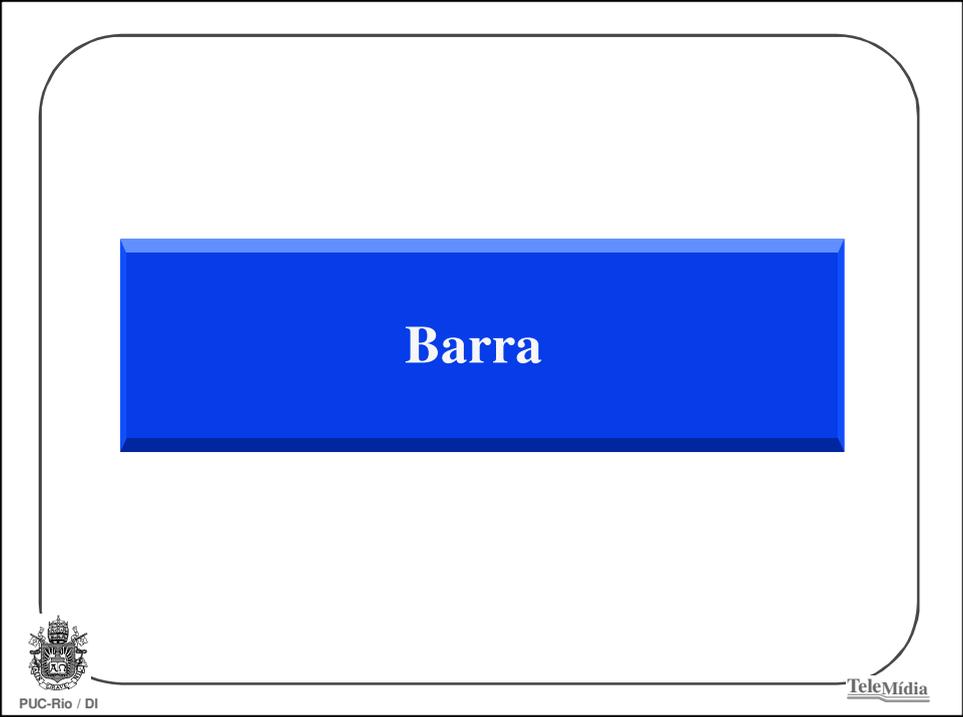
➤ Custo

➤ Possibilidade de Expansão

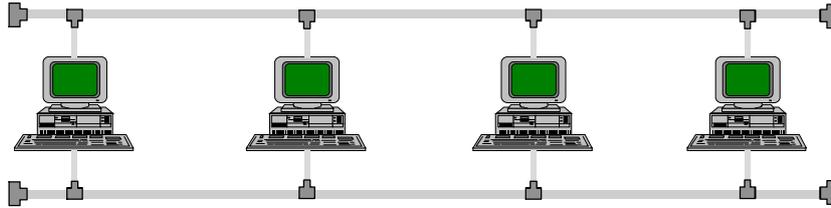


PUC-Rio / DI

TeleMídia



Barra Dupla

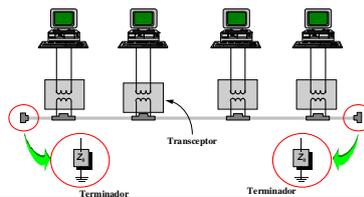


PUC-Rio / DI

TeleMídia

Rede em Barra

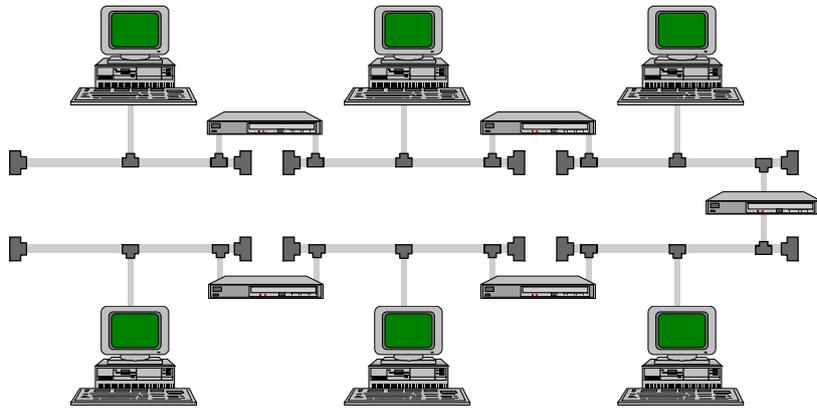
- Ao contrário da topologia em anel, as topologias em barra podem empregar interfaces passivas, nas quais as falhas não causam a parada total do sistema.
- A ligação ao meio de transmissão é um ponto crítico no projeto de uma rede local em barra comum. A ligação deve ser feita de forma a alterar o mínimo possível as características elétricas do meio.
- A ligação das estações ao meio de comunicação é realizada através de um *transceptor* (*transmissor/receptor*), que tem como funções básicas transmitir e receber sinais, bem como reconhecer a presença destes sinais no meio.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

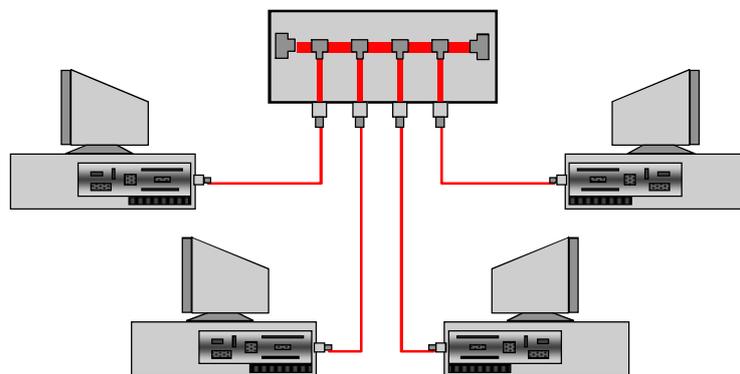
Expansão da Barra



PUC-Rio / DI

TeleMídia

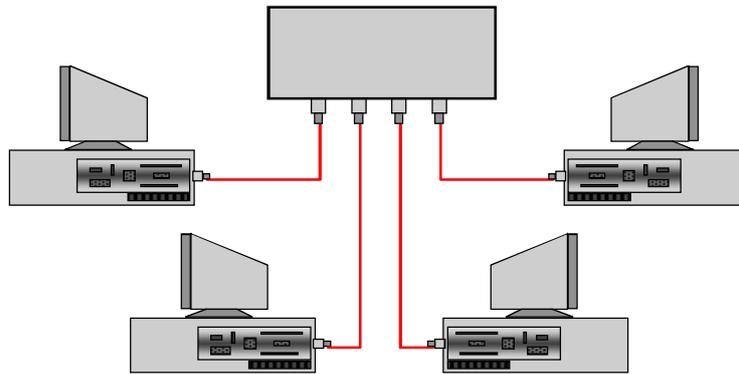
Barra



PUC-Rio / DI

TeleMídia

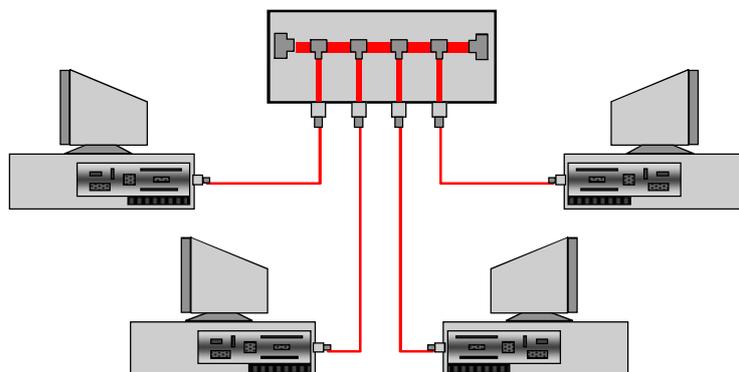
Estrela: HUBS



PUC-Rio / DI

TeleMídia

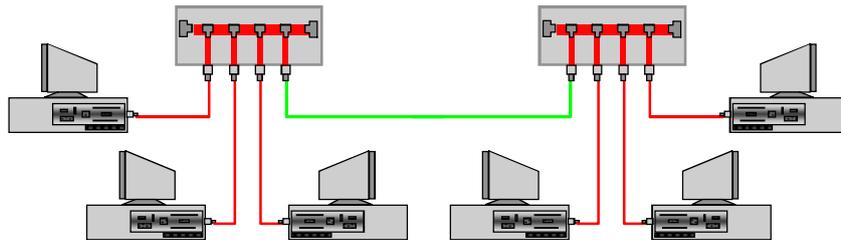
Barra-Estrela: HUBS



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Múltiplos Concentradores



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Barra



➤ Confiabilidade

➤ Desempenho

➤ Custo

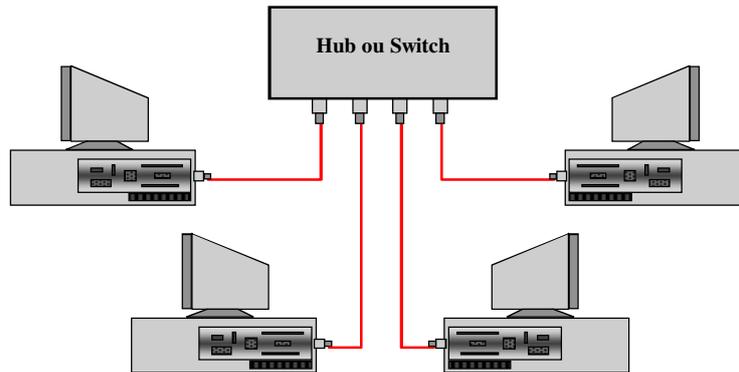
➤ Possibilidade de Expansão



PUC-Rio / DI

TeleMídia

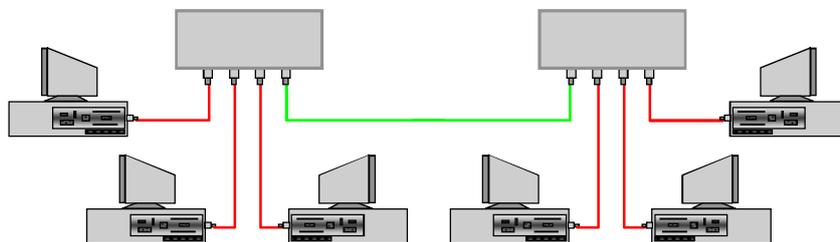
Hubs e Switches



PUC-Rio / DI

TeleMídia

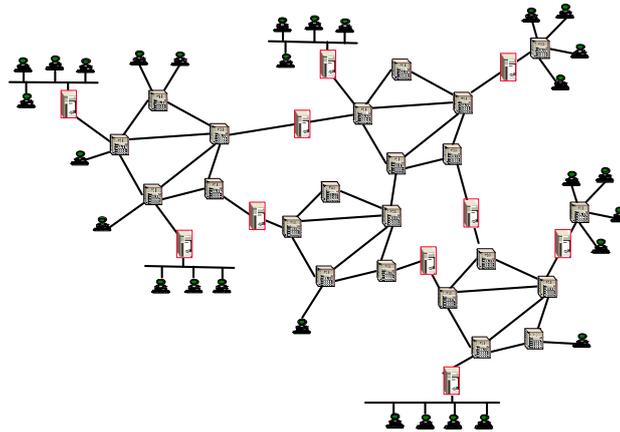
Múltiplos Computadores



PUC-Rio / DI

TeleMídia

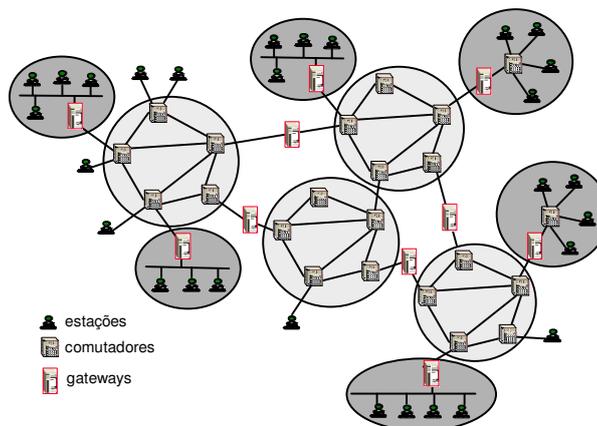
Rede em Grafo



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Inter-rede



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Inter-rede

- Muitas vezes é conveniente dividir esse grafo em vários sub-grafos, cada um formando uma *rede*:
 - Regras (protocolos) de comunicação diferentes para sub-grafos diferentes.
 - Necessidade de Gateways.
 - Divisão em diferentes *domínios* administrativos gerenciados por empresas diferentes.
 - Facilitar a aplicação de algoritmos em um grafo com um grande número de nós.
 - O roteamento é um desses algoritmos. A divisão em domínios permite um *roteamento hierárquico* mais eficiente .
 - Requisitos de comunicação do interior do grafo são diferentes do da borda.
 - Redes de Acesso
 - Redes backbone



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- Qual a diferença de objetivos na construção de uma máquina de arquitetura distribuída e de uma rede de computadores?
- Por que a topologia parcialmente ligada é a única viável em redes com meios de transmissão caros, de baixa velocidade e alta taxa de erro?
- Por que a comutação de circuitos é ineficiente na transmissão de dados textuais? Como a comutação de pacotes resolve o problema?
- Por que em uma rede comutada por pacotes, pacotes podem chegar fora de ordem?
- Dê as características das redes comutadas por circuito, comutadas por mensagem e comutadas por pacotes.
- Por que e quando é necessário o endereçamento em redes comutadas por circuito, comutadas por mensagem e comutadas por pacotes?
- Por que as redes foram construídas com dois tipos distintos de nós, no jargão Internet *hosts* (hospedeiros) e *routers* (roteadores)?
- Como surgiu o conceito de inter redes, e com ele a rede Internet?
- O que viabilizou as topologias utilizadas em redes locais? Por que essas redes foram chamadas de locais?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Arquiteturas e Protocolos



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Arquitetura de Rede

➔ Os grandes fabricantes desenvolveram soluções proprietárias para a interconexão de seus equipamentos

- IBM - *System Network Architecture (SNA)*
- DEC - *Digital Network Architecture (DNA)*

➔ Arquitetura de Rede

- conjunto de convenções para interconexão de equipamentos



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Organização Hierárquica

- ➔ Da experiência obtida no projeto de redes, vários princípios surgiram, dentre eles se destaca a idéia de estruturar a rede como um conjunto de *camadas hierárquicas*, cada uma sendo construída utilizando as funções e serviços oferecidos pelas camadas inferiores.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Arquitetura em Camadas

- ➔ Princípio do “Dividir para Conquistar”
- ➔ Facilidade de Modificação
- ➔ Validação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Arquitetura de Redes

- ➔ A *arquitetura da rede* é formada por níveis (ou camadas), interfaces e protocolos. Cada nível oferece um conjunto de serviços ao nível superior, usando funções realizadas no próprio nível e serviços disponíveis nos níveis inferiores.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Arquitetura de Redes

- ➔ O número de camadas, o nome, o conjunto de funções e serviços, e o protocolo de cada camada varia de uma arquitetura de rede para outra.
- ➔ Inicialmente, cada vendedor desenvolveu sua própria arquitetura de modo que seus computadores pudessem trocar informações entre si. Essas arquiteturas são denominadas proprietárias porque são controladas por uma única entidade: o vendedor.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Interoperabilidade

- ➔ Para permitir o intercâmbio de informações entre computadores de fabricantes distintos tornou-se necessário definir uma arquitetura única, e para garantir que nenhum fabricante levasse vantagem em relação aos outros a arquitetura teria que ser *aberta* e pública.
- ➔ Foi com esse objetivo que a International Organization for Standardization (ISO) definiu o modelo denominado *Reference Model for Open Systems Interconnection* (RM-OSI).



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Arquitetura OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Arquitetura OSI

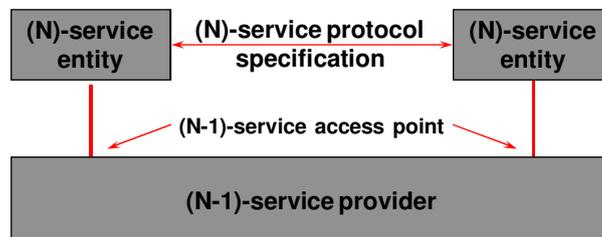
- ➔ Open System Interconnection
- ➔ ISO
- ➔ Sete camadas funcionais



PUC-Rio / DI

TeleMídia

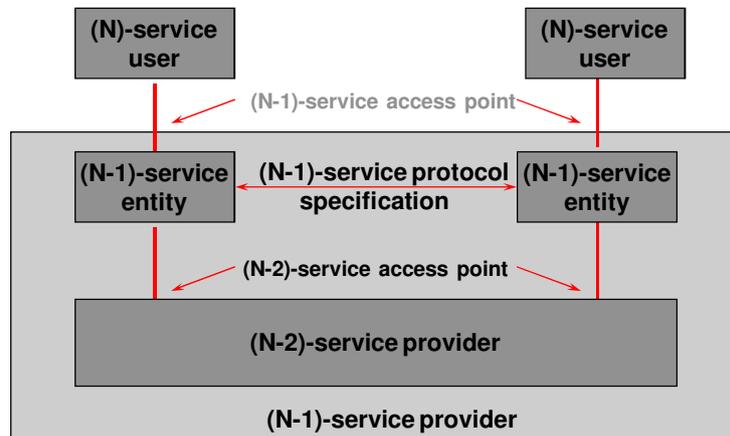
Fornecedores e Usuários de Serviço



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Fornecedores e Usuários de Serviço



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Tipos de Serviço

- ➔ Um protocolo pode oferecer serviços de dois tipos:
 - Serviços orientados a conexão
 - Serviços sem conexão
- ➔ Como visto anteriormente, na comutação de pacotes o estabelecimento de conexão antes da troca de dados não é obrigatória e sim opcional.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Serviços Orientados a Conexão

O serviço é dividido em três fases de operação:

- ➔ *Estabelecimento da conexão*: nessa fase, os usuários e o fornecedor do serviço negociam parâmetros e opções que irão determinar o modo como o serviço será utilizado.
- ➔ *Transferência de dados*: nessa fase, os usuários do serviço trocam dados.
- ➔ *Liberação da conexão*: nessa fase, a ligação entre os usuários é desfeita.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Serviços Não Orientados a Conexão

- ➔ Unidade de dados são transmitidas do SAP de origem para um ou mais SAPs de destino, sem que para isso seja estabelecida uma conexão entre eles.
- ➔ Toda a informação necessária para transmitir a unidade de dados (endereço, parâmetros de qualidade do serviço etc.) é passada para a camada que vai fornecer o serviço, junto com os dados a serem transmitidos.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perfis Funcionais

- ➔ Deve ser ressaltado que o RM-OSI, por si só, não define a arquitetura de uma rede. Isso acontece porque ele não especifica com exatidão os serviços e protocolos de cada camada. Ele simplesmente “diz o que cada camada deve fazer”.
- ➔ O fato de dois sistemas distintos seguirem o RM-OSI não garante que eles possam trocar informações entre si, pois o modelo permite que sejam usadas diferentes opções de serviços/protocolos para as várias camadas.
- ➔ Para que dois sistemas quaisquer possam trocar informações é necessário que escolham opções compatíveis de serviço/protocolo para todas as camadas do modelo.
- ➔ Com o objetivo de definir grupos de opções de serviços/protocolos padronizados, a ISO elaborou o conceito de *perfis funcionais*. Se dois sistemas seguirem o mesmo perfil funcional eles garantidamente irão comunicar-se, pois nesse caso as opções de serviço/protocolo adotadas serão compatíveis.

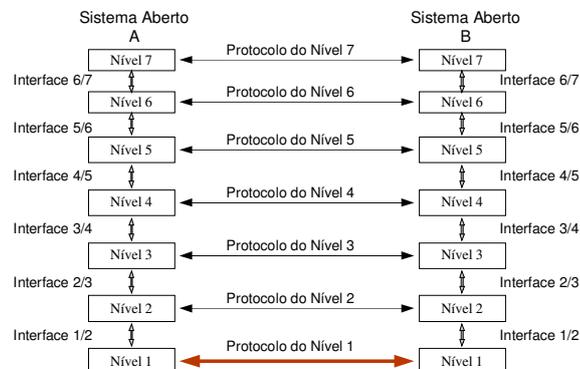


PUC-Rio / DI

TeleMídia

RM-OSI

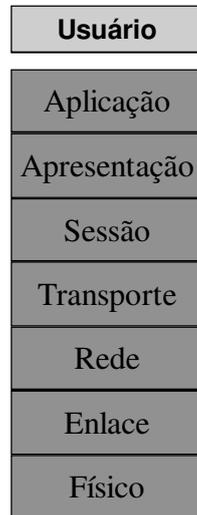
- ➔ O RM-OSI propõe uma estrutura com sete níveis como referência para a arquitetura dos protocolos de redes de computadores.



PUC-Rio / DI

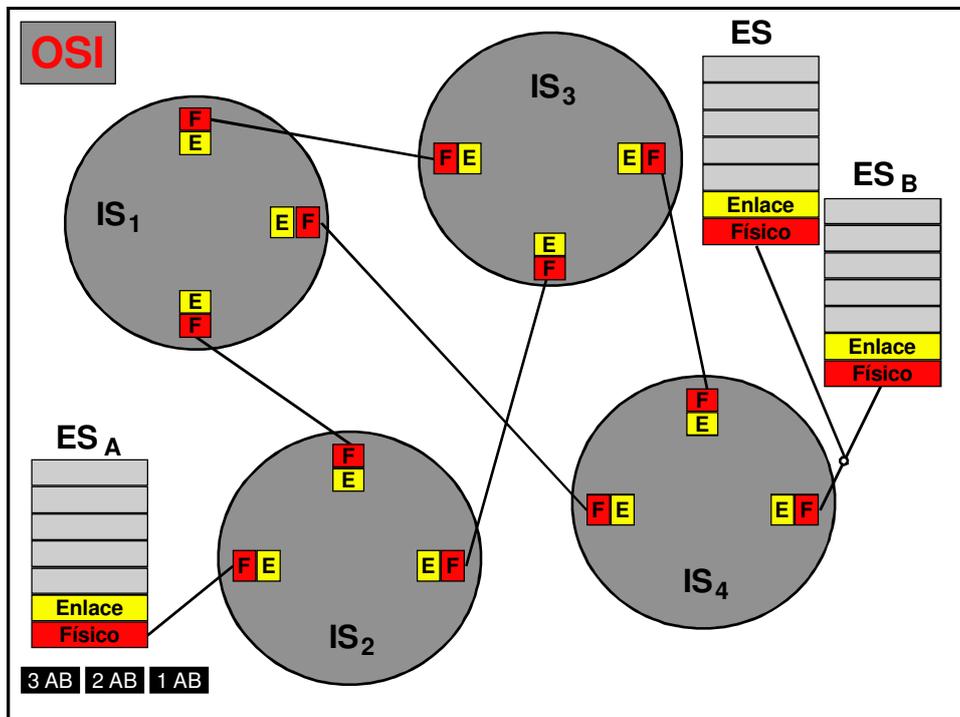
TeleMídia

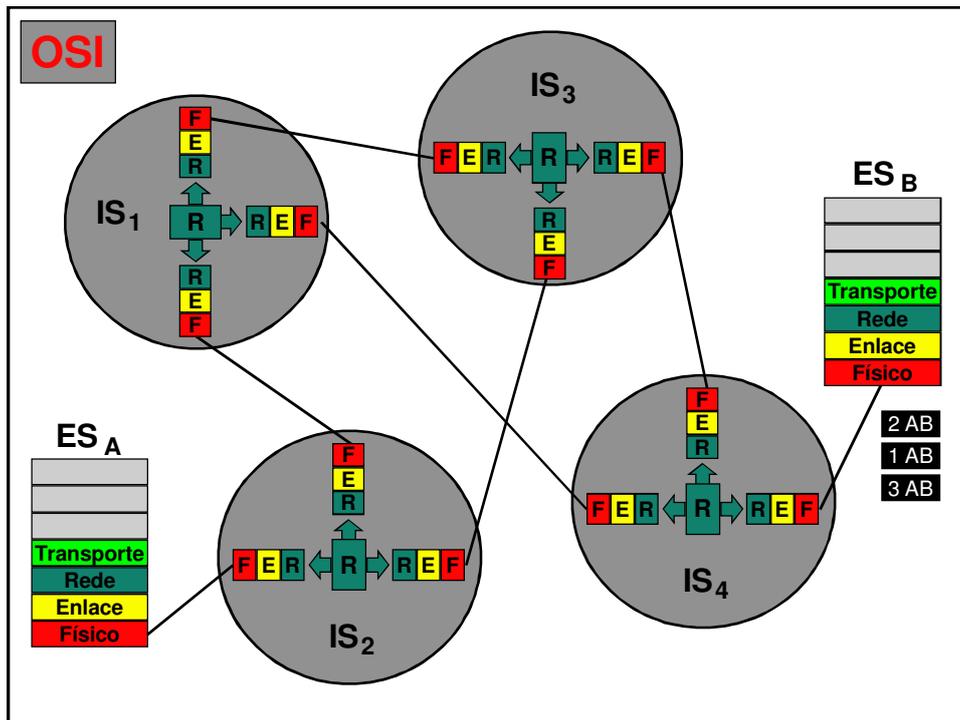
Modelo OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia





Nível de Transporte

- ➔ O nível de rede não garante necessariamente que um pacote chegue a seu destino, e pacotes podem ser perdidos ou mesmo chegar fora da seqüência original de transmissão. Para fornecer uma comunicação fim a fim verdadeiramente confiável é necessário um outro nível de protocolo, que é justamente o nível de transporte. Esse nível vai isolar dos níveis superiores a parte de transmissão da rede.
- ➔ O objetivo principal da camada de transporte é, então, tornar transparentes para seus usuários possíveis variações da confiabilidade do serviço fornecido pela camada de rede.



Nível de Transporte

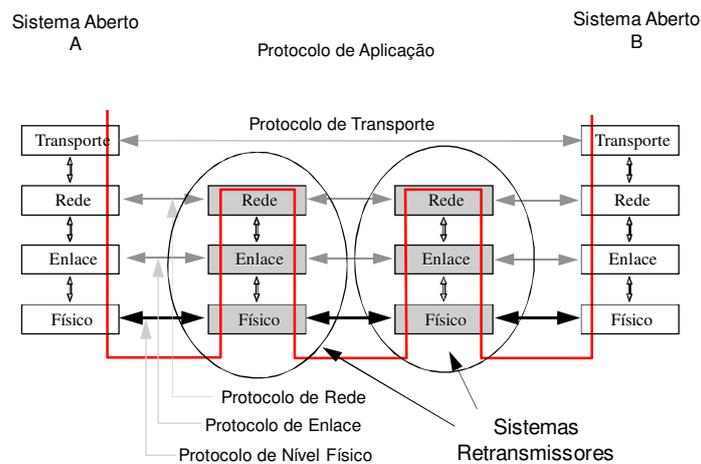
- ➔ Na camada de transporte a comunicação é verdadeiramente fim a fim, isto é, a entidade da camada de transporte da máquina de origem se comunica apenas com a entidade de transporte da máquina de destino. Isto pode não acontecer nos níveis físico, de enlace e de rede onde a comunicação também se dá entre máquinas adjacentes (intermediários na comunicação) na rede.



PUC-Rio / DI

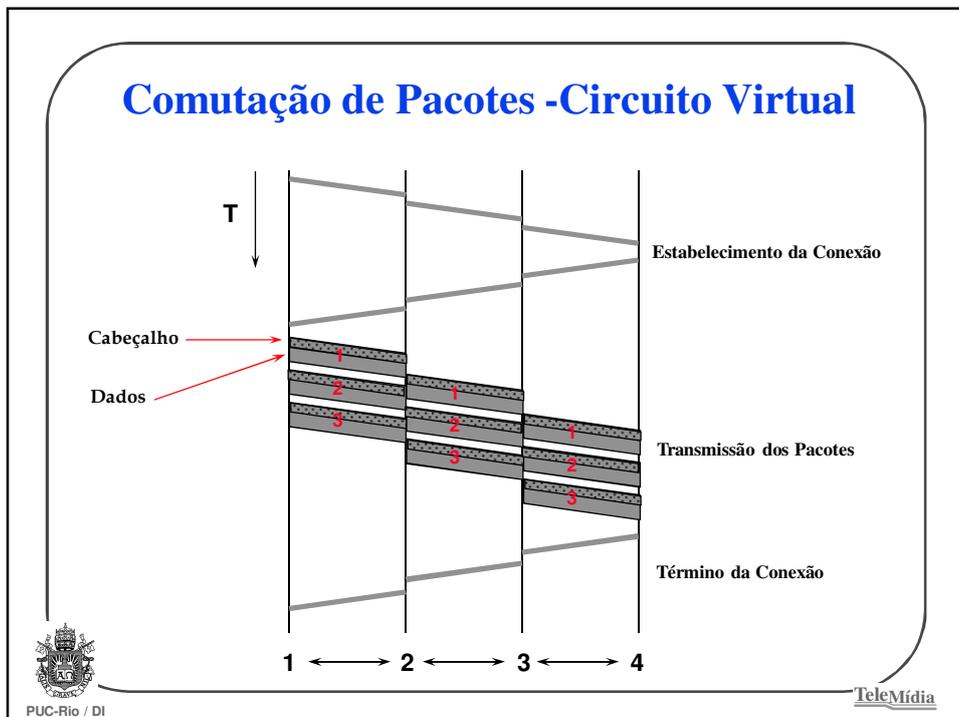
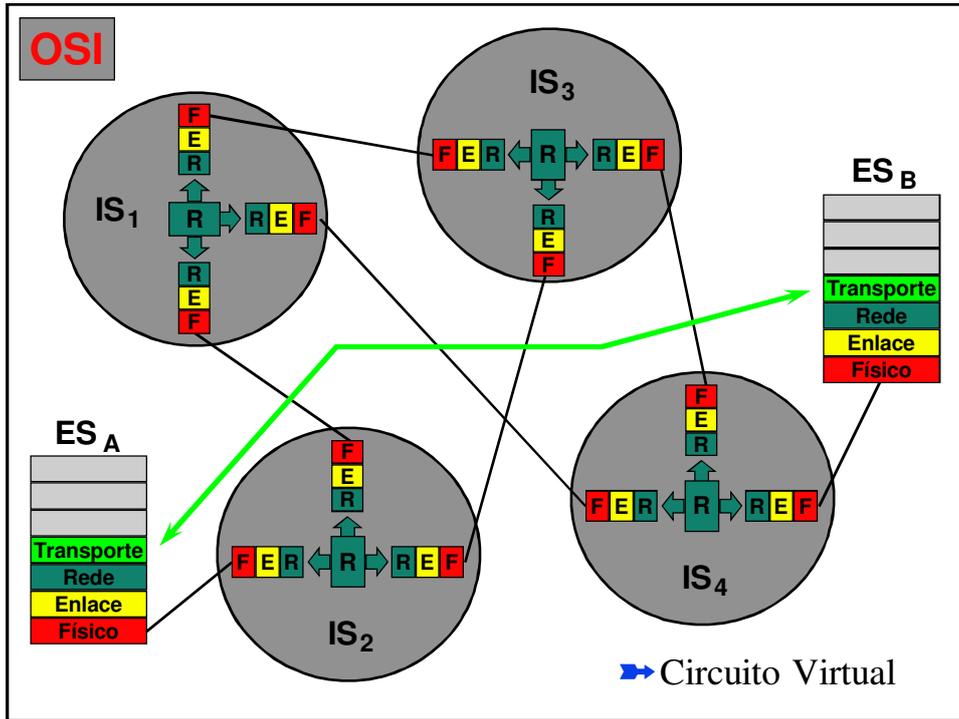
TeleMídia

Níveis 1 a 4 em uma Rede em Grafo



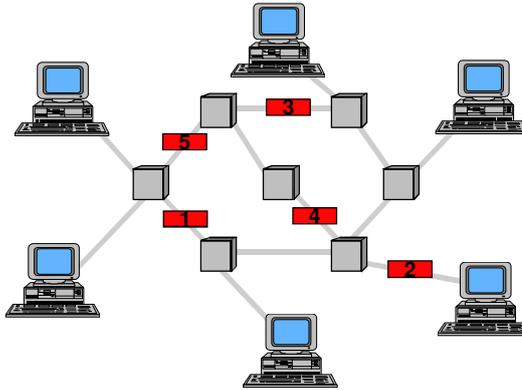
PUC-Rio / DI

TeleMídia



Comutação de Pacotes - Datagrama

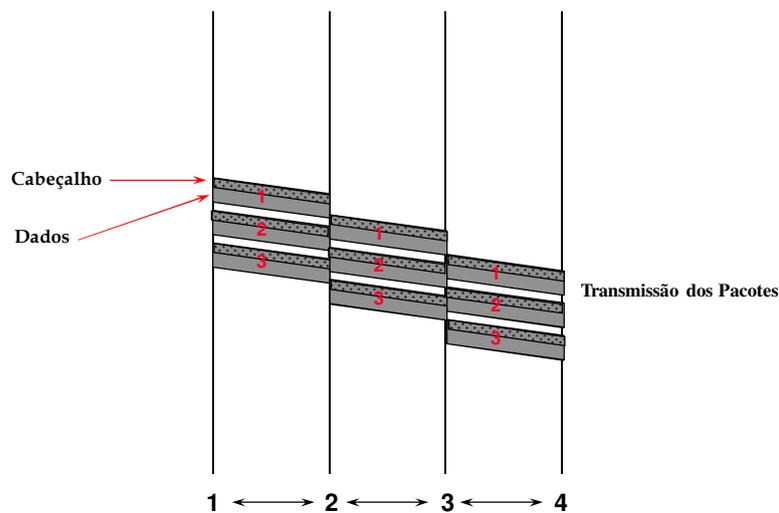
- Cada pacote é roteado de forma independente
- Cabeçalho necessário em cada pacote para identificação de endereço de origem e destino
- Possibilidade dos pacotes chegarem fora de ordem no destino



PUC-Rio / DI

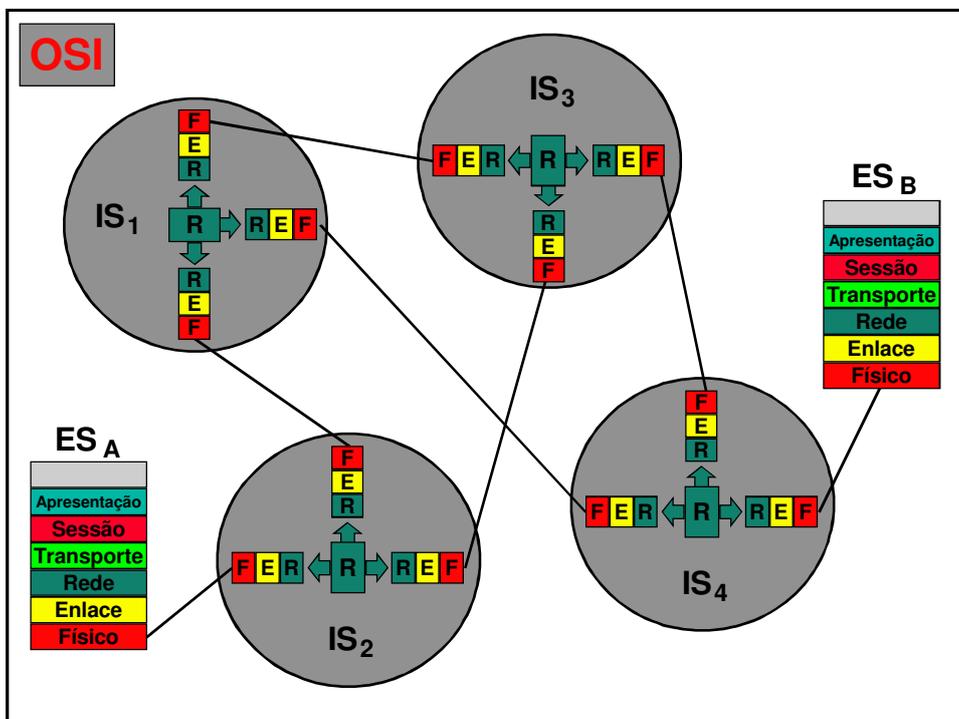
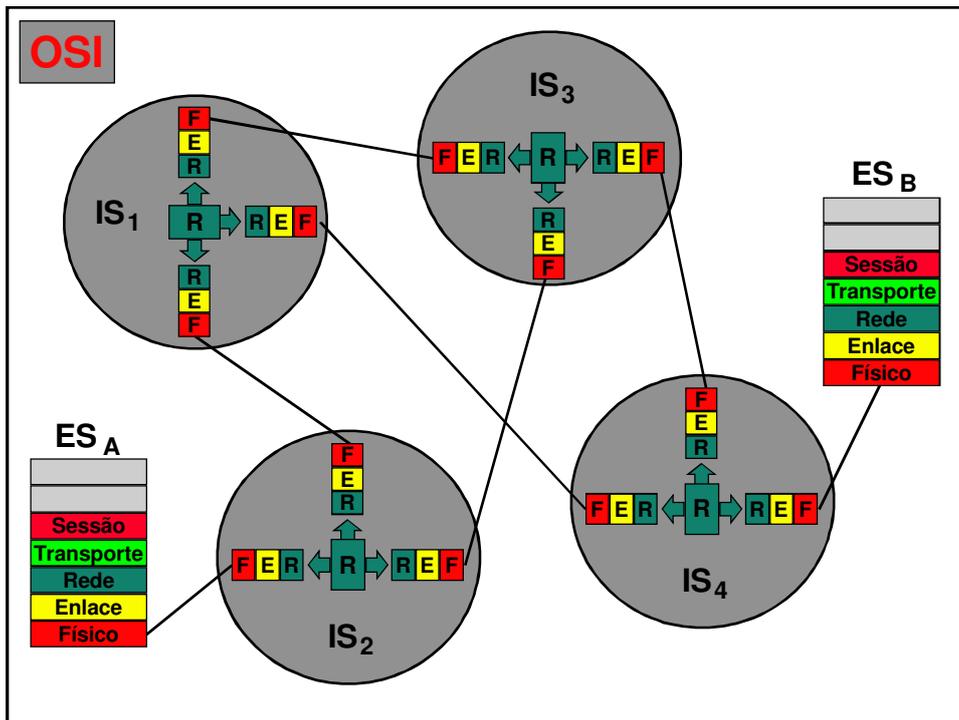
TeleMídia

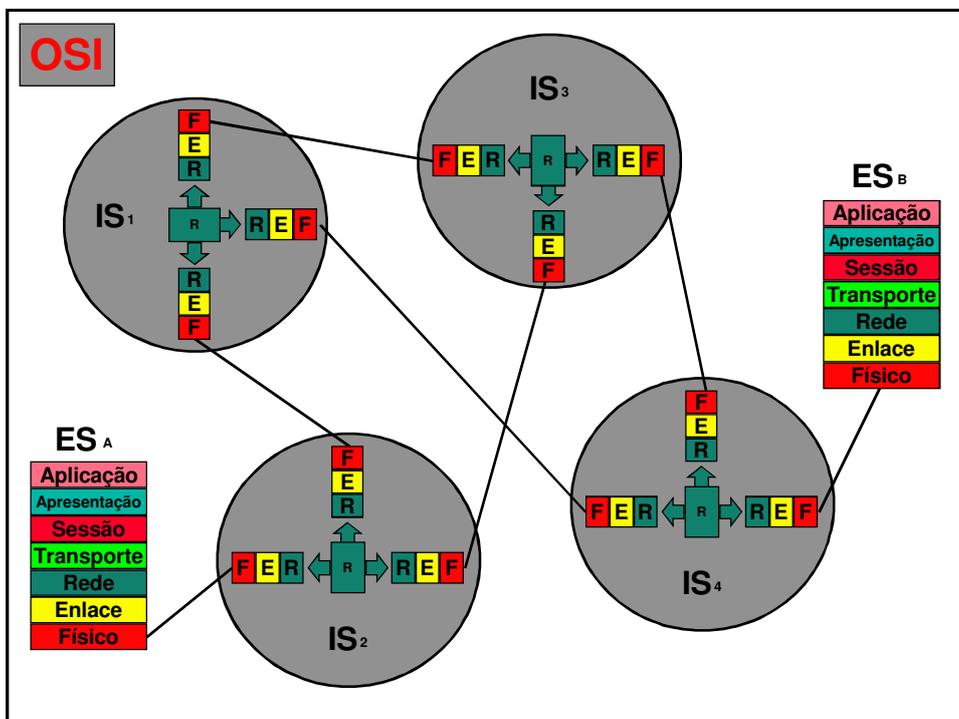
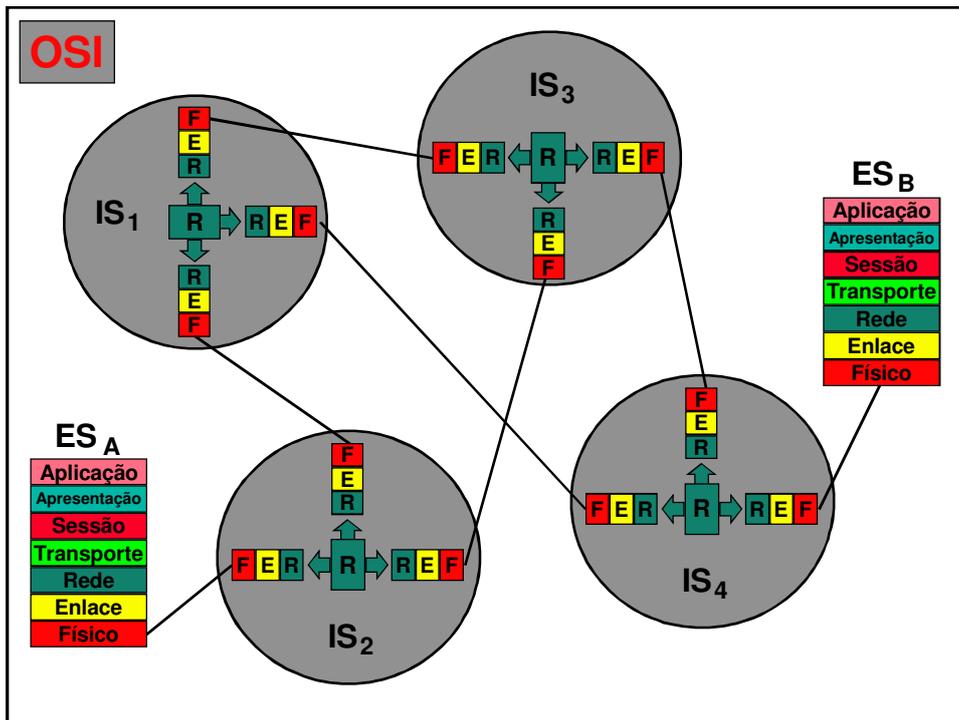
Comutação de Pacotes - Datagrama



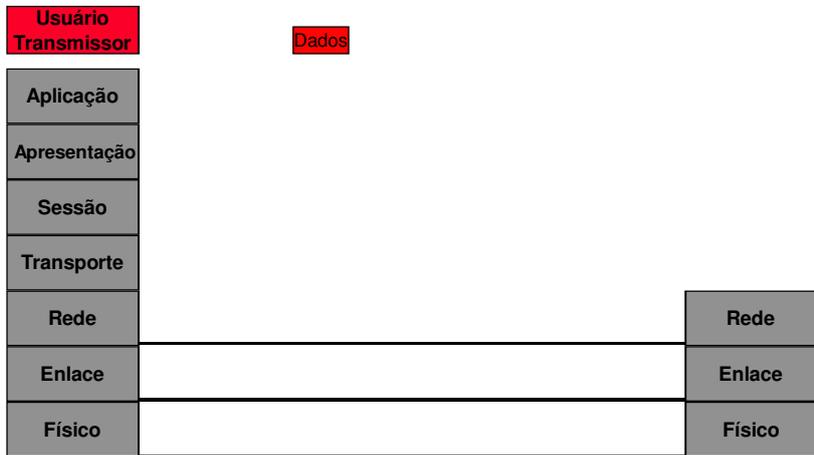
PUC-Rio / DI

TeleMídia





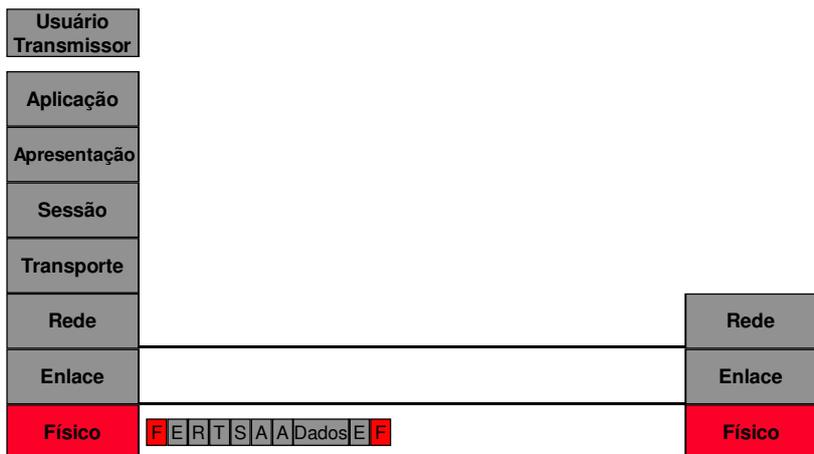
Transmissão de Dados no Modelo OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Transmissão de Dados no Modelo OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

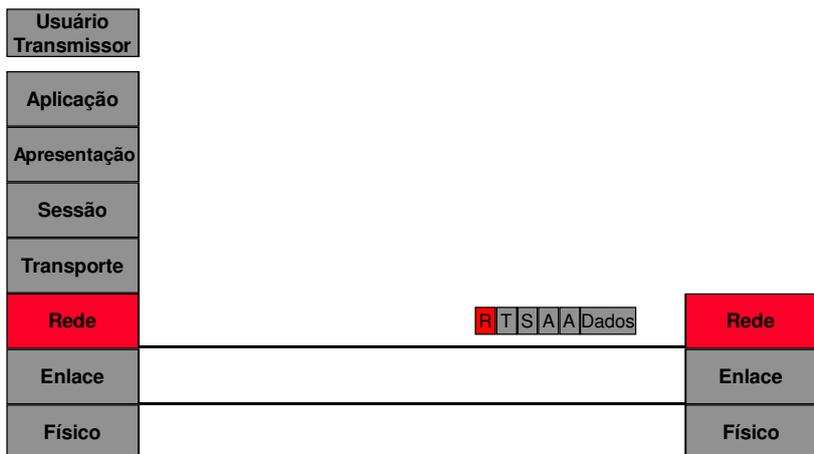
Transmissão de Dados no Modelo OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

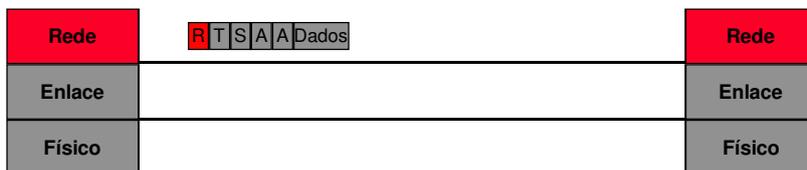
Transmissão de Dados no Modelo OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

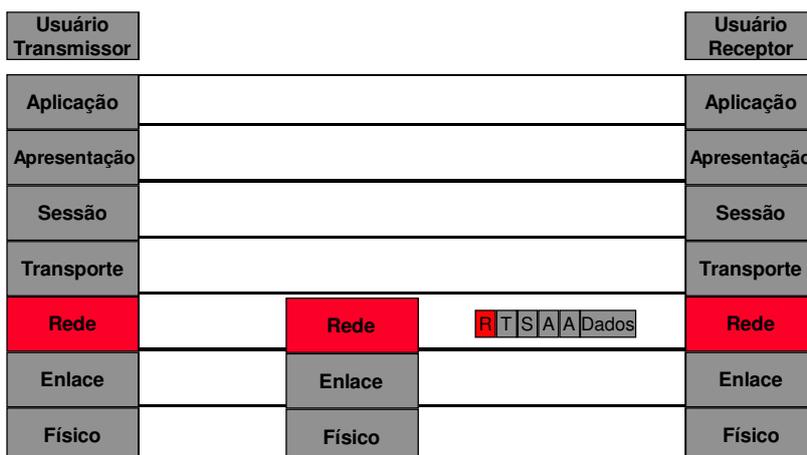
Transmissão de Dados no Modelo OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

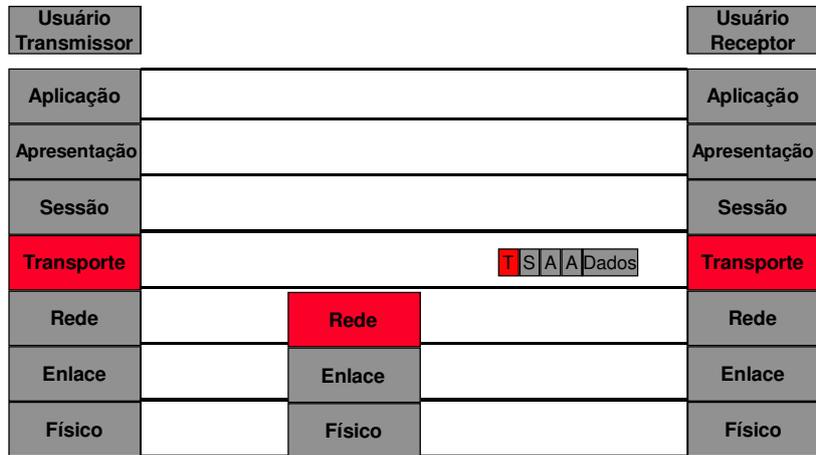
Transmissão de Dados no Modelo OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

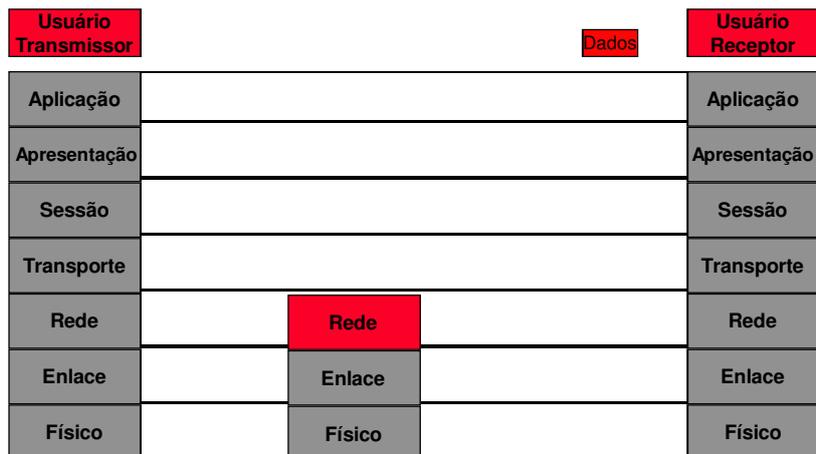
Transmissão de Dados no Modelo OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

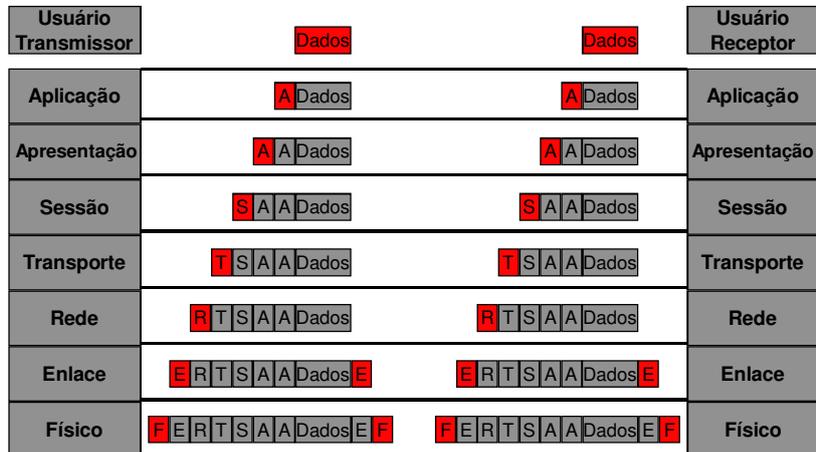
Transmissão de Dados no Modelo OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

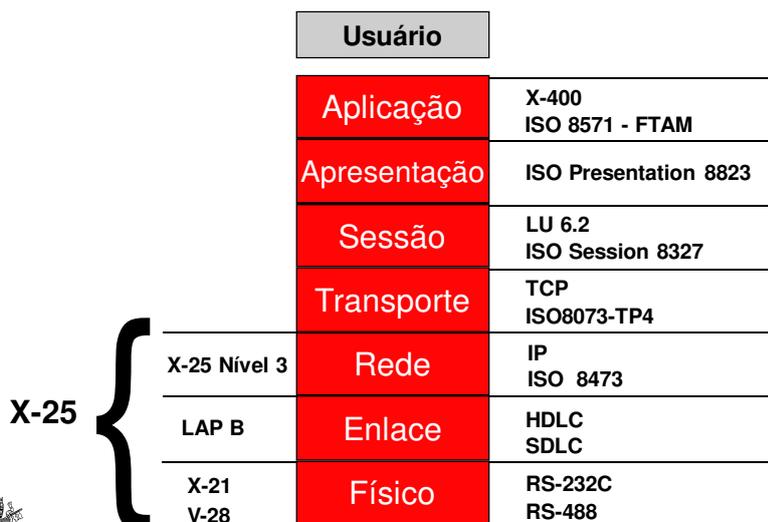
Transmissão de Dados no Modelo OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Implementações das Camadas OSI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Arquitetura OSI e Internet

Arquitetura OSI



Arquitetura Internet



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- ▶ Qual a diferença entre um hub e um switch?
- ▶ Dê duas formas de implementação de um switch, diga suas vantagens e desvantagens, salientando em que condições são mais favoráveis seus usos.
- ▶ Faça uma análise da topologia em estrela com relação ao custo, confiabilidade, desempenho e escalabilidade.
- ▶ Por que uma rede em anel tende logicamente a uma barra?
- ▶ Por que um concentrador único de uma rede em anel funciona como um hub?
- ▶ Faça uma análise da topologia em anel com relação ao custo, confiabilidade, desempenho e escalabilidade.
- ▶ O que é um hub em uma topologia em barra?
- ▶ Faça uma análise da topologia em barra com relação ao custo, confiabilidade, desempenho e escalabilidade.
- ▶ Qual a diferença entre uma topologia física e uma lógica? Dê exemplos.
- ▶ Por que a instalação física das redes tem sofrido uma forte tendência na direção da utilização de hubs?
- ▶ Podemos dizer que a extensão de uma rede em estrela é uma rede em grafo? Como isto se dá?
- ▶ Por que é conveniente a divisão de uma grande rede em várias redes menores interligadas? Qual o nome que se dá às estações responsáveis pela interligação dessas redes?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- ▶ O que são serviços orientados a conexão e serviços sem conexão?
- ▶ Faz sentido um serviço orientado a conexão em uma rede comutada por pacotes?
- ▶ Como pode haver um serviço orientado a conexão em uma rede onde os pacotes podem seguir caminhos diferentes na rede?
- ▶ Quais os serviços obrigatórios de cada camada do modelo ISO-OSI?
- ▶ Se duas redes seguem o modelo OSI elas obrigatoriamente são interoperáveis? Por que? O que são perfis funcionais?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Nível Físico



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Banda Passante

- ➔ Ainda no século XIX, um famoso matemático francês chamado Jean Fourier provou que qualquer sinal periódico, expresso como uma função do tempo $g(t)$, com período T_0 , pode ser considerado como uma soma (possivelmente infinita) de senos e cossenos de diversas frequências.



$$g(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \text{sen}(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft)$$

ou

$$g(t) = \frac{c_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos(2\pi nft + \theta_n)$$



RESUMINDO

- Todo e qualquer sinal pode ser decomposto através de uma soma (finita ou infinita) de ondas cossenoidais.
- Representar um sinal no domínio do tempo é representar o valor da amplitude do sinal para cada instante do tempo
- Representar um sinal no domínio da frequência é representar a amplitude de cada onda cossenoidal que compõe o sinal, ou seja, representar o seu espectro de frequência.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Banda Passante

- Denomina-se *banda passante de um sinal* o intervalo de frequências que compõem este sinal.
- A *largura de banda* desse sinal é o tamanho de sua banda passante (ou seja, a diferença entre a maior e a menor frequência que compõem o sinal).



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Banda Passante e Largura de Banda de um Sinal

➔ Banda de Frequências (Banda Passante)

- Intervalo de frequências que compõe o sinal
 - Ex.: um sinal digital tem uma banda de frequências

$$[0, +\infty]$$

➔ Largura de Banda

- Diferença da maior para a menor frequência da banda do sinal
 - Ex.: um sinal digital tem largura de banda infinita.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

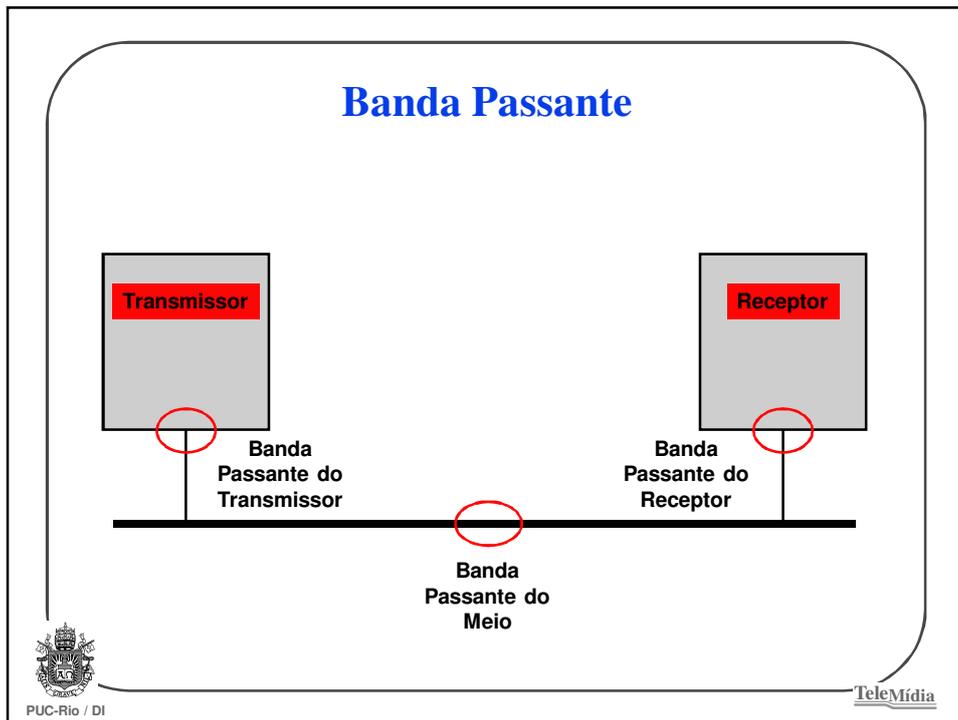
Distorção de Frequência

- ➔ Nenhum meio de transmissão é capaz de transmitir sinais sem que hajam perdas de energia durante o processo.
- ➔ Perdas de energia significam reduções na amplitude de sinais componentes.
- ➔ Se todos os sinais componentes fossem igualmente reduzidos em amplitude, o sinal resultante seria todo reduzido em amplitude, mas não distorcido.
- ➔ Infelizmente, a característica dos meios de transmissão é a de provocar perdas nos diversos sinais componentes em diferentes proporções, provocando a distorção do sinal resultante transmitido.



PUC-Rio / DI

TeleMídia



Banda Passante do Meio Físico

➔ Chamaremos *banda passante do meio físico* àquela faixa de frequências que permanece praticamente preservada pelo meio.

PUC-Rio / DI

TeleMídia

Banda Passante Necessária

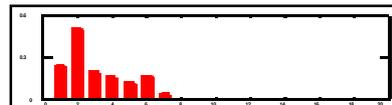
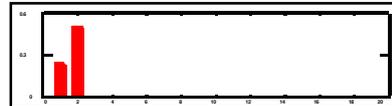
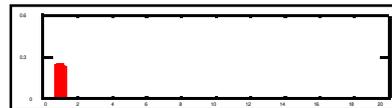
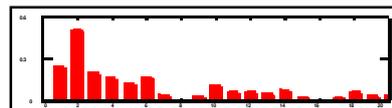
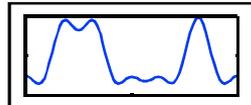
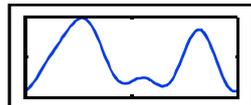
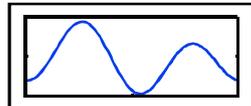
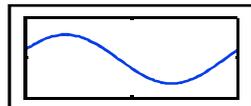
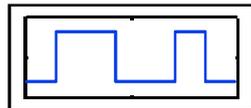
- ➔ No caso de transmissão de sinais digitais, torna-se interessante definir a banda passante necessária como a largura de banda mínima capaz de garantir que o receptor ainda recupere a informação digital originalmente transmitida.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

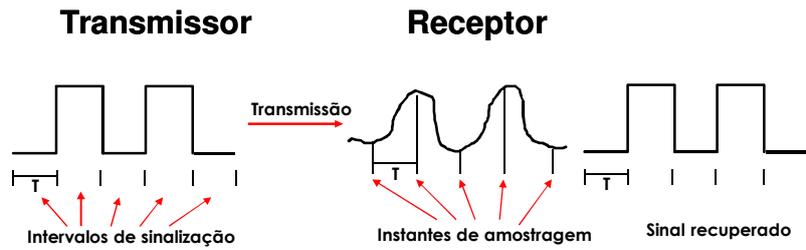
Harmônicos



PUC-Rio / DI

TeleMídia

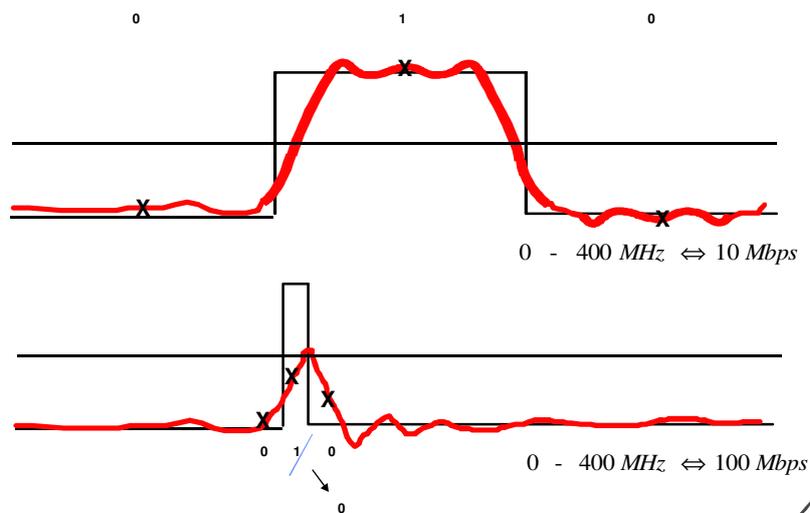
Recuperação do Sinal Digital



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Relação entre Banda Passante e Taxa de Transmissão



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Modulação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Utilização da Banda Passante Meio de Transmissão



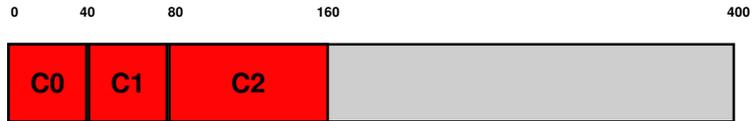
Como melhorar a utilização do meio de transmissão ?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Utilização da Banda Passante do Meio de Transmissão



PUC-Rio / DI

TeleMídia

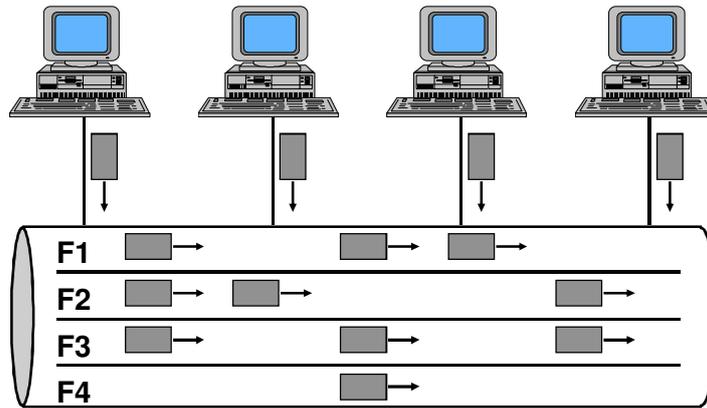
Multiplexação na Frequência



PUC-Rio / DI

TeleMídia

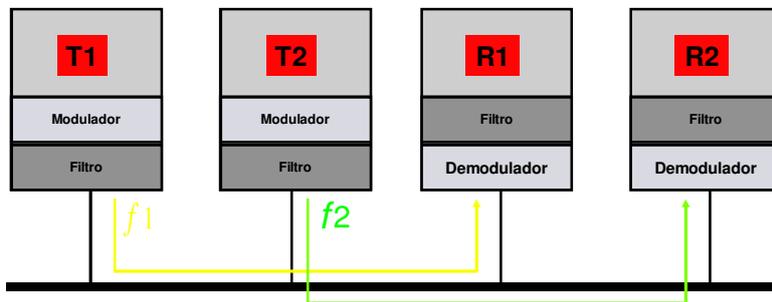
Multiplexação por Divisão da Frequência



PUC-Rio / DI

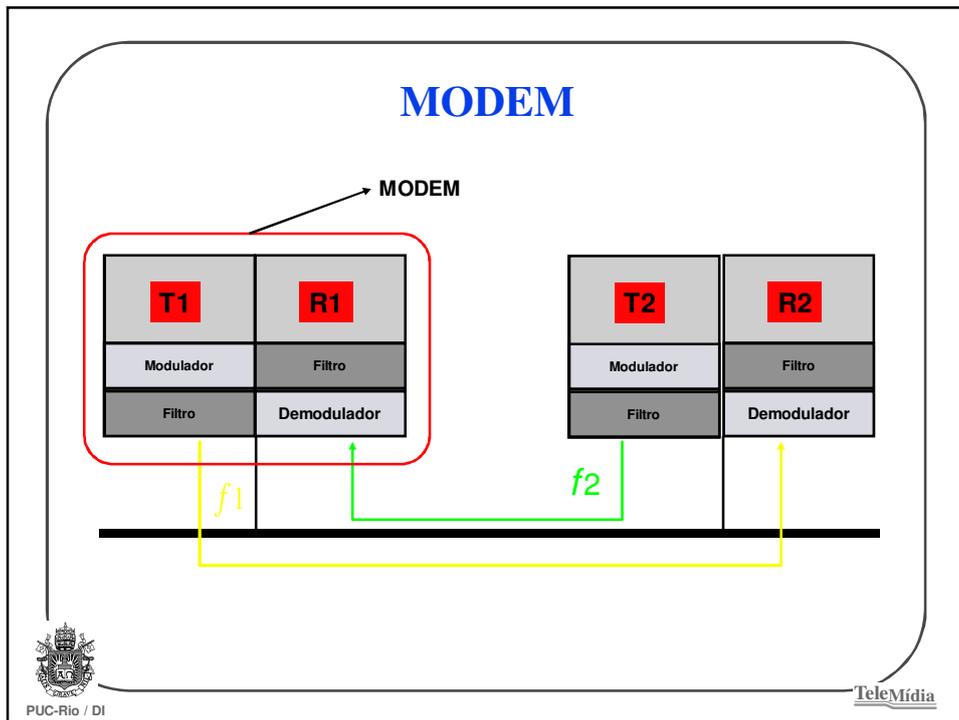
TeleMídia

Transmissão FDM



PUC-Rio / DI

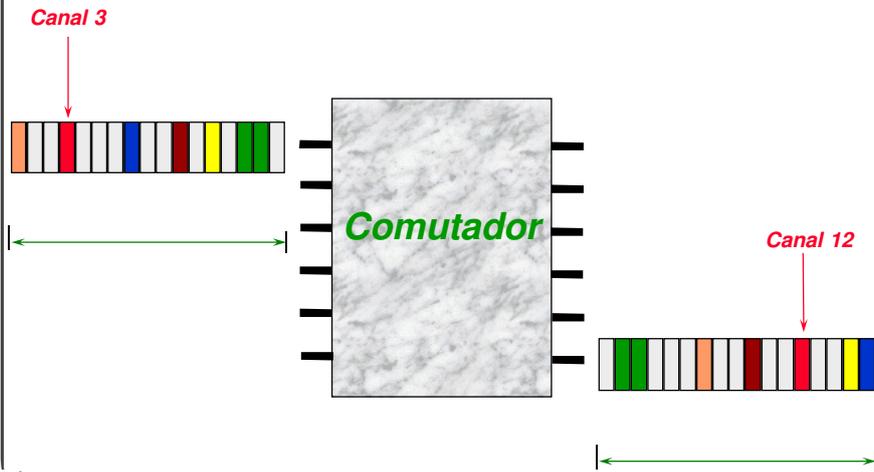
TeleMídia



Comutação na Frequência

PUC-Rio / DI TeleMídia

Comutação na Frequência



PUC-Rio / DI

TeleMídia

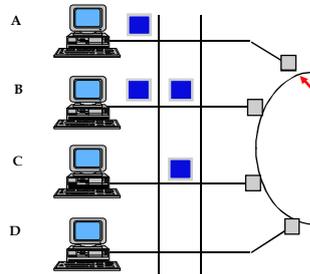
Multiplexação no Tempo



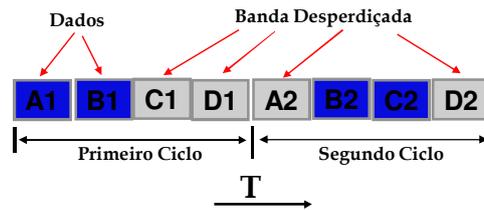
PUC-Rio / DI

TeleMídia

Multiplexação no Tempo



■ Multiplexação Síncrona (TDM) (*synchronous Time Division Multiplexing*)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Multiplexação

➔ No tempo (TDM):

- Síncrona (STDM):
 - O tempo é dividido em ciclos de tamanho (bits) fixo, que se repetem ao longo do tempo.
 - O ciclo é dividido em segmentos de tamanho fixo, de acordo com sua posição
 - O canal é formado por uma seqüência de segmentos:
 - A alocação do canal pode ser **estática** ou **dinâmica**



PUC-Rio / DI

TeleMídia

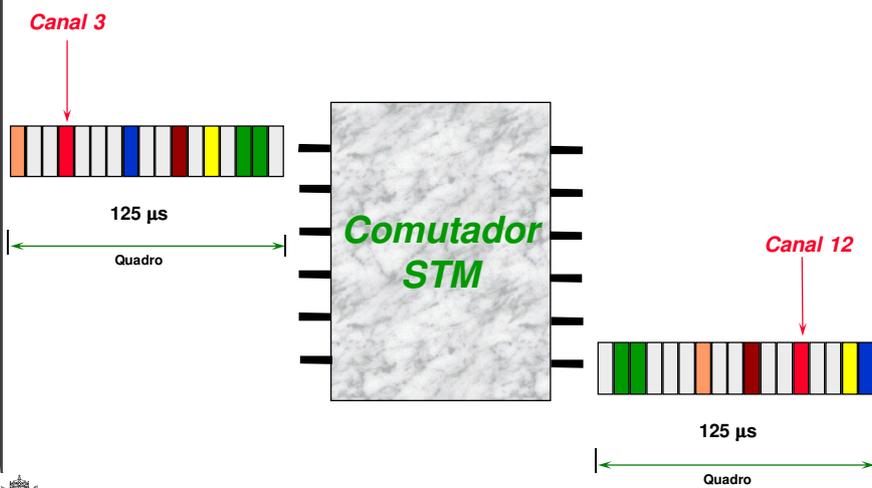
Comutação Síncrona no Tempo



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação no STM



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Comutação de Circuitos

➔ Chaveamento por Divisão Espacial

- (Space Division Switching - SDS)
 - Cada nó fecha um circuito físico entre entrada e saída

➔ Chaveamento por Divisão da Frequência

- (Frequency Division Switching - FDS)
 - Cada nó chaveia de um canal de uma linha de entrada para um canal de uma linha de saída
 - O circuito formado pelos nós é uma sequência de canais de frequência

➔ Chaveamento por Divisão do Tempo

- (Time Division Switching - TDS)
 - Cada nó chaveia de um canal de uma linha de entrada para um canal de uma linha de saída
 - O circuito formado pelos nós é uma sequência de canais em linhas TDM síncronas



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Hierarquias Plessiônicas

➔ **Necessidade:** Para tornar o particionamento dos quadros TDM síncronos independentes dos progressos tecnológicos que tendem a possibilitar taxas cada vez maiores de transmissão.

➔ **Técnica:**

- Define-se um **sin**al básico com uma taxa de C bps a partir do qual o particionamento em slots é feito.
- Um meio de maior capacidade é aproveitado fazendo-se uma multiplexação síncrona no tempo, de vários sinais básicos, compondo um segundo nível da hierarquia.
- Níveis superiores da hierarquia são compostos pela repetição sucessiva do procedimento anterior.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Hierarquias Digitais Plessiônicas (G.702)

Nível	EUA	Europa	Japão
1	1,544 Mbps (DS-1)	2,048 Mbps (E-1)	1,544 Mbps
2	6,312 Mbps (DS-2)	8,448 Mbps (E-2)	6,312 Mbps
3	44,736 Mbps (DS-3)	34,368 Mbps (E-3)	32,064 Mbps
4	274,176 Mbps (DS-4)	139,264 Mbps (E-4)	97,728 Mbps



PUC-Rio / DI

TeleMídia

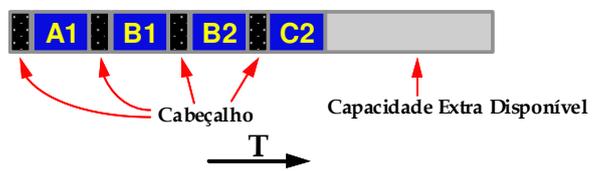
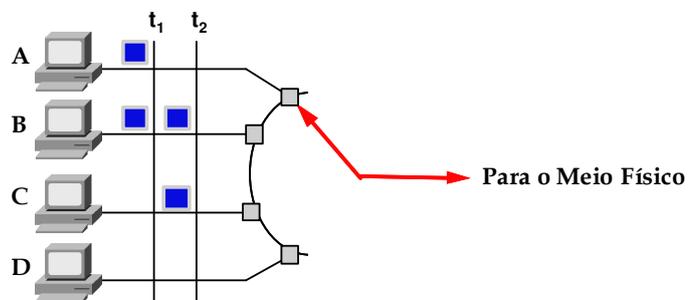
Multiplexação Assíncrona



PUC-Rio / DI

TeleMídia

TDM Assíncrono



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Meios de Transmissão



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Par Trançado

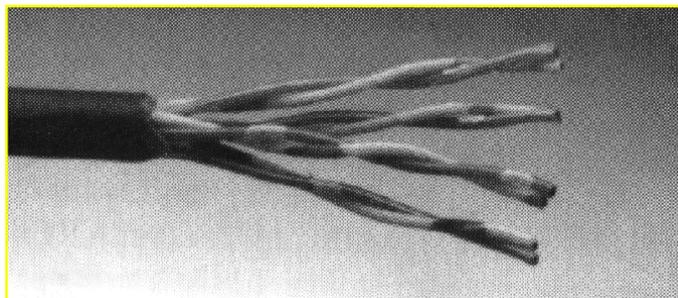
- ➔ Dois fios metálicos (em geral de cobre) enrolados em espiral
 - *trançado*: tende a manter constante as propriedades elétricas ao longo do caminho de transmissão
 - melhor desempenho que um par em paralelo para distâncias grandes
- ➔ Propriedades dependem do diâmetro e da qualidade dos fios utilizados
 - taxas de transmissão podem chegar a alguns poucos megabits por segundo, dependendo da distância entre os extremos
 - bastante susceptível a ruídos (BLINDAGEM)
 - menor custo por comprimento
 - alta maleabilidade - facilidade de instalação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

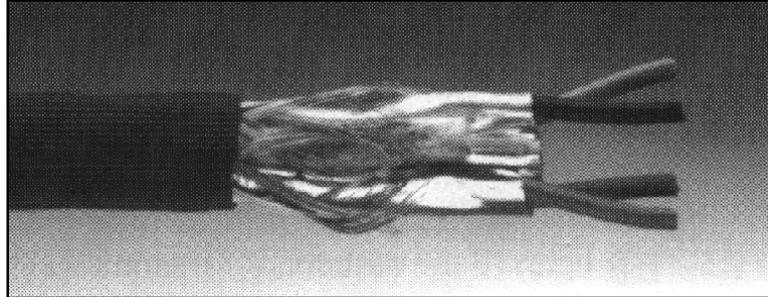
Par Trançado *Unshielded Twisted Pair*



PUC-Rio / DI

TeleMídia

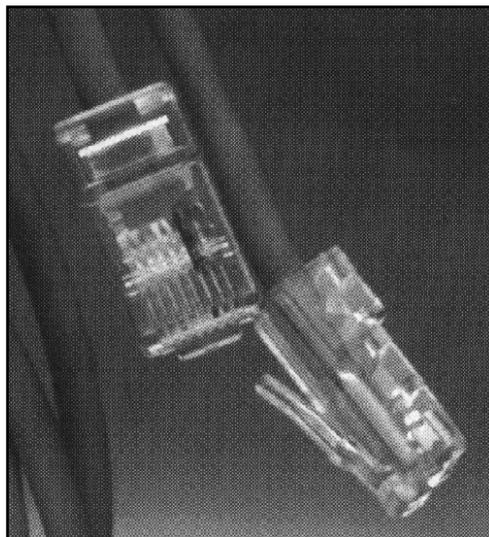
Par Trançado Blindado
Shielded Twisted Pair



PUC-Rio / DI

TeleMídia

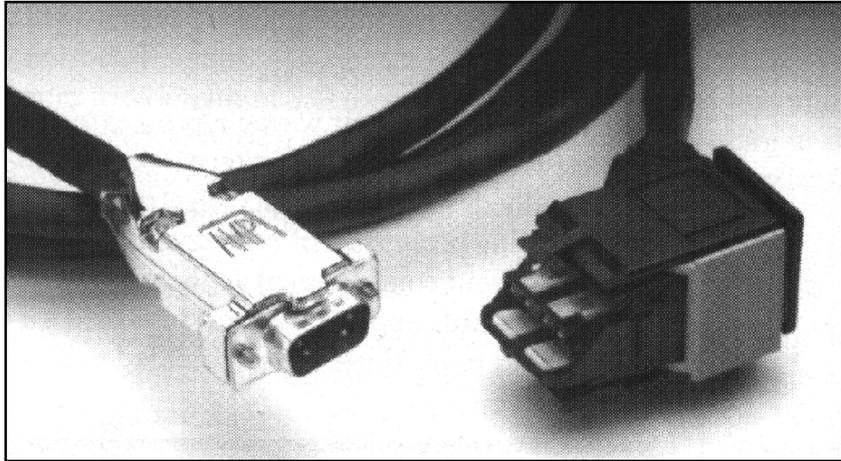
Conector RJ-45



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Conector Token-Ring



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Cabo Coaxial

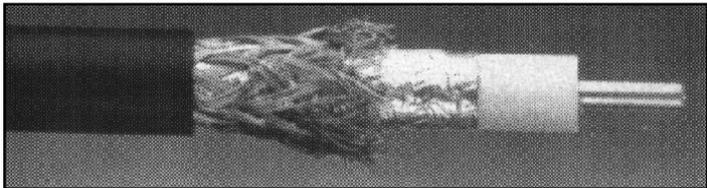
- Condutor cilíndrico interno circundado por tubo metálico (separados por material dielétrico)
 - condutor interno: em geral de cobre
 - tubo metálico: blindagem eletrostática
 - material dielétrico: ar seco ou plástico
- Popular em TV a cabo
- Suporta taxas de transmissão mais altas que o par trançado, para uma mesma distância
 - alcança, tipicamente, 10 Mbps em distâncias da ordem de 1 Km
- Boa imunidade a ruído
- Custo por comprimento maior que o do par trançado
- Menor maleabilidade que o par trançado - mais difícil de instalação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

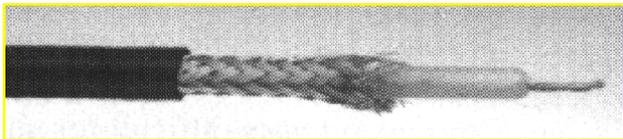
Cabo Coaxial Grosso
(Thick Coaxial Cable)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

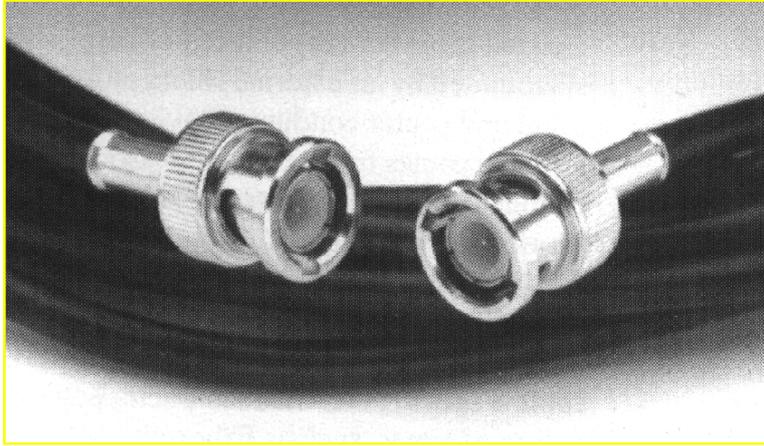
Cabo Coaxial Fino
(Thin Coaxial Cable)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

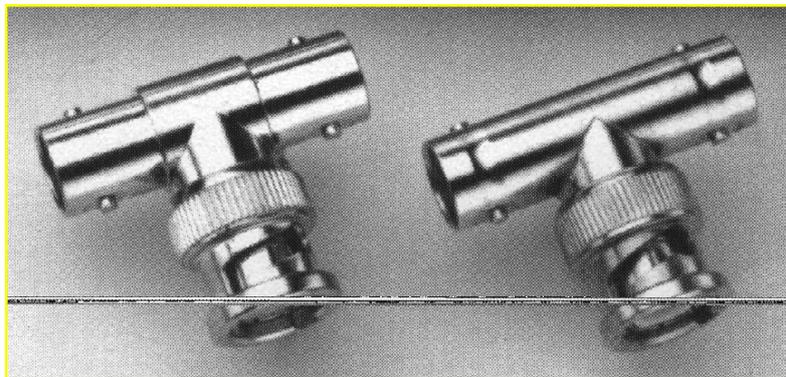
Conector BNC



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Conector BNC T



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Fibra Ótica



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Fibra Ótica

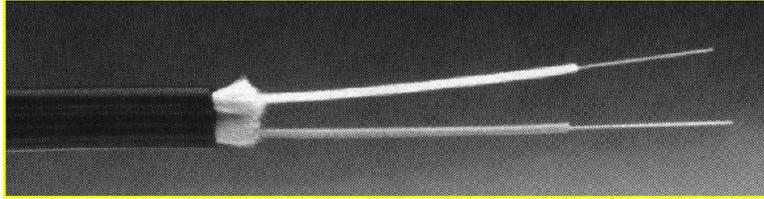
- ▶ Filamento de sílica
- ▶ Atenuação não depende da frequência
 - permite taxas altíssimas
 - 16 Gbps (em laboratório)
- ▶ Imune a interferências eletromagnéticas
- ▶ Isolamento completo entre transmissor e receptor
- ▶ Custo por comprimento mais elevado
- ▶ Ligações complicadas



PUC-Rio / DI

TeleMídia

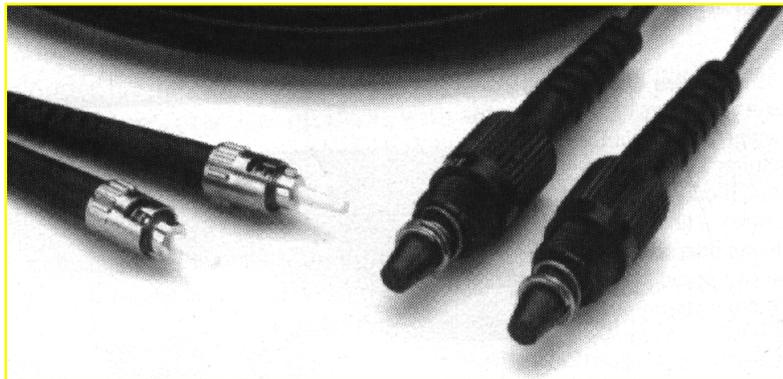
Fibra Ótica



PUC-Rio / DI

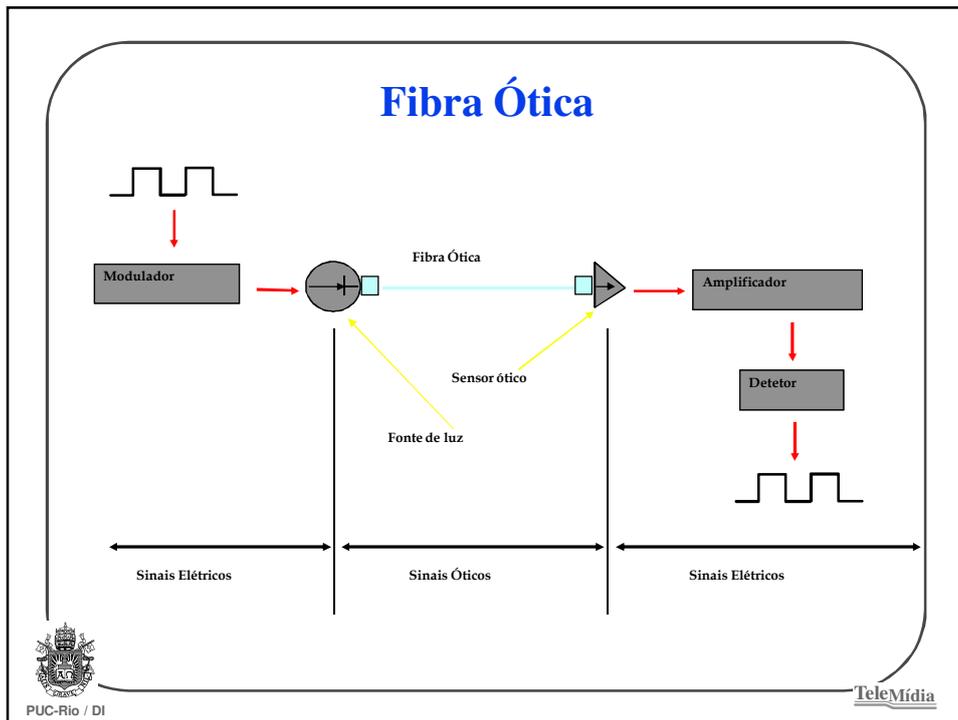
TeleMídia

Conectores ST



PUC-Rio / DI

TeleMídia



Fibra Ótica

- ➔ Diodo Emissor de Luz
(*Light Emitting Diode - LED*)
 - atinge taxas da ordem de 150 Mbps
 - potência suficiente para o sinal se propagar de 10 a 15 Km sem repetidores
- ➔ Laser
 - monocromático
 - coerente (ondas alinhadas em fase)
 - intensidade alta
 - raios paralelos

PUC-Rio / DI TeleMídia

Tipos de Fibra Ótica

- Monomodo
- Multimodo
- Multimodo com índice gradual

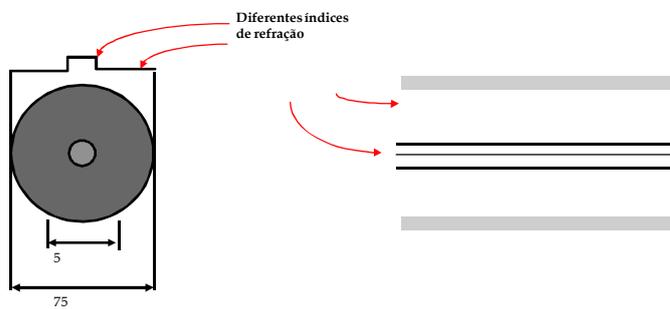


PUC-Rio / DI

TeleMídia

Fibra Ótica

- Monomodo

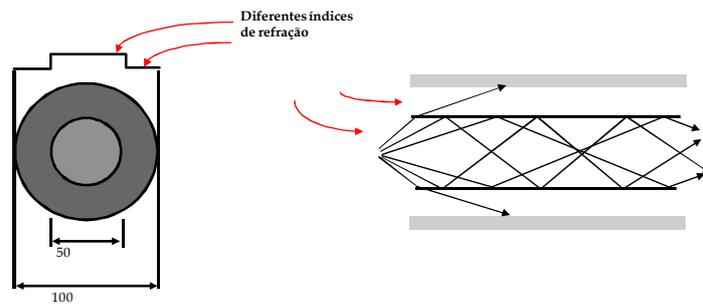


PUC-Rio / DI

TeleMídia

Fibra Ótica

➔ Multimodo

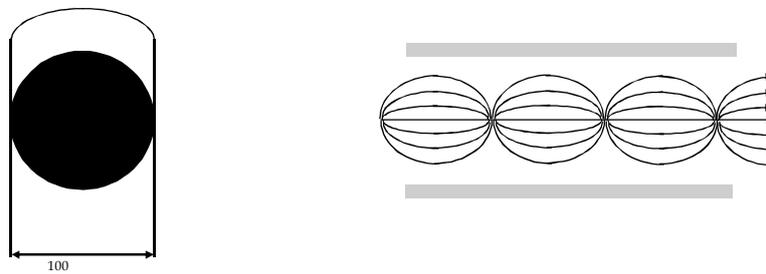


PUC-Rio / DI

TeleMídia

Fibra Ótica

➔ Multimodo com Índice Gradual



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Codificação e Transmissão de Informação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Transmissão

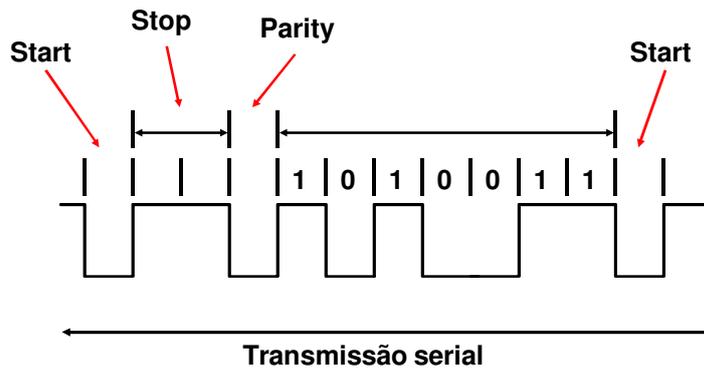
- ▶ O transmissor e o receptor são máquinas de estado que precisam ser **sincronizadas** (terem seus relógios ajustados em frequência e fase)
- ▶ Como sincronizar ?
 - 1) enviar em um canal separado dos dados o relógio do transmissor
 - 2) obrigar o circuito receptor a trabalhar com uma frequência maior que a do transmissor
 - 3) enviar dados e relógio juntos em um mesmo canal



PUC-Rio / DI

TeleMídia

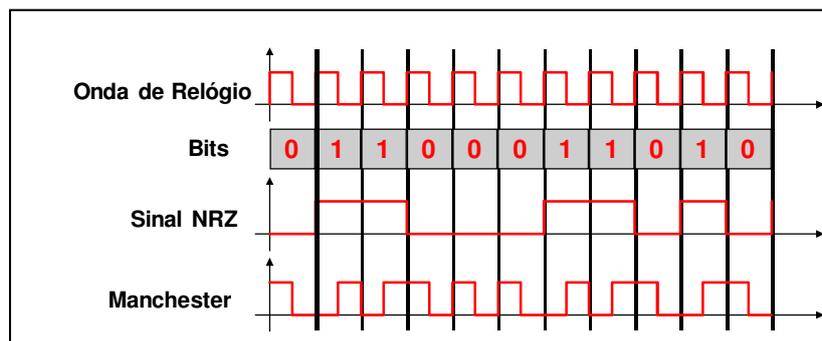
Transmissão Serial Assíncrona



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Código Manchester



- bit "1" - *transição positiva* (subida) no meio do intervalo de sinalização do bit
- bit "0" - *transição negativa* (descida) no meio do intervalo de sinalização do bit



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Codificação Manchester

- Sincronismo entre transmissor e receptor
- Detecção de portadora
- Detecção de colisão
- Transmissão de quatro símbolos
 - “0”
 - “1”
 - “J”
 - “K”



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- O que é uma transmissão simplex, half-duplex e full-duplex? Dê duas formas de implementação de uma comunicação full duplex.
- O que é uma ligação ponto-a-ponto e multiponto?
- O que é representar um sinal no domínio do tempo? E no domínio da frequência?
- O que é banda passante e largura de banda de um sinal? Qual a largura de banda de um sinal digital?
- O que é banda passante necessária de um sinal?
- Qual a diferença entre sinal e informação?
- Um sinal pode ser deformado sem que se perca informação? Dê exemplo?
- Por que um meio físico de alta velocidade é chamado de meio de banda larga?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- ▶ O que é modulação? Qual a diferença para a multiplexação de frequência?
- ▶ O que é multiplexação no tempo?
- ▶ O que é multiplexação síncrona e assíncrona?
- ▶ Qual a diferença entre TDM e TDMA?
- ▶ Qual a diferença entre FDM e FDMA?
- ▶ O que é comutação? O que é comutação na frequência e no tempo?
- ▶ O que é um comutador síncrono e assíncrono no tempo? Em que tipos de redes são utilizados? Quais as multiplexações são utilizadas em suas linhas?
- ▶ O que são as hierarquias plerisícronas?
- ▶ Qual a diferença entre uma fibra monomodo, multimodo e multimodo com índice gradual?
- ▶ Para que serve a codificação manchester? Como através dela é possível realizar a detecção de portadora e a detecção de colisão? Pode existir colisão em ligação ponto-a-ponto? Por que a codificação manchester é chamada díbit?

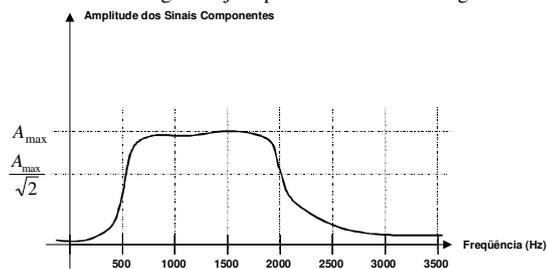


PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- ▶ Considere um sinal analógico cujo espectro é ilustrado na figura abaixo



Se considerarmos que a banda passante necessária para manter uma boa qualidade desse sinal (definida por uma determinada aplicação) corresponde à faixa na qual a amplitude das componentes permanece maior ou igual a maior amplitude de todas as componentes (A_{max}) dividida por $\sqrt{2}$, pergunta-se:

- Utilizando FDM em um meio físico cuja banda passante vai de 800 kHz a 900 kHz, quantos canais do sinal acima podem ser acomodados considerando que é necessário inserir bandas de guarda (bandas entre canais) de 500 Hz ?
- Considerando o mesmo meio físico da questão a), quais serão as faixas de frequência que os filtros de cada canal deverá atuar?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Camada de Enlace



- ➔ Delimitação e transmissão de quadros
- ➔ Detecção de erros
- ➔ Controle de Acesso
- ➔ Correção de erros que por ventura ocorram no nível físico (opcional)
- ➔ Controle de fluxo (opcional)
- ➔ Multiplexação (opcional)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Delimitação de Quadros

Para criar e reconhecer os limites dos quadros são usados basicamente cinco métodos.

- ➔ Contagem de caracteres
- ➔ Transparência de caracteres
- ➔ Transparência de bits
- ➔ Violação de código
- ➔ Caça ao cabeçalho



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Contagem de Caracter

- Na *contagem de caracteres*, um campo no cabeçalho informa o número de caracteres do quadro.
- Supondo que um quadro vem logo a seguir a outro, fica assim determinado o fim de um quadro e o início de outro.
- Para delinear o primeiro quadro ou resincronizar a delimitação, pode ser utilizado, por exemplo, o quinto método: “caçada do cabeçalho”.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Transparência de Caracteres

- A *transparência de caracteres* baseia-se na utilização de *caracteres delimitadores*. O método utiliza caracteres especiais para indicar o início e o final do quadro.
- O problema dessa abordagem é que os caracteres delimitadores podem aparecer entre os dados transmitidos no quadro. Para contornar esse problema, toda vez que um delimitador aparece nos dados, é inserido (*stuffed*) antes dele um outro caracter especial. Quando o destinatário recebe um delimitador precedido do caracter especial ele conclui que, nesse caso, o caracter delimitador faz parte dos dados do quadro.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Transparência de Bits

- ➔ *Transparência de bits (bit stuffing)* utiliza seqüências especiais de bits, denominadas *flags*, para delimitar os quadros. Para evitar que ocorrências da seqüência delimitadora nos dados sejam interpretadas incorretamente, bits adicionais são acrescentados aos dados, de forma semelhante à transparência de caracteres.
- ➔ O protocolo HDLC utiliza essa técnica e usa o padrão 01111110 como delimitador. Sempre que o transmissor encontra cinco bits consecutivos iguais a 1 nos dados que vai transmitir, ele insere (*stuffs*) um bit 0 na cadeia de bits. Quando o receptor encontra cinco bits 1 consecutivos, seguidos de um bit 0, ele automaticamente retira (*destuffs*) o bit 0.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Violação de Códigos

- ➔ O quarto método baseia-se na *violação de códigos* do nível físico.
- ➔ Esse método só pode ser usado em redes cuja codificação dos bits no meio físico possui alguma forma de redundância.
- ➔ Por exemplo, na codificação Manchester (utilizado nas redes Ethernet e token ring) o bit 0 é codificado por uma transição negativa no sinal, e o bit 1 por uma transição positiva. Os símbolos onde não há transição (J e K) não são usados para representar dados, podendo ser então utilizados para delimitar os quadros.
- ➔ Outros exemplos de utilização da violação de códigos podem ser encontrados nos códigos blocados 4 entre 5 (utilizado nas redes FDDI e ATM) e 8 entre 10 (utilizado nas redes Fiberchannel e ATM)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Codificação 4 entre 5

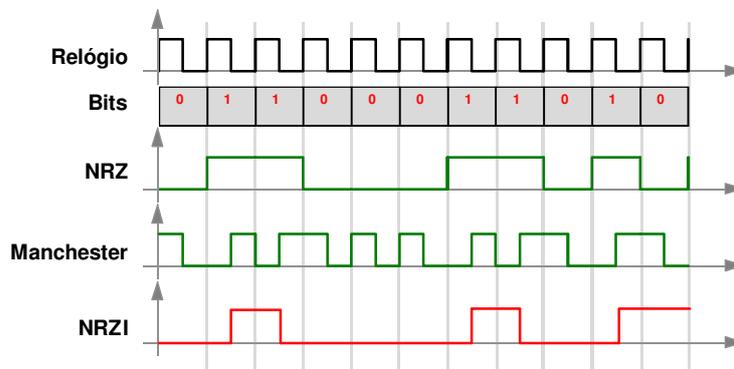
Símbolo	Valor (5bits)
Símbolos de Dados	
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110
1011	10111
1100	11010
1101	11011
1110	11100
1111	11101
Símbolos de Controle	
Quiet	00000
Idle	11111
Halt	00100
J	11000
K	10001
T	01101
Control Reset	00111
Control Set	11001



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Codificação NRZI



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Caça ao Cabeçalho

- Neste método, o cabeçalho do quadro é terminado com um campo para detecção de erro, denominado HEC (header error check).
- Inicialmente, no estado de *caça* (*HUNT*), o quadro é monitorado bit a bit, através de uma janela de tamanho igual ao tamanho do cabeçalho, incluindo o campo HEC). A cada entrada de um bit do quadro nessa janela, a corretude do “suposto cabeçalho” é verificada (através do “suposto HEC”). Quando uma seqüência correta é detectada o início do quadro está delimitado.
- Seu final pode ser delimitado, ou pelo quadro ter um tamanho fixo que se sabe a priori (como é o caso da utilização desse método em redes ATM), por contagem de caracteres, ou por um outro método qualquer.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Técnicas de Detecção de Erro

- Paridade
- Checksum
- CRC



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Formato do Pacote

SD	Destino	Origem	Informação	FCS	ED
----	---------	--------	------------	-----	----



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Controle de Acesso

- ➔ Cabe ao nível de enlace disciplinar o acesso ao meio. Este controle pode ser centralizado ou distribuído.
- ➔ No controle centralizado, uma máquina fica responsável pelo controle do acesso (estação primária), que é por ela gerenciado através do envio de um quadro *poll* perguntando se cada uma das outras máquinas (estações secundárias) possui dados a transmitir (lembre-se que a ligação pode ser ponto-a-ponto ou multiponto. Em caso positivo a estação secundária transmite seus dados após receber o quadro *poll*).
- ➔ No controle distribuído as estações são consideradas logicamente iguais tendo o mesmo direito de acesso ao enlace. Nesse modo de operação todas as estações são responsáveis pelo controle de acesso ao meio físico.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Multiplexação x Acesso

➔ FDM

- FDMA

➔ TDM

- TDMA



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Protocolos de Acesso ao Meio



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Características dos Protocolos

- ➔ Capacidade
- ➔ Estabilidade em sobrecarga
- ➔ Justiça (“fairness”)
- ➔ Prioridade
- ➔ Retardo de transferência



PUC-Rio / DI

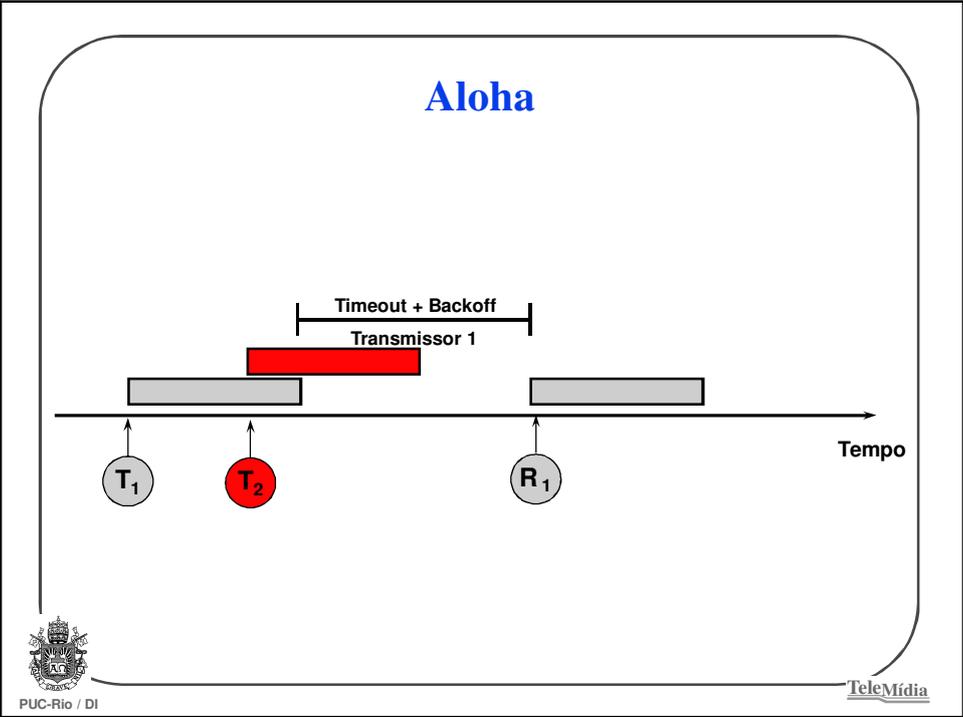
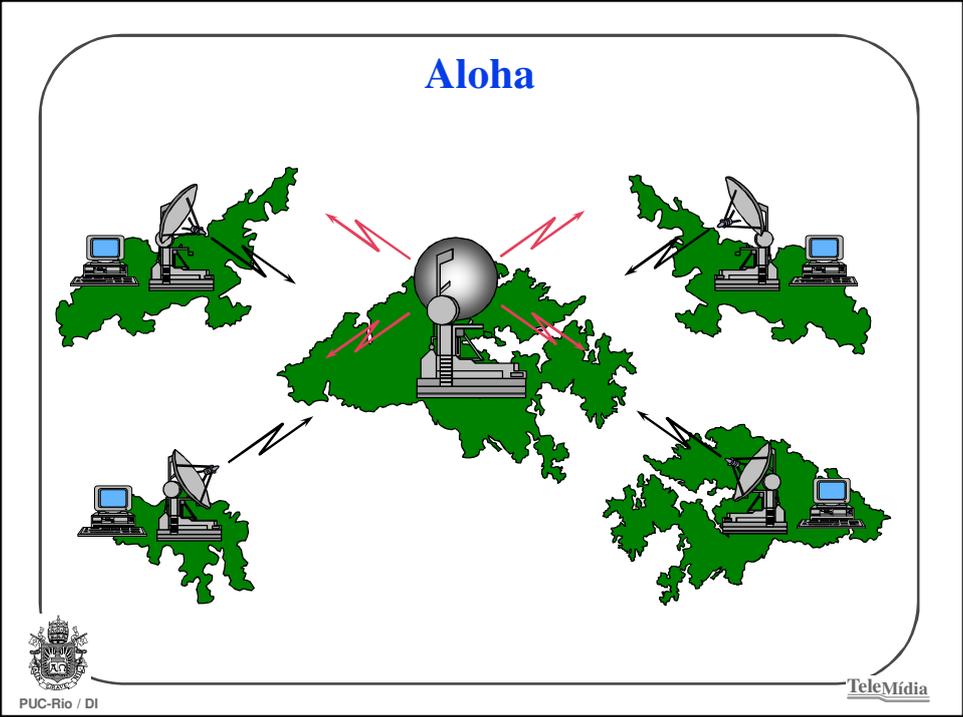
TeleMídia

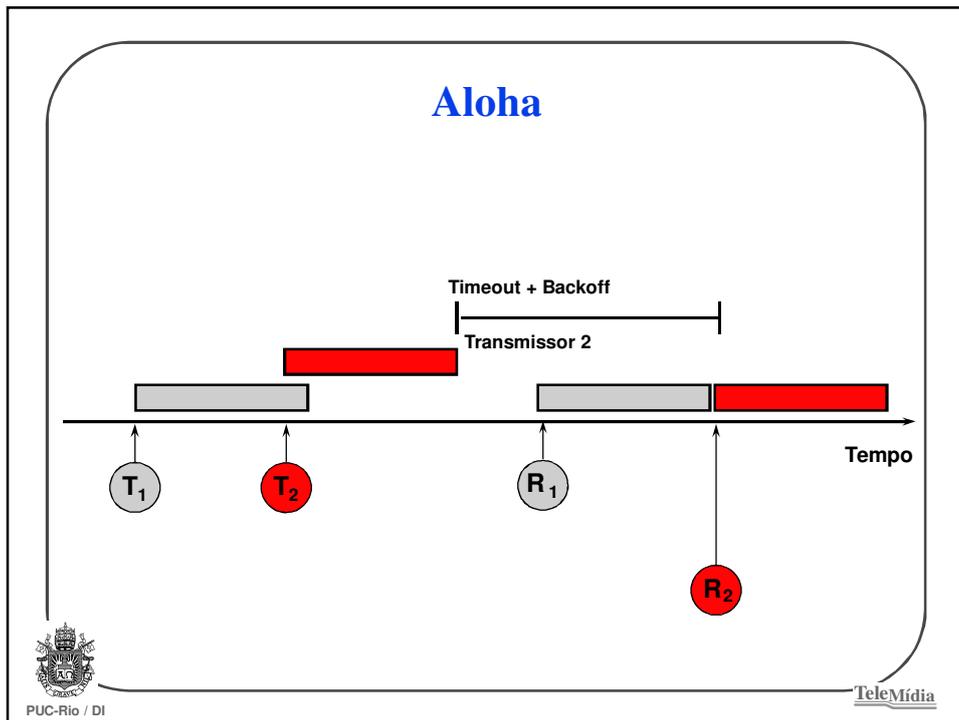
Protocolos de Acesso Baseados em Contenção



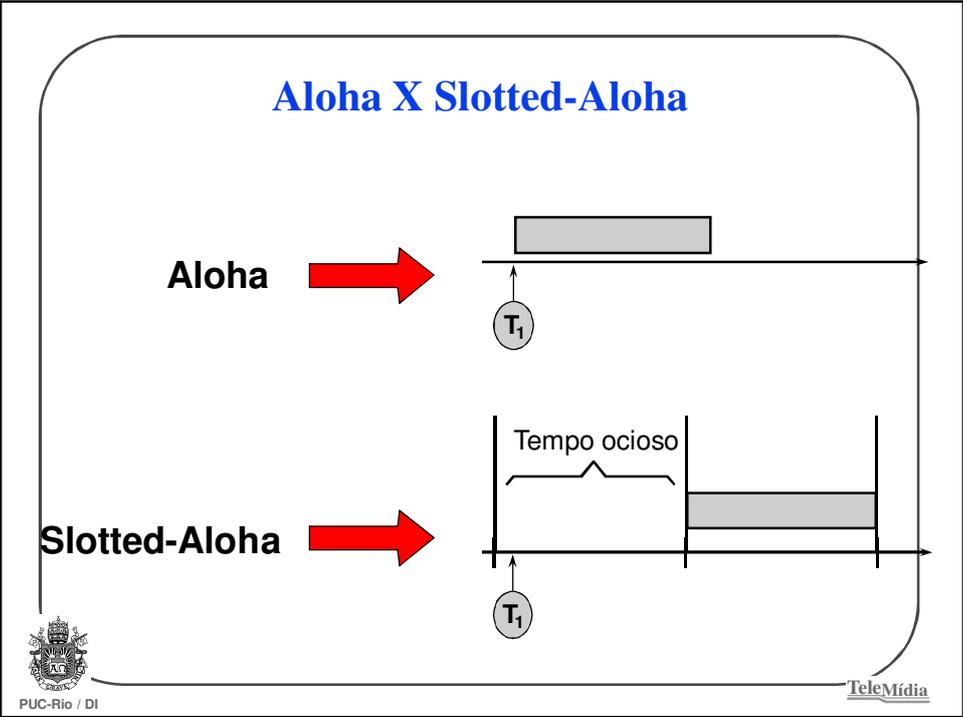
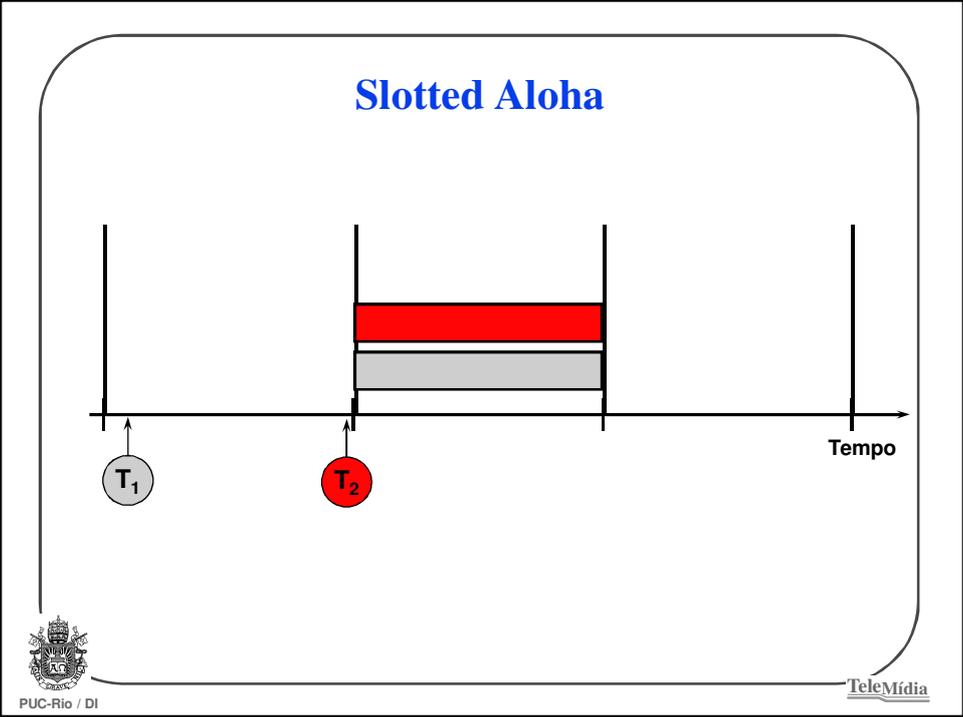
PUC-Rio / DI

TeleMídia





- ## Aloha
- Capacidade
 - Aloha 18%
 - Equidade
 - Prioridade
 - Retardo de transferência
 - Estabilidade em sobrecarga
- PUC-Rio / DI
- TeleMídia



Aloha X Slotted-Aloha

Aloha



Slotted-Aloha



PUC-Rio / DI

TeleMídia

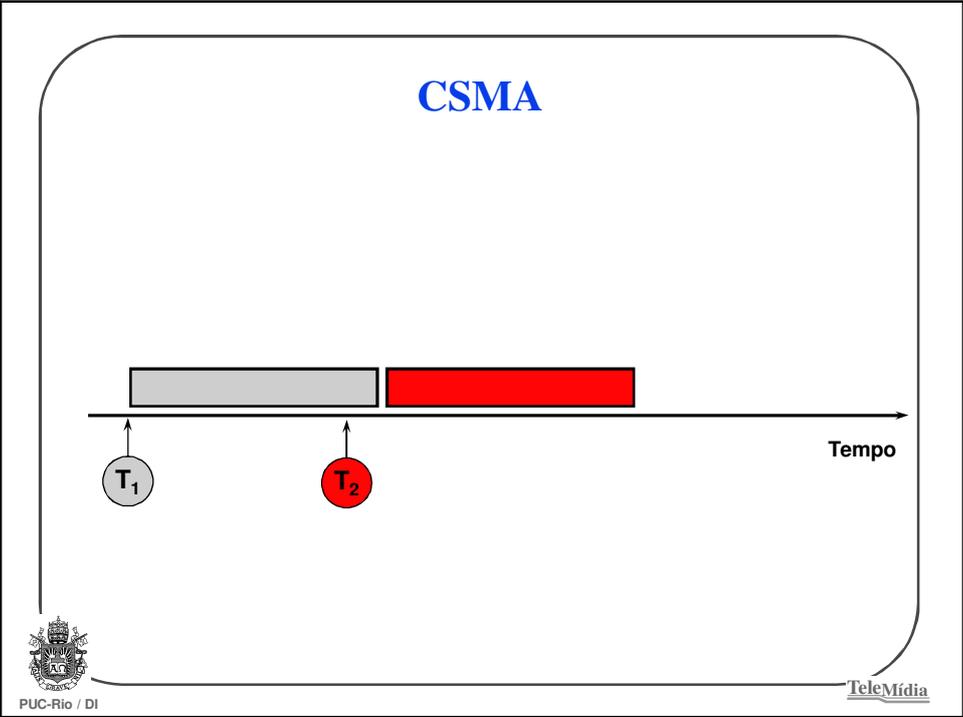
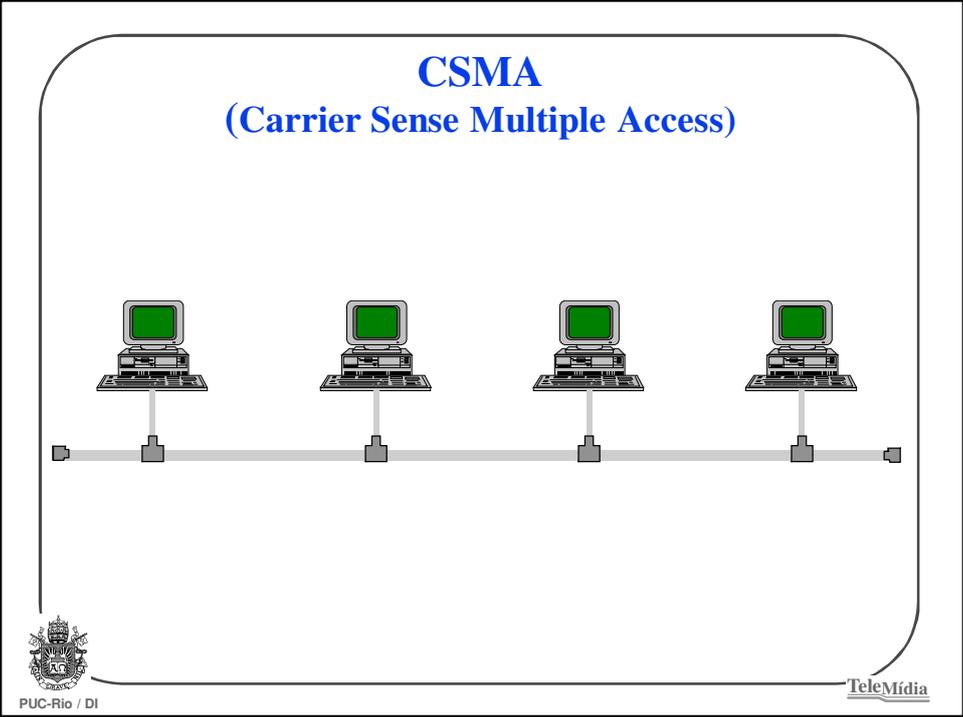
Aloha

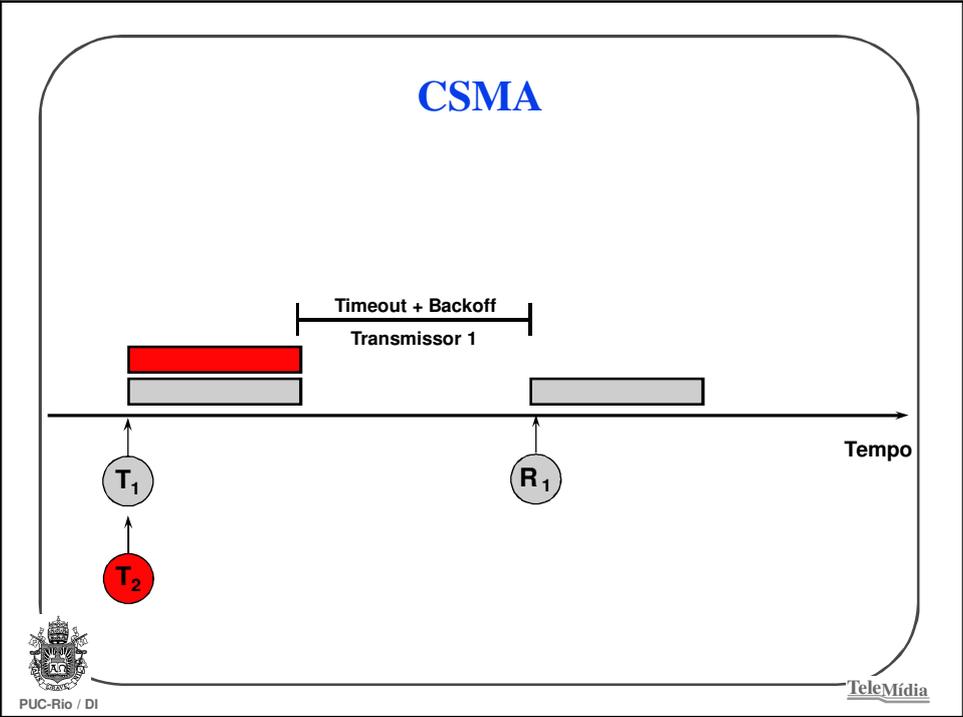
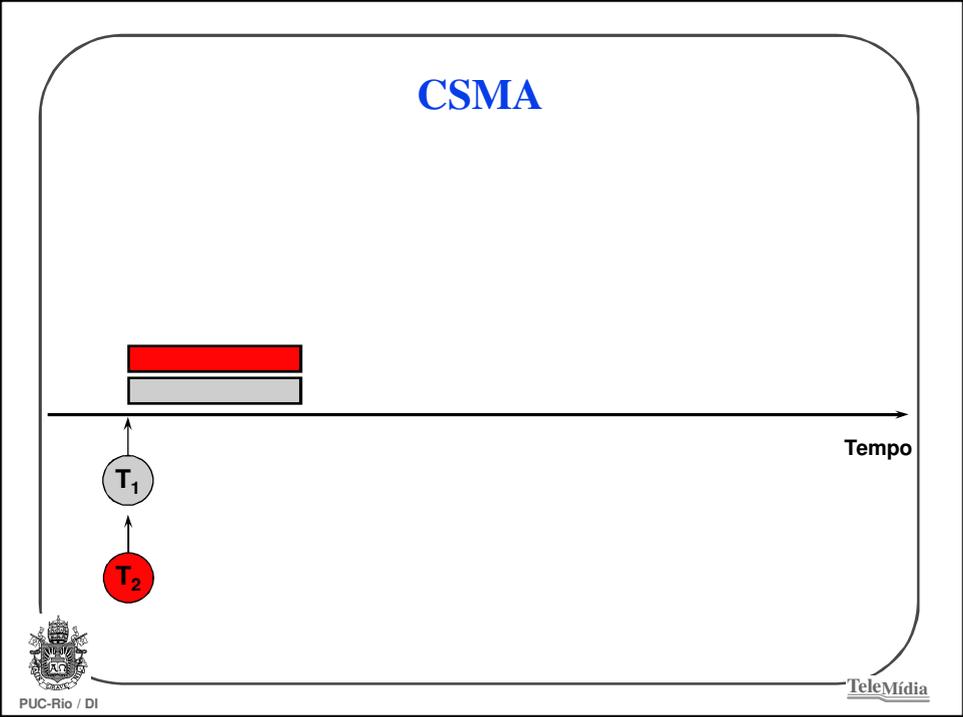
- Capacidade
 - Aloha 18%
 - Slotted Aloha 36%
- Equidade
- Prioridade
- Retardo de transferência
- Estabilidade em sobrecarga

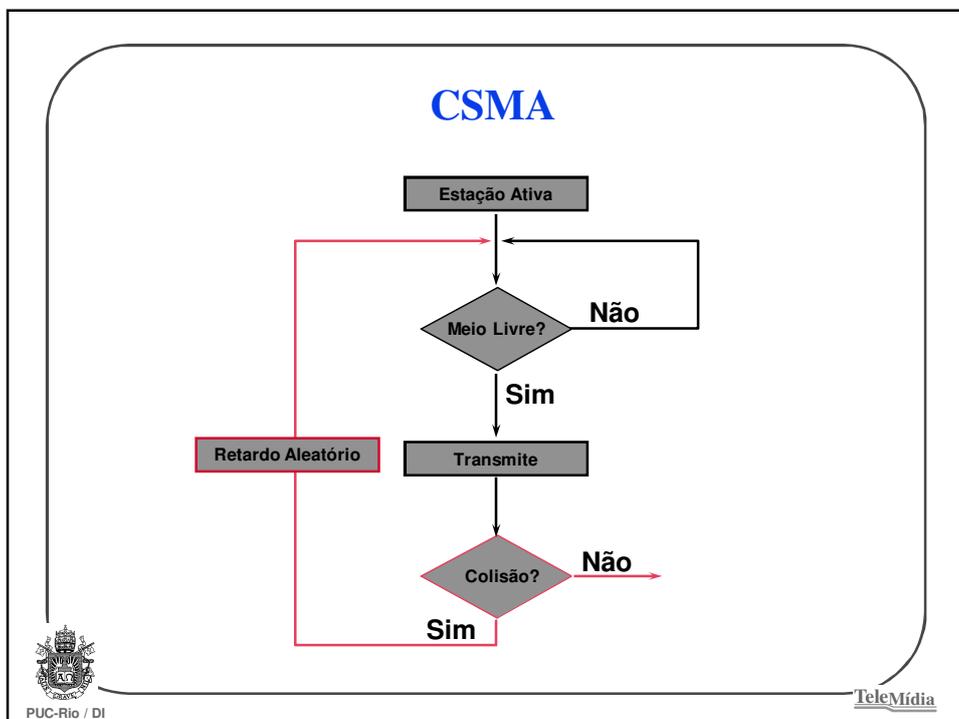
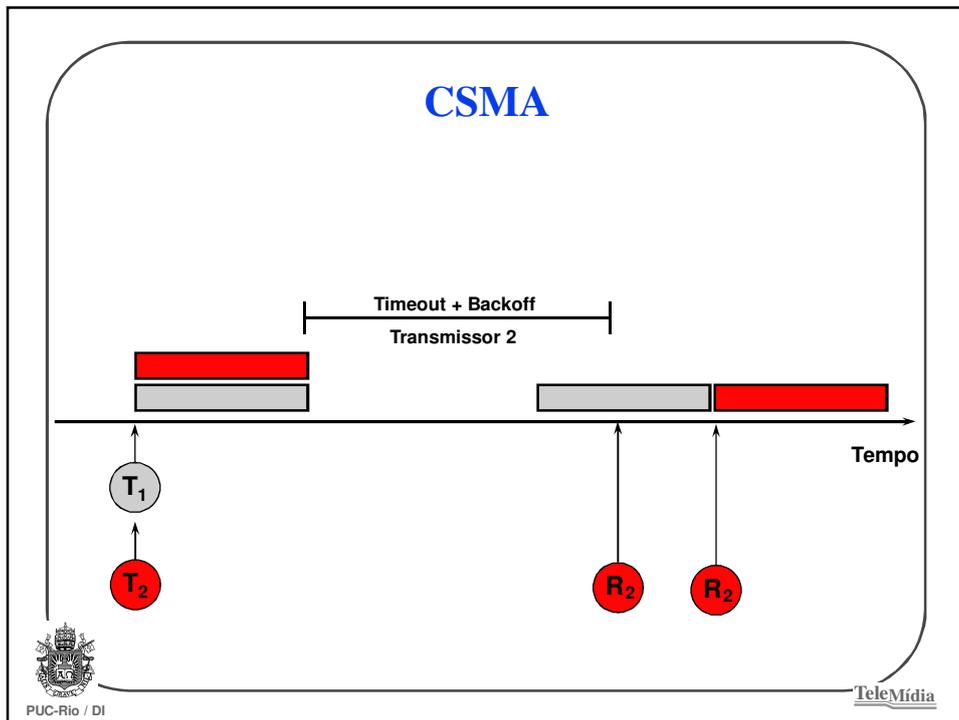


PUC-Rio / DI

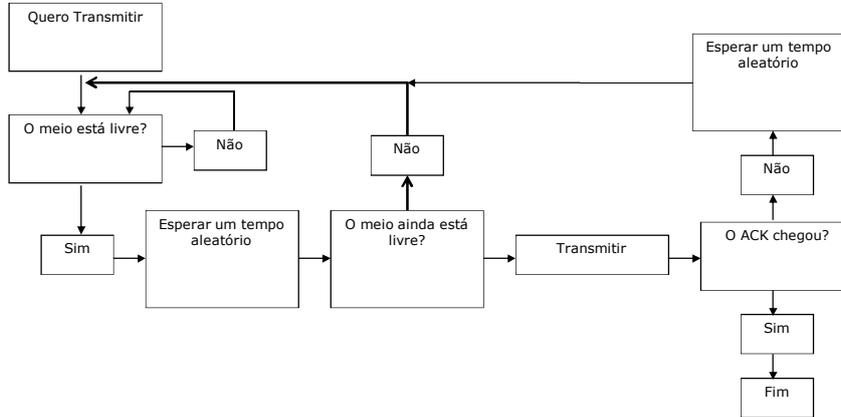
TeleMídia







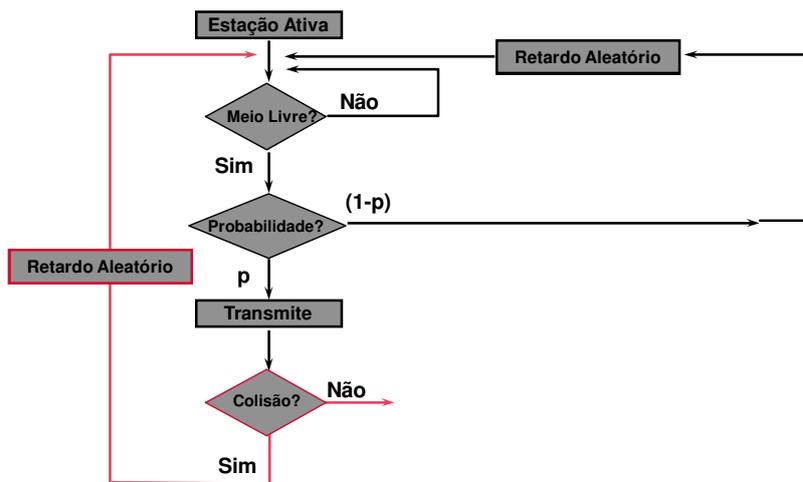
IEEE 802.11 – CSMA/CA



PUC-Rio / DI

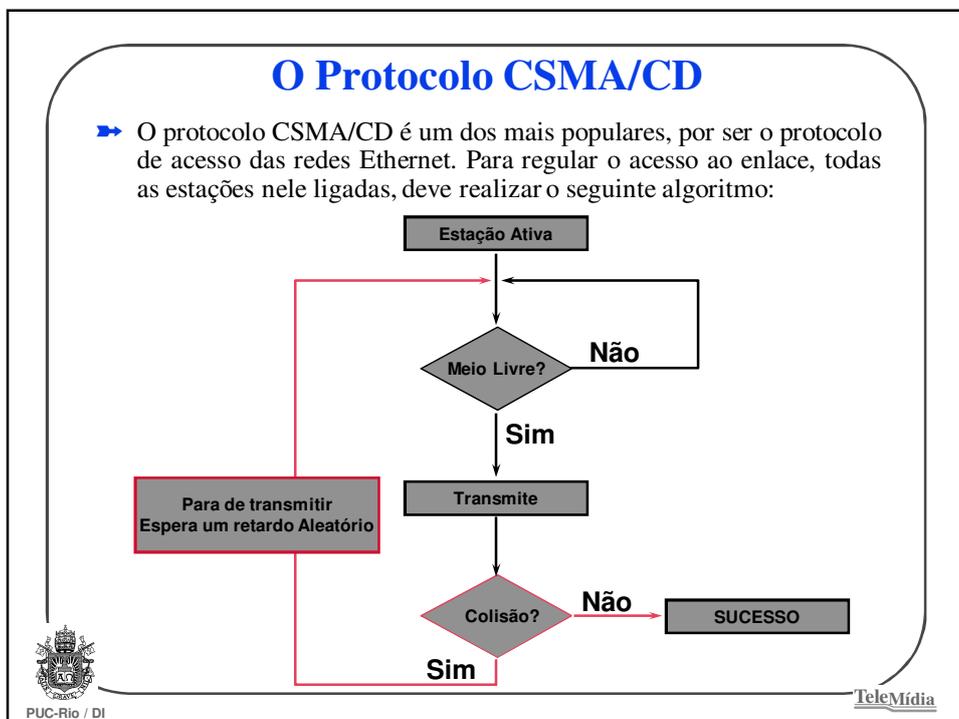
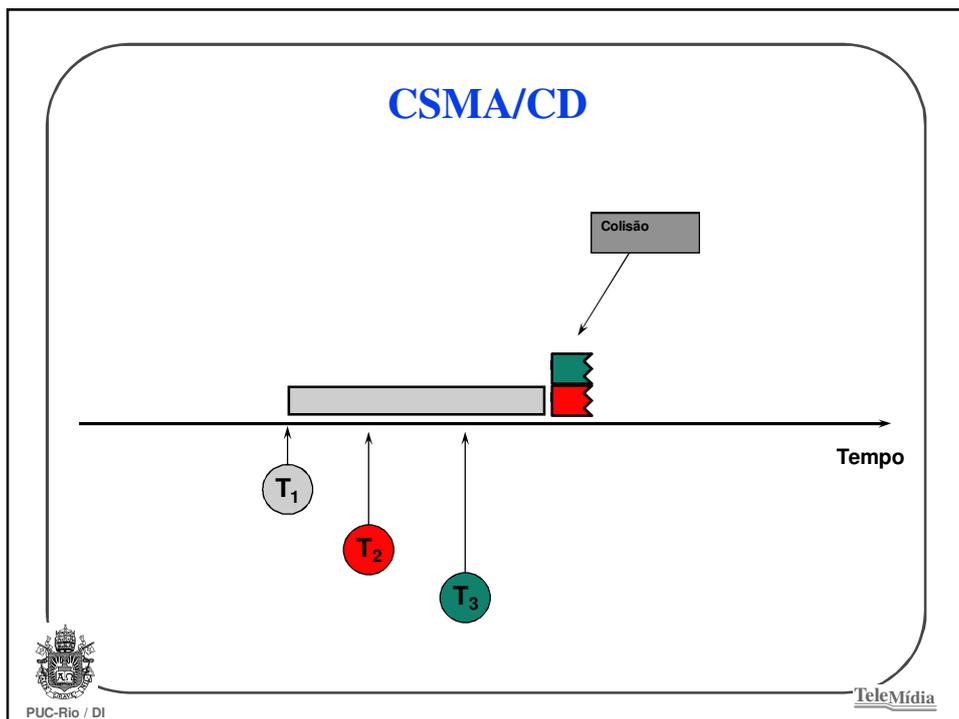
TeleMídia

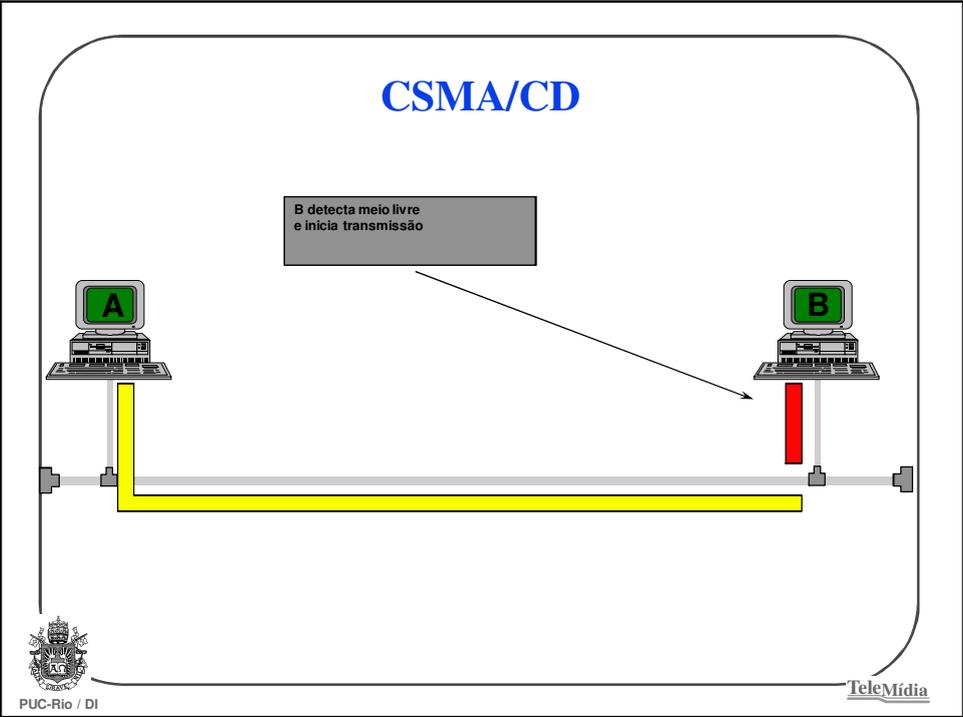
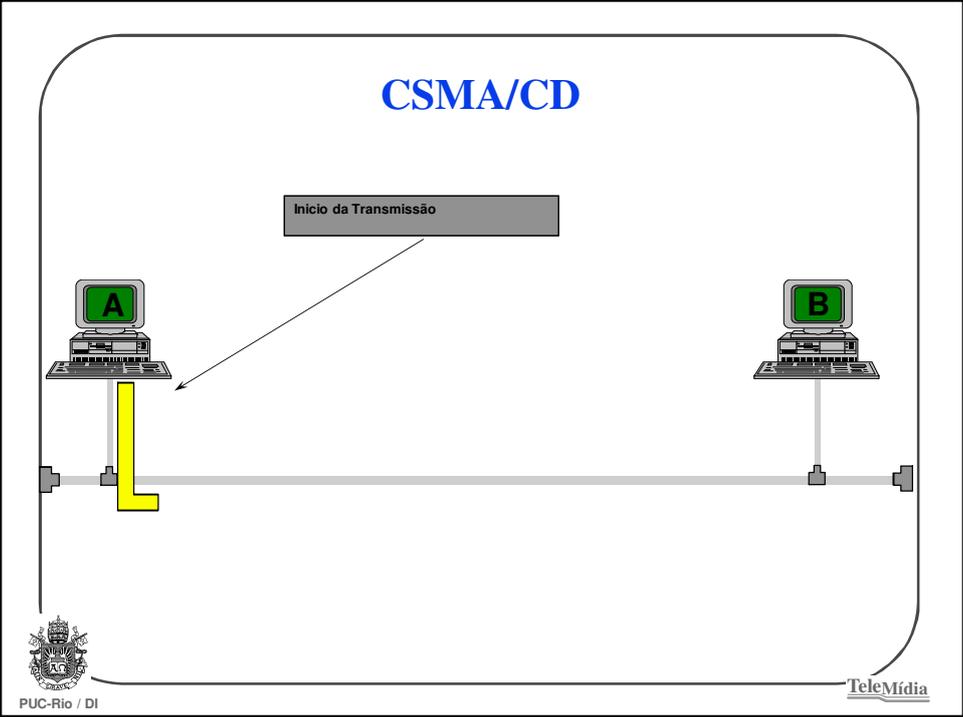
Técnica CSMA p-Persistente

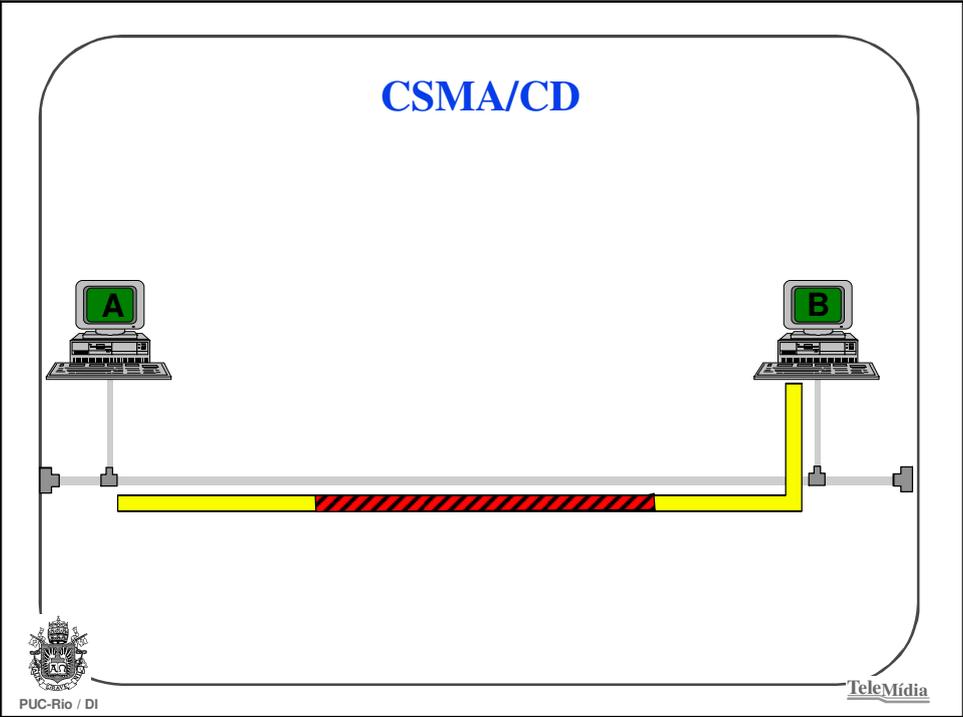
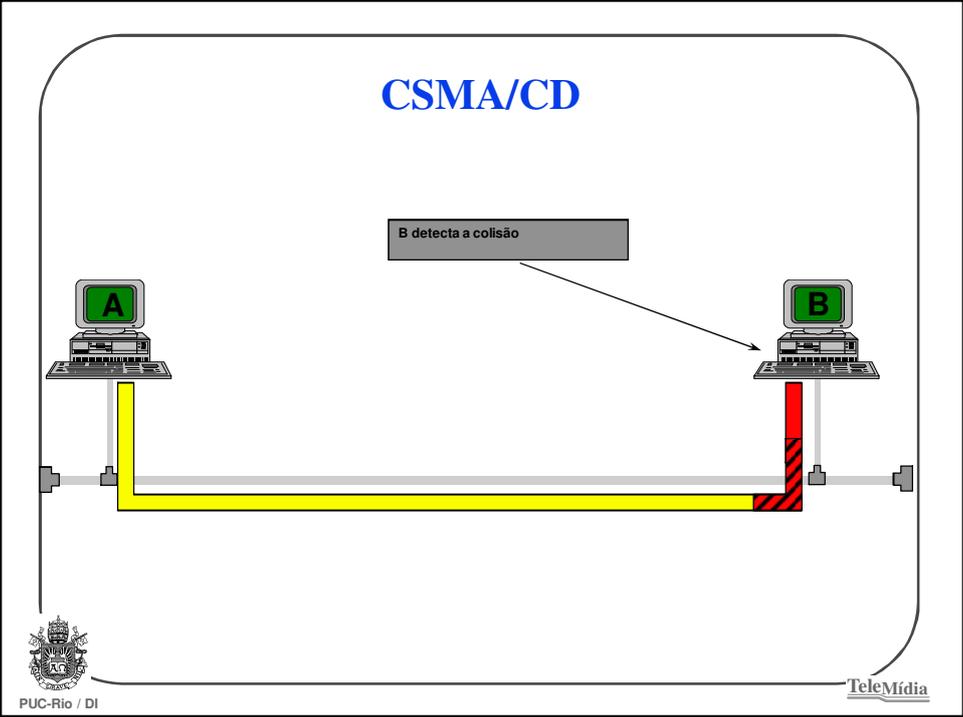


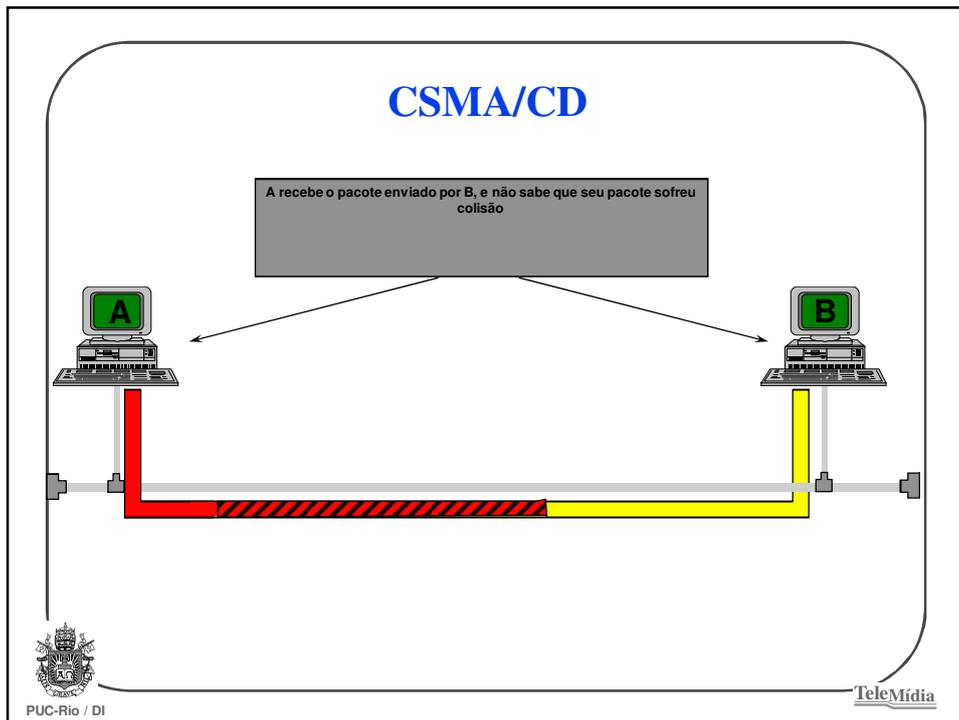
PUC-Rio / DI

TeleMídia









CSMA/CD

➔ $M \geq 2 C T_p$

- M é o tamanho do pacote em bits
- C é a taxa de transmissão da rede em bps
- T_p é o tempo de propagação do sinal no meio

PUC-Rio / DI TeleMídia

CSMA/CD

➔ $E = 1 / (1 + 3,4 a)$

➔ $a = T_p / P$

- P é o tempo de transmissão de um pacote

➔ $P = M / C$

$$T_p = L / V_c$$

➔ $a = L.C / V_c.M = L.C / k$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- ➔ Quais as funções obrigatórias e opcionais do nível de enlace?
- ➔ Faça todas as combinações possíveis dos algoritmos para delimitação de início e fim de pacotes e destaque aquelas que não funcionam.
- ➔ Explique a detecção de erro por CRC.
- ➔ Como pode ser feita a detecção de colisão em uma rede CSMA? E em uma rede CSMA-CD? Por que o serviço da primeira é chamado de confiável e o da segunda de não confiável? Qual o melhor?
- ➔ Por que existe um tamanho de mensagem mínimo em uma rede CSMA-CD? Como esse tamanho varia com a maior distância entre estações da rede e a taxa de transmissão utilizada?
- ➔ Por que a eficiência de uma rede CSMA-CD também depende da distância e da taxa de transmissão?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

► Sabendo-se que:

- o tamanho mínimo (em octetos) que deve ter a soma dos campos INFO e PAD em uma rede utilizando CSMA/CD é 64 octetos;
- as estações são ligadas diretamente a um comutador (switch) por um enlace cujo comprimento é igual a 100m;
- a velocidade de propagação no meio (enlace) é igual a 250.000 km/s.
- cada comutador interligando duas estações introduz um retardo equivalente ao tempo de transmissão de 13 octetos, em cada comutação;
- a taxa de transmissão é de 100 Mbps;
- Qual a distância máxima entre duas estações na rede?
- Sintaxe da mensagem

7	1	6	6	2			4	(octetos)
Preâmbulo	SD	DA	SA	Length	INFO	PAD	FCS	

- Obs: 1) No cálculo da mensagem mínima, o preâmbulo e o campo SD não devem ser levados em consideração.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- Imagine que você queira utilizar uma rede CSMA/CD, de acordo com o padrão IEEE-802.3, para transmissão de voz digitalizada. Sabe-se que cada pessoa falando (enviando voz ou silêncio) gera na rede uma taxa de dados (informação) de 48Kbps, e que, por motivos de retardo de empacotamento e perdas, o tamanho do segmento de informação de voz a ser transportado em um pacote é de no máximo 48 bits (campo INFO). Pelo padrão mencionado, a sintaxe do pacote de dados é a apresentada na figura abaixo. Suponha que a rede opera a 10Mbps em um cabo coaxial cuja velocidade da luz é de 210.000 Km/seg, cabo cujo comprimento pode atingir até 2,5 Km. Supondo ainda que o tempo de geração de pacotes de voz é aleatório, pergunta-se:

7	1	6	6	2			4	(octetos)
Preâmbulo	SD	DA	SA	Length	INFO	PAD	FCS	

$$E = (M/C) / (M/C + 3,4 \text{ tp})$$

- 1) Qual o tamanho total da mensagem transmitida?
- 2) Quantas estações transmitindo voz simultaneamente poderemos ter no máximo nesta rede?
- 3) No caso da pergunta anterior, qual é a taxa de transmissão efetiva da rede, isto é, aquela utilizada na transmissão dos segmentos de dados de voz?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

► Os itens abaixo estão relacionados aos trabalhos de laboratório referentes aos níveis físico e de enlace. Responda de acordo com a implementação de sua equipe:

- Explique como foram realizadas a transmissão e recepção de bytes no nível físico?
- Qual o critério utilizado para a escolha do IFS? O que acontece quando escolho um IFS muito grande ou muito pequeno?
- Suponha que em sua rede, as estações E1 e E2 estejam executando o programa que implementa o nível de enlace e o físico, mas que a estação F esteja executando somente o nível físico. O IFS da rede é de 3 segundos e suponha também que o tempo de transmissão de um quadro Q de tamanho máximo é de 0,5 segundos. Considere agora os seguintes eventos:
 - No instante 0s, a estação E1 detectou meio livre (ela já vinha “escutando” o meio) e imediatamente começou a transmitir Q por difusão (broadcast).
 - No instante 1s, o nível de enlace da estação E2 recebeu um quadro Q para transmitir para E1.
 - No instante 2s, a estação F iniciou uma transmissão de 0,25s de alguns bytes.

Ao final de 10 segundos, o que aconteceu na rede? Quando E2 começou a transmitir? Quem recebeu o quê?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Protocolos de Acesso Ordenado



PUC-Rio / DI

TeleMídia

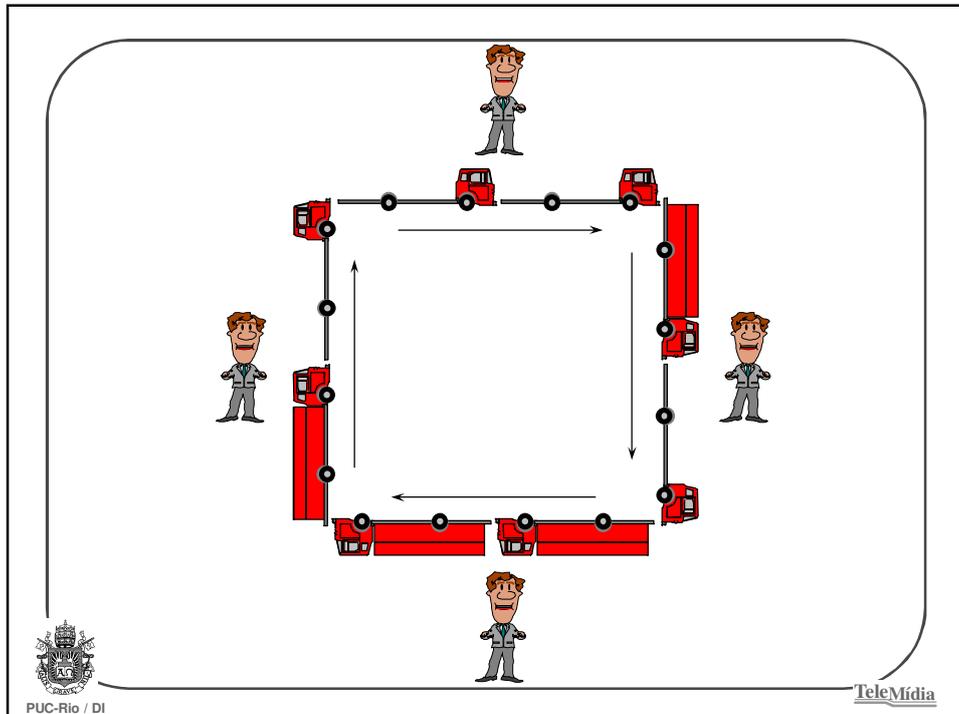
Protocolos de Acesso Ordenado

- ➔ Retardo de transferência limitado
- ➔ Justo (“fair”)
- ➔ Estável em sobrecarga



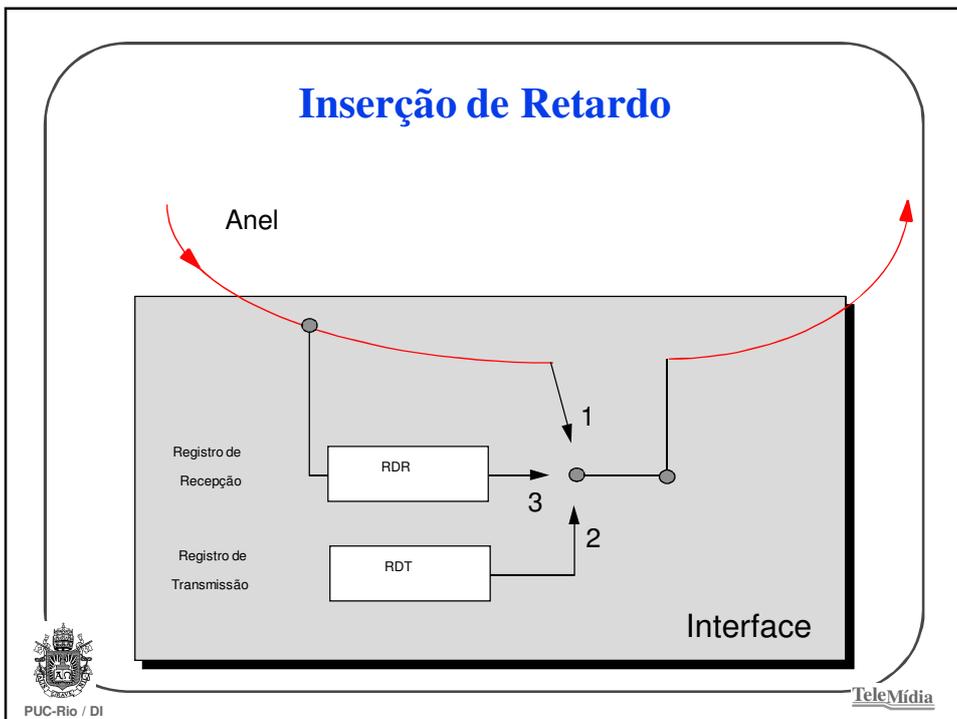
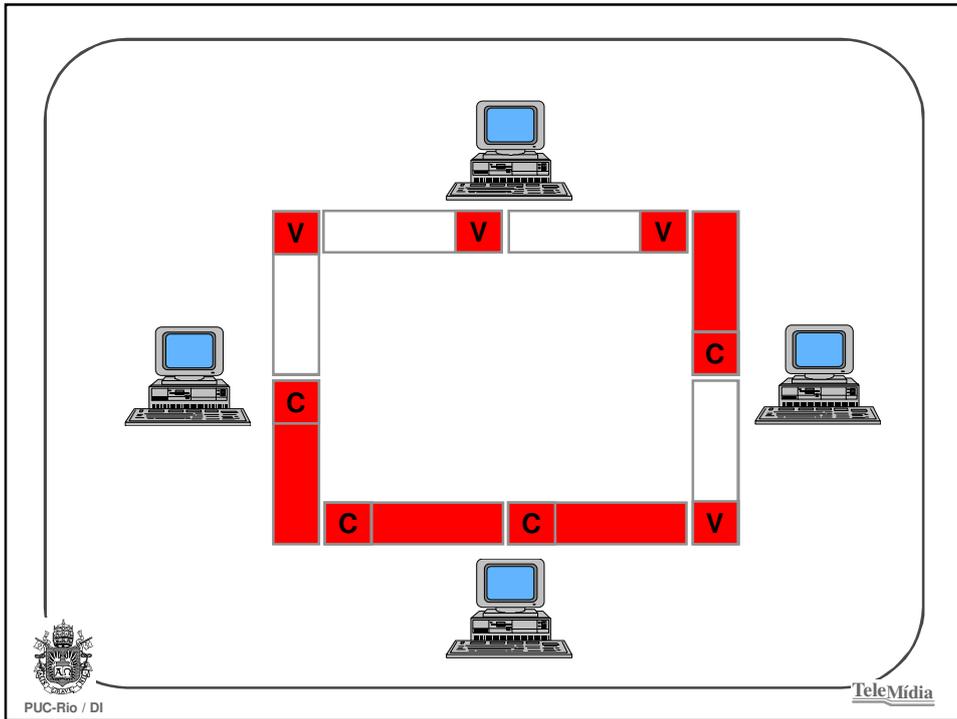
PUC-Rio / DI

TeleMídia

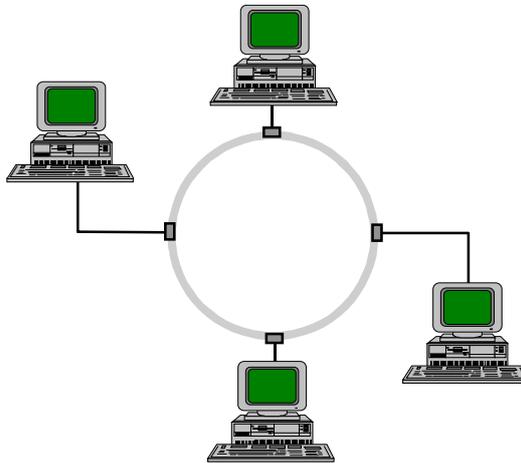


PUC-Rio / DI

TeleMídia



Token Ring



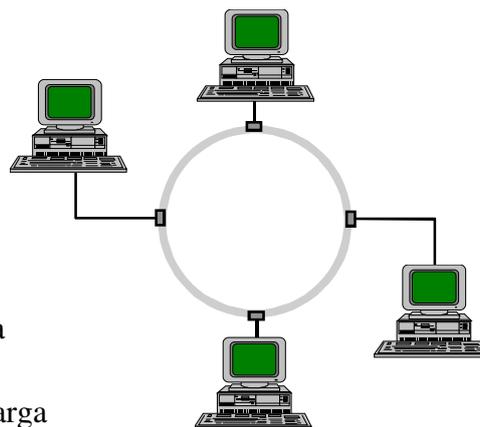
- Single Packet
- Single Token
- Multiple Token



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Token Ring



- Capacidade
- Equidade
- Prioridade
- Retardo de transferência
- Estabilidade em sobrecarga



PUC-Rio / DI

TeleMídia

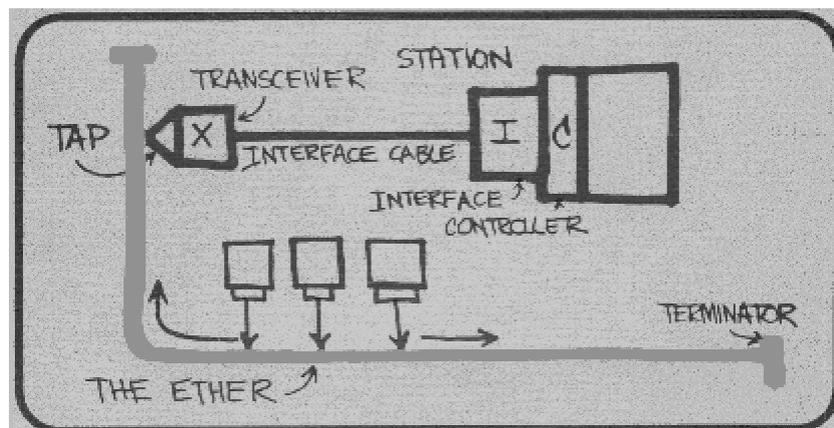
Padrão IEEE 802.3



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Histórico



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Padrão IEEE 802.3

➔ Formato da PDU da Camada MAC

Preâmbulo	SD	Destinatário	Remetente	Comprimento	Dados	PAD	FCS
56 Bits	8 Bits	48 (16) Bits	48 (16) Bits	16 Bits	368 Bits - 12 KBits		32 Bits



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Padrão IEEE 802.3

➔ Semântica do Protocolo da Camada MAC

- CSMA-CD
- Espera Aleatória Exponencial Truncada
 - o número de intervalos da espera varia de 0 a 2^n
 - nas primeiras 10 tentativas n varia de 1 a 10, nas tentativas subsequentes, n continua com o valor 10.
 - depois de 16 tentativas malsucedidas, a interface reporta tempo de acesso infinito.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Padrões do Nível Físico IEEE 802.3

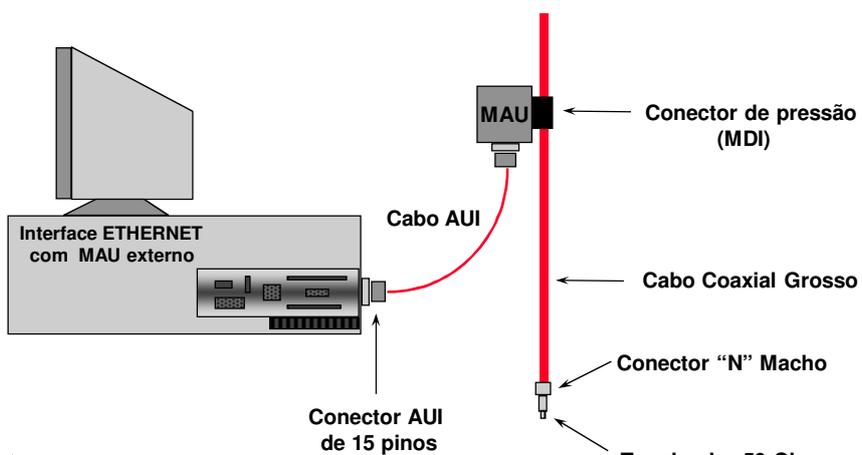
- ➔ 10Base5
- ➔ 10Base2
- ➔ 10BROAD36
- ➔ 10BaseT
- ➔ 10BaseF
- ➔ 100BaseT



PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.3 10Base5

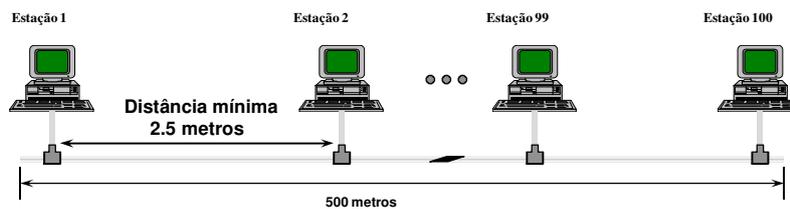


PUC-Rio / DI

TeleMídia

Número Máximo de Estações por Segmento 10Base5

100 estações por segmento



PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.3 10Base5

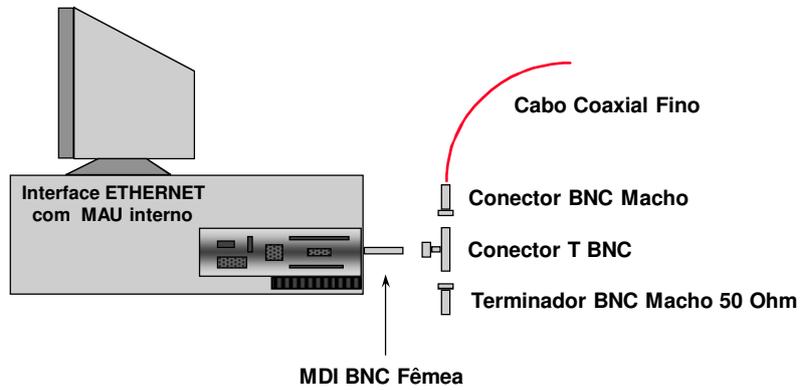
- Taxa de transmissão: 10 Mbps
- Transmissão: Banda Básica (Baseband)
- Codificação: Manchester
- Cabeamento: Coaxial Grosso 50 Ohms (Thick Coax)
- Topologia física em Barramento



PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.3 10Base2

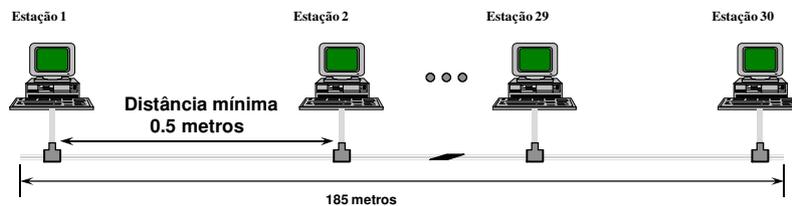


PUC-Rio / DI

TeleMídia

Número Máximo de Estações por Segmento 10Base2

30 estações por segmento



PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.3 10Base2

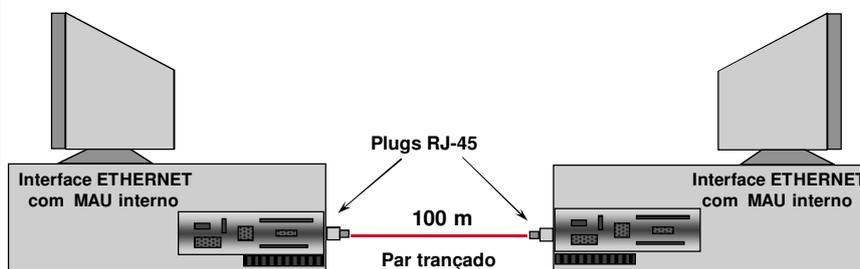
- Também conhecido como Thin-Ethernet ou Cheapernet
- Taxa de transmissão: 10 Mbps
- Transmissão: Banda Básica (Baseband)
- Codificação: Manchester
- Cabeamento: Coaxial Fino 50 Ohm
- Topologia física em Barramento



PUC-Rio / DI

TeleMídia

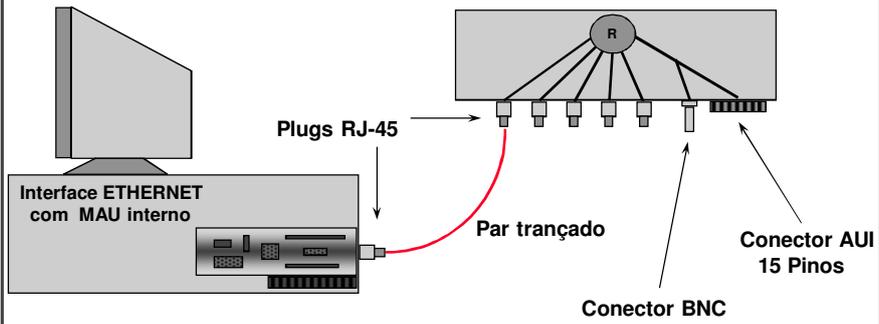
IEEE 802.3 10BaseT



PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.3 10BaseT

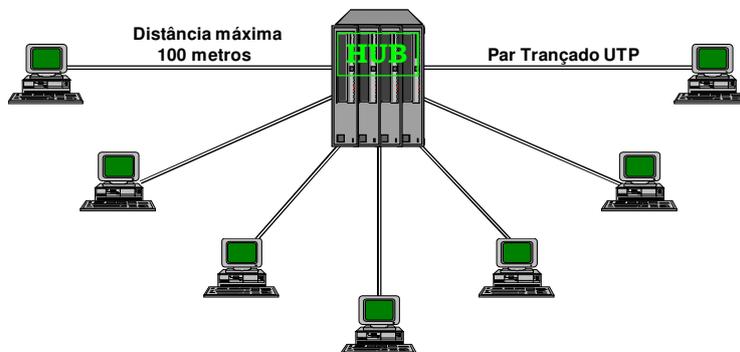


PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.3 10BaseT

100 estações por Hub



PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.3 10BaseT

- Taxa de transmissão: 10 Mbps
- Transmissão: Banda Básica (Baseband)
- Codificação: Manchester
- Cabeamento: Par Trançado
- Topologia física em Barramento-Estrela

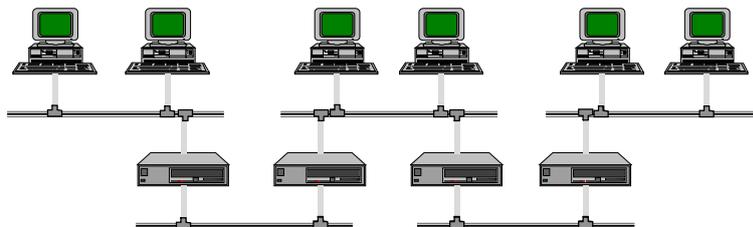


PUC-Rio / DI

TeleMídia

Regra 5-4-3

- 5 Segmentos
- 4 Repetidores
- 3 Segmentos Povoados



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Fast Ethernet



PUC-Rio / DI

TeleMídia

100BASE-T (Fast Ethernet) IEEE 802.3u

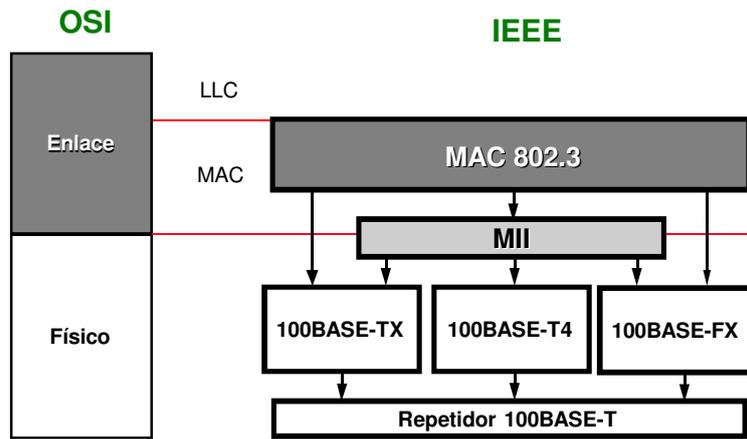
- Estações ligadas em estrela a um *hub* central
- Sub-camada MAC do IEEE 802.3
- Opções de nível físico:
 - 100BASE-TX: 2 pares UTP Categoria 5 ou 2 pares STP
 - 100BASE -T4: 4 pares UTP Categoria 3, 4 ou 5
 - 100BASE-FX: 2 fibras óticas multimodo degrau 62,5/125 μ
- Hubs com portas operando a 10 e 100 Mbps
- Ligações das estações ao meio feita pela interface MII



PUC-Rio / DI

TeleMídia

100BASE-T (Fast Ethernet) IEEE 802.3u



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Switched Ethernet



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Switches

- ➔ Comutação feita por software: memória compartilhada  store-and forward switch (buffered switch).
 - FCS verificado antes da transferência
- ➔ Comutação feita por hardware: estabelecimento de circuito entre porta de origem e destino durante a transmissão de um quadro  cut-through switch
 - Latência pequena



Gigabit Ethernet



Histórico - Gigabit Ethernet

- Novembro de 1995: Formação do grupo de estudo sobre redes de alta velocidade
- Julho de 1996: Criação da força tarefa IEE 802.3z - Gigabit Ethernet
- Início de 1997: Primeiro draft
- Junho de 1998: Versão final do padrão



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Gigabit Ethernet

- Permitir a operação half- e full-duplex a taxas de 1000 Mbps (atualmente a 10Gbps)
- Usar o formato do pacote Ethernet 802.3
- Usar o método de acesso CSMA/CD com suporte para um repetidor por segmento
- Ser compatível com as tecnologias 10BASE-T e 100BASE-T



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Interfaces Físicas

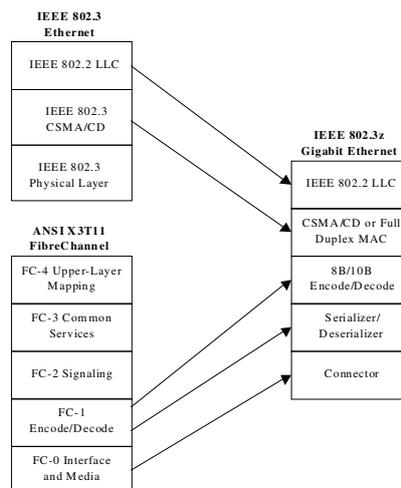
- ➔ 1000BASE-SX (fibra ótica multimodo)
- ➔ 1000BASE-LX (fibras óticas monomodo e multimodo)
- ➔ 1000BASE-CX (cabo de cobre blindado e balanceado)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Ethernet e FibreChannel no IEEE802.3z



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Modos de Operação

- ▶ Assim como o Fast Ethernet, GbE opera nos modos half- e full-duplex.
- ▶ Operando no modo half-duplex, o GbE conserva o método de controle de acesso do padrão Ethernet, CSMA/CD.
- ▶ A maioria dos comutadores capacita ao usuário selecionar o modo de operação de cada porta, permitindo-o migrar aos poucos conexões compartilhadas half-duplex para conexões ponto-a-ponto full-duplex.
- ▶ No modo full-duplex, os pacotes viajam em ambas as direções simultaneamente sobre dois caminhos numa mesma conexão, com uma banda passante agregada igual ao dobro da banda da conexão half-duplex, ou seja, 2 Gbps (20Gbps).
- ▶ A GbE apresentam dois tipos de topologia: chaveada e compartilhada.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

A Camada PMA

- ▶ A subcamada PMA (*physical media attachment*) do GbE é idêntica à FC1 do FibreChannel, que descreve a sincronização e a serialização/deserialização dos dados.
- ▶ A serialização fornece o suporte a múltiplos esquemas de codificação, apropriada para cada tipo de mídia.
- ▶ A PMA é também responsável por recuperar o sinal de relógio a partir dos dados codificados, utilizando um circuito *Phased Lock Loop*.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

A Camada PCS

- A subcamada PCS (*Physical Coding Sublayer*) é responsável pelo esquema múltiplo de codificação do protocolo de transmissão, incluindo caracteres especiais e controle de erro.
- Esta subcamada gerencia também o processo de negociação realizado pelo NIC com a rede para determinar a velocidade da rede (10, 100 ou 1000 Mbps) e o modo de operação (half- ou full-duplex).
- O esquema de codificação do GbE é o mesmo 8B/10B especificado na camada FC1
 - O mecanismo é bastante similar à codificação 4B/5B usada na FDDI, a não ser pelo balanceamento DC. A codificação 4B/5B foi rejeitada pelo FibreChannel devido à falta de balanceamento DC, que pode provocar um aquecimento dos lasers dependendo dos dados enviados, se transmitir mais 1's do que 0's.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

GMII

- A GMII (*Gigabit Media Independent Interface*):
 - Manipula dados não codificados através de caminhos independentes de transmissão e recepção de 8-bits, operando a 125 MHz. Suporta, portanto, as operações half e full-duplex.
 - Transmite sinais de relógio, de presença de portadora e de ausência de colisão.
- A GMII garante compatibilidade reversa, dando suporte às três velocidades das implementações anteriores do Ethernet.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Enlace: CSMA/CD

- Ethernet: 10 Mbps e 64 bytes de tamanho mínimo de pacote, estações distantes até 2 Km podem detectar colisões.
- Fast Ethernet: a taxa de transmissão é dez vezes mais rápida e o formato dos pacotes permaneceu inalterado, distância caiu para 200 m.
- Para evitar que o mesmo ocorresse com o Gigabit Ethernet (uma distância máxima de 20 m seria impraticável), o comitê 802.3z redefiniu a subcamada MAC para manter os mesmos 200 m.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Enlace: CSMA/CD

- Consiste basicamente em aumentar o *slot size* de 64 para 512 bytes.
- Quando transmitidos, os pacotes menores que 512 bytes são seguidos por um sinal especial enviado pela subcamada MAC, enquanto a estação continuar monitorando a ocorrência de colisões. A adição de bits extras ao pacote completa o comprimento mínimo do *slot size*. Pacotes maiores que 512 bytes não são estendidos.
- O *slot time* do GbE deveria ser 640 bytes (tempo gasto pelo Fast Ethernet para transmitir 64 bytes a 100 Mbps), mas, o 802.3z decidiu que 640 bytes seria muito ineficiente, e determinou o valor de 512 bytes. Para isso, foram tomadas outras medidas: o número de repetidores por segmento caiu para 1 e a margem de segurança das especificações foi praticamente eliminada.

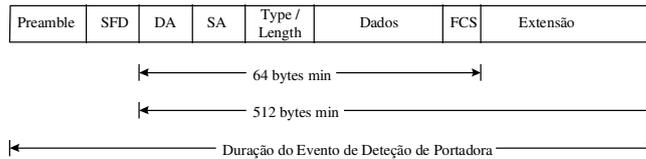


PUC-Rio / DI

TeleMídia

Pacote GbE

- ➔ Note que o tamanho mínimo de 64 bytes do pacote não foi alterado.



SFD: Delimitador de Início de Pacote
DA: Endereço de Destino
SA: Endereço de Origem
FCS: Sequência de Verificação do Pacote



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Enlace GbE

- ➔ No pior caso, se o tráfego da rede consistisse apenas de pacotes de 64 bytes, a vazão efetiva do GbE seria de 120 Mbps.
- ➔ Em condições normais, a média da distribuição do tamanho dos pacotes Ethernet de uma rede varia em torno de 200 a 500 bytes, o que equivaleria a uma vazão de 300 a 400 Mbps.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Enlace GbE

- ➔ Para minimizar os efeitos da extensão de portadora no desempenho da rede foi incorporado a rajada de pacotes (*frame bursting*) no algoritmo do CSMA/CD: uma estação pode transmitir vários pacotes pequenos seguidos sem interrupção, agrupando-os no máximo até 1500 bytes.
- ➔ É importante salientar que estes ajustes no CSMA/CD, como a extensão de portadora e a rajada de pacotes, apenas são necessários quando o Gigabit Ethernet opera no modo half-duplex, que consta do padrão apenas para manter compatibilidade.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Enlace GbE

- ➔ O modo de transmissão full-duplex elimina a necessidade de protocolos de controle de acesso, pois as estações enviam e recebem dados por pares de fios distintos.
- ➔ Geralmente é utilizado apenas nas configurações ponto-a-ponto, e as implementações precisam estar de acordo com as especificações ratificadas pelo grupo 802.3x em Março de 1997.
- ➔ A transmissão full-duplex permite que a banda passante da rede possa ser facilmente duplicada com custos relativamente baixos.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Padrão IEEE 802.4



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Semântica do Protocolo da Camada MAC 802.4

➡ Passagem de Permissão em Barra



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Formato dos Quadros IEEE 802.4

a) Informação

Preâmbulo	SD	FC	DA	SA	Dados	FCS	ED
1 octeto	1 octeto	1 octeto	2 ou 6 octetos	2 ou 6 octetos		4 octetos	1 octeto

b) Aborto

SD	ED
----	----



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Canais de Frequência "Broadband" IEEE 802

Canal de Retorno	Limite da faixa de frequência (MHz)	Canal de Transmissão	Limite da faixa de frequência (MHz)
T 7	5,75	H	162
T 8	11,75	I	168
T 9	17,75	7	174
T 10	23,75	J	216
T 11	29,75	K	222
T 12	35,75	L	228
T 13	41,75	M	234
T 14	47,75	N	240
2'	53,75	O	246
3'	59,75	P	252
4'	65,75	Q	258
4A'	71,75	R	264
5'	77,75	S	270
6'	83,75	T	276
FM1'	89,75	U	282
FM2'	95,75	V	288
FM3'	101,75	W	294



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Padrão IEEE 802.5



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Sintaxe do Protocolo da Camada MAC 802.5

Formato Geral



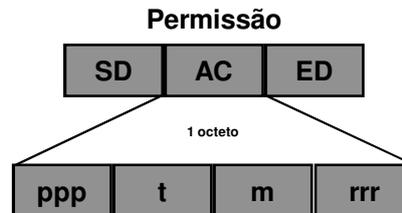
- SD - Delimitador de Início de Quadro (*Start Delimiter*)
- AC - Controle de Acesso (*Access Control*)
- FC - Controle de Quadro (*Frame Control*)
- DA - Endereço do Destinatário (*Destination Address*)
- SA - Endereço do Remetente (*Source Address*)
- FCS - Controle de Erros (*Frame Check Sequence*)
- ED - Delimitador de Fim de Quadro (*End Delimiter*)
- FS - Status do Quadro (*Frame Status*)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Sintaxe do Protocolo da Camada MAC 802.5



- **ppp** prioridade corrente
- **t** permissão (0 - livre)
- **m** monitor
- **rrr** reserva de prioridade



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Semântica do Protocolo da Camada MAC 802.5

➡ Passagem de Permissão em Anel

- Sem prioridade
- Com prioridade



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Padrões do Nível Físico IEEE 802.5

- **Taxa de transmissão: 4 Mbps**
- **Transmissão: Banda Básica (Baseband)**
- **Codificação: Manchester Diferencial**
- **Número máximo de repetidores: 250**
- **Cabeamento:**
 - **Par Trançado (STP ou UTP) 150 Ohms**
- **Topologia física : Anel-Estrela**



PUC-Rio / DI

TeleMídia

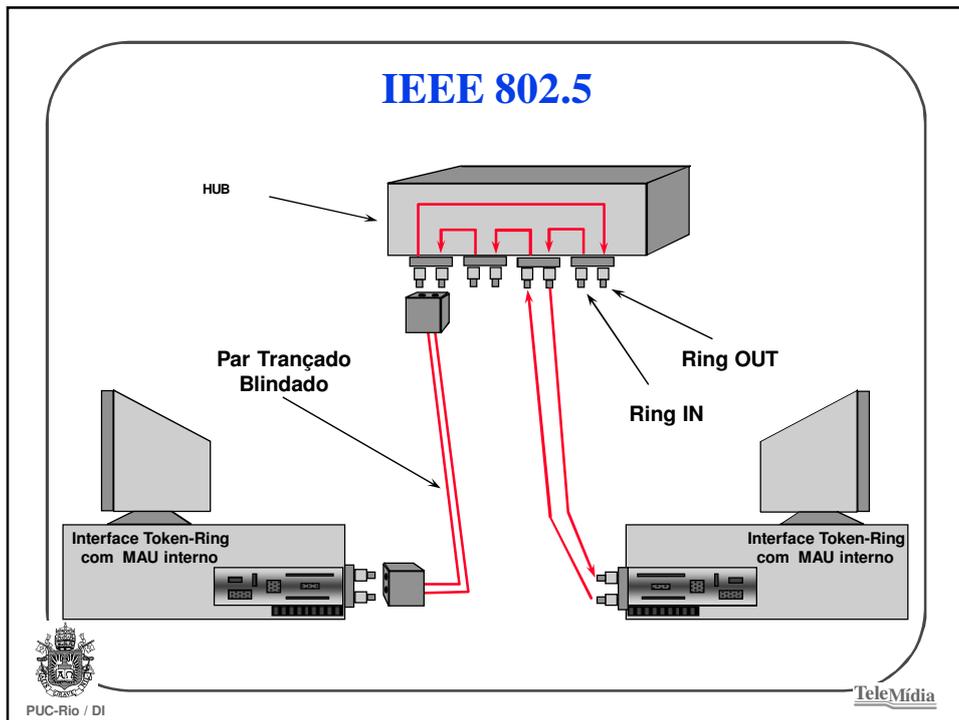
Padrões do Nível Físico IEEE 802.5

- **Taxa de transmissão: 16 Mbps**
- **Transmissão: Banda Básica (Baseband)**
- **Codificação: Manchester Diferencial**
- **Número máximo de repetidores: 250**
- **Cabeamento:**
 - **Par Trançado STP 150 Ohms**
 - **Par Trançado UTP 100 Ohms (em estudo)**
- **Topologia física : Anel-Estrela**



PUC-Rio / DI

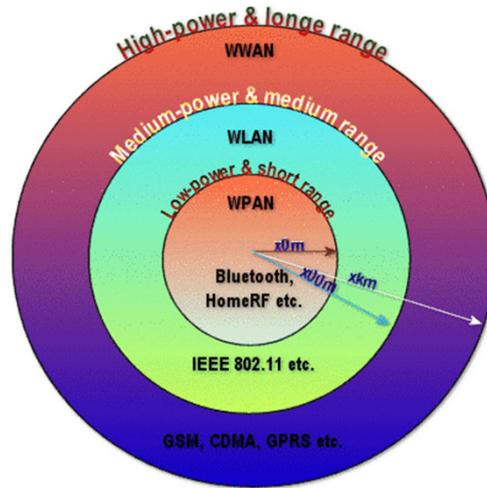
TeleMídia



Padrão IEEE 802.11

The diagram consists of a large blue rectangular box with a 3D effect, containing the text **Padrão IEEE 802.11** in white, bold, serif font. The box is centered within a rounded rectangle. In the bottom left corner is the PUC-Rio / DI logo, and in the bottom right corner is the TeleMídia logo.

Redes Móveis



PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.11 - Introdução

► Motivação

- Substituir cabeamento físico por conexões sem fio
 - Prédios históricos
 - Infraestruturas complexas
 - Reduzir custos de instalação e manutenção
- Dar suporte a usuário que tendem a trocar de localização física com frequência

► Grupo de trabalho iniciado em 1990 para criar um padrão para WLAN

- 2.4 GHz ISM (*Industrial, Scientific, and Medical*)
- 7 anos depois → 802.11 operando 1 a 2 Mbps



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Padrões IEEE 802.11

- ▶ **802.11** – Taxas de 1 ou 2 Mb/s na banda de 2.4GHz, utiliza tanto *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS) como *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS).
- ▶ **802.11a** – Taxas de 54Mb/s na banda de 5GHz, utiliza *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) ao invés do FHSS ou DSSS.
- ▶ **802.11b** – Taxas de 5,5 ou 11 Mb/s (também pode operar em 1 ou 2 Mb/s) na banda de 2.4GHz, utilizando apenas DSSS.
- ▶ **802.11g** – Taxas de 20+ Mb/s na banda de 2.4GHz.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

WLAN Com Infra-estrutura

- ▶ A transferência de dados acontece sempre entre uma **Estação Móvel (EM)** e um **Ponto de Acesso (AP)**.
- ▶ O AP também pode servir como ponte entre a rede móvel e a fixa.
- ▶ Topologia em estrela. O AP controla o fluxo de toda a rede.
- ▶ Pode usar esquemas de acesso com ou sem colisão.
- ▶ Perde confiabilidade, pois o funcionamento da rede depende do AP.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

WLAN Sem Infra-estrutura (ad hoc)

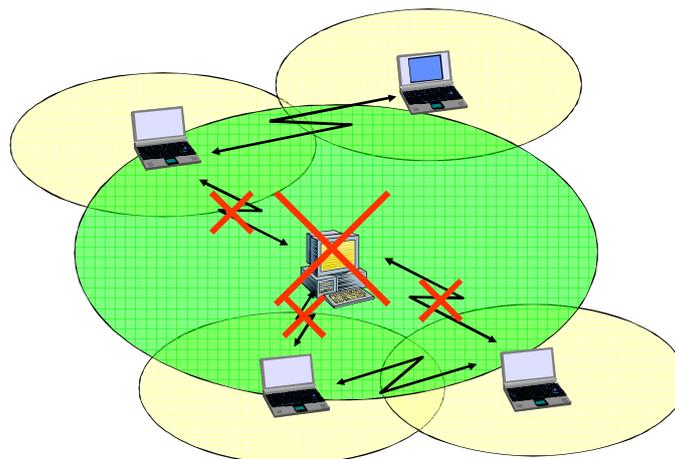
- ▶ A transferência de dados acontece diretamente entre as EM's.
- ▶ Uma estação A só pode se comunicar com uma estação B se B estiver dentro do raio de ação de A ou se existir uma ou mais estações entre A e B que possam encaminhar a mensagem.
- ▶ As EM são mais complexas pois devem implementar mecanismos de acesso ao meio, mecanismos para controlar problemas de "estações escondidas" e mecanismos para prover alguma qualidade de serviço



PUC-Rio / DI

TeleMídia

WLAN Sem Infra-estrutura (ad hoc)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.11 – Camada Física

► Definiu originalmente duas técnicas de transmissão por rádio, na banda 2,4GHz, e uma por infravermelho para as taxas de 1 e 2 Mb/s:

- *Infrared PHY*: Fomece operação a 1Mb/s, com 2Mb/s opcional. A versão de 1Mb/s usa modulação 16-PPM (*Pulse Position Modulation* com 16 posições), e a versão de 2Mb/s utiliza modulação 4-PPM.
- *Direct Sequence Spread Spectrum Radio PHY (DSSS)*: Provê operação em ambas as velocidades (1 e 2 Mb/s). A versão de 1Mb/s utiliza a modulação DBPSK (*Differential Binary Phase Shift Keying*), enquanto que a de 2Mb/s usa modulação DQPSK (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*).
- *Frequency Hopping Spread Spectrum Radio PHY (FHSS)*: Fomece operação 1 Mb/s, com 2 Mb/s opcional. A versão de 1Mb/s utiliza 2 níveis da modulação GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*), e a de 2Mb/s utiliza 4 níveis da mesma modulação, com chaveamento de frequência entre 79 canais de 1MHz com objetivo de restringir acesso aos dados.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.11 – Camada Física

	Rádio	Infravermelho
Frequências	2,4 GHz	3×10^{14} Hz
Cobertura máxima	30 – 240m ou 15km	10 a 30m
Requer visada direta?	Não	Sim
Requer licença?	Não	Não



PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.11 – Media Access Control

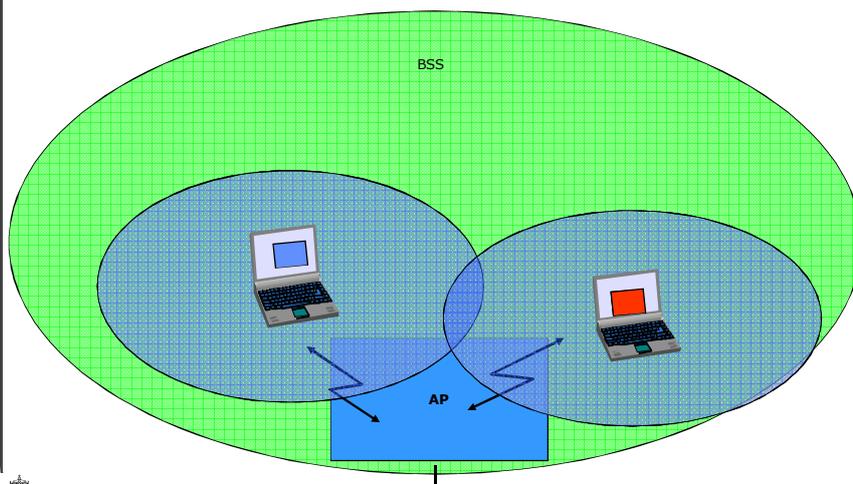
- ▶ A Camada MAC é única para WLANs, porém muito similar a MAC do 802.3
 - É projetada para suportar múltiplos usuários em um meio compartilhado.
 - O transmissor escuta o meio, para verificar que está livre, antes de transmitir.
 - Não é possível detectar colisão, pois sistemas rádio não podem transmitir e escutar o meio ao mesmo tempo.
- ▶ A Camada MAC usa então o protocolo CSMA/CA – *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

IEEE 802.11 – CSMA/CA



PUC-Rio / DI

TeleMídia

MAC – Problema de nós escondidos

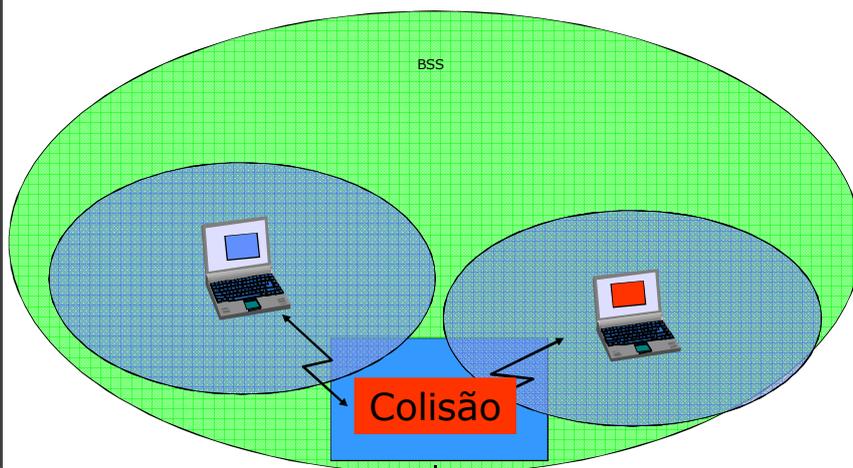
- ➔ EM podem escutar AP, mas EMs não se escutam.
- ➔ Gera colisão, pois mais de um móvel transmite ao mesmo tempo.
- ➔ Como as EMs que transmitiram não receberam os ACKs dos pacotes que colidiram, elas assumem que aconteceu uma colisão, esperam um tempo aleatório e retransmitem.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

MAC – Problema de nós escondidos



PUC-Rio / DI

TeleMídia

MAC – Solução para o problema de nós escondidos

- O 802.11 especifica então (como opcional) *Request to Send/Clear to Send (RTS/CTS)*.
- O transmissor envia um RTS e espera o AP responder com um CTS.
- Como os pacotes RTS/CTS ocupam a rede, geralmente só é utilizado para a transmissão de pacotes grandes, onde a retransmissão é crítica.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Outras características da Camada MAC

- Adiciona o CRC *Checksum*, para verificar se os dados transmitidos estão corretos.
- Faz *Packet Fragmentation*, que divide pacotes grandes em pacotes menores, melhorando o funcionamento quando a rede está congestionada.
- Faz associação a APs
- Define métodos para limitar a latência, permitindo aplicações de voz e vídeo
- Faz o controle de potência, visando economizar as baterias
- Define técnicas para aumentar a segurança



PUC-Rio / DI

TeleMídia

MAC – Associações a APs Arquitetura Celular

- ▶ A camada MAC é responsável por associar uma EM a um AP. A EM escolhe o AP baseando-se em taxa de pacotes errados e potência do sinal.
- ▶ Após ser associada a um AP a EM sintoniza o canal usado por este AP e periodicamente verifica todos os outros canais em busca de um AP melhor. Se encontrar um AP melhor a EM sintoniza o canal deste novo AP.
- ▶ Geralmente dentro de um prédio existem muitos APs, logo será necessário fazer o reuso de frequência tomando cuidado para não colocar APs com mesmo canal juntos.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

MAC – Métodos para Limitar a Latência

- ▶ A camada MAC define dois protocolos de acesso:
 - *Point Coordination Function* (PCF)
 - *Distributed Coordination Function* (DCF)
- ▶ Quando o sistema está operando em modo PCF cada EM transmite na sua vez (similar ao *token ring*), limitando assim a latência.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

MAC – Gerenciamento de Energia

- ➔ A camada MAC define dois modos de operação:
- *Continuous Aware Mode* – Neste modo o rádio fica sempre ligado.
 - *Power Save Polling Mode* – Modo de economia de energia



PUC-Rio / DI

TeleMídia

MAC – Segurança

- ➔ A camada MAC fornece mecanismos para aumentar a segurança:
- *Wired Equivalent Privacy (WEP)* – Tem o objetivo de fornecer um nível de segurança equivalente ao das LANs cabeadas.
 - Fornece mecanismos de criptografia.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Camada de Enlace



- Delimitação e transmissão de quadros
- Detecção de erros
- Controle de Acesso
- Correção de erros que por ventura ocorram no nível físico (opcional)
- Controle de fluxo (opcional)
- Multiplexação (opcional)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- Dada uma rede em anel com inserção de retardo, com N estações, tamanho de pacote máximo igual a M bits, taxa de transmissão igual a T bps, distância entre estações de igual comprimento L metros, e velocidade de propagação no meio igual a V metros/segundo.
 - Qual o tempo de espera máximo para se poder iniciar uma transmissão?
 - Qual o tempo máximo que um pacote chega inteiramente ao destino, desde o momento que foi iniciada sua transmissão?
 - Qual o tempo de transferência máximo da rede?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- ➔ Dada uma rede em anel token-ring single packet, com N estações, tamanho de pacote máximo igual a M bits, taxa de transmissão igual a T bps, distância entre estações de igual comprimento L metros, e velocidade de propagação no meio igual a V metros/segundo.
- Qual o tempo de espera máximo para se poder iniciar uma transmissão?
 - Qual o tempo máximo que um pacote chega inteiramente ao destino, desde o momento que foi iniciada sua transmissão?
 - Qual o tempo de transferência máximo da rede?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- ➔ Dada uma rede em anel token-ring single token, com N estações, tamanho de pacote máximo igual a M bits, taxa de transmissão igual a T bps, distância entre estações de igual comprimento L metros, e velocidade de propagação no meio igual a V metros/segundo.
- Qual o tempo de espera máximo para se poder iniciar uma transmissão?
 - Qual o tempo máximo que um pacote chega inteiramente ao destino, desde o momento que foi iniciada sua transmissão?
 - Qual o tempo de transferência máximo da rede?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- ➔ Dada uma rede em anel token-ring multiple token, com N estações, tamanho de pacote máximo igual a M bits, taxa de transmissão igual a T bps, distância entre estações de igual comprimento L metros, e velocidade de propagação no meio igual a V metros/segundo.
- Qual o tempo de espera máximo para se poder iniciar uma transmissão?
 - Qual o tempo máximo que um pacote chega inteiramente ao destino, desde o momento que foi iniciada sua transmissão?
 - Qual o tempo de transferência máximo da rede?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- ➔ Suponha uma rede em anel com protocolo "token ring - single token". Sabendo que:

- 1) A rede possui um perímetro de 10Km.
- 2) A rede possui 100 estações que podem ser inseridas em qualquer posição do anel.
- 3) A taxa de transmissão na rede é de 100Mbps.
- 4) O retardo máximo de transferência permitido pelas aplicações é de 5,07 mseg
- 5) A velocidade de propagação da luz no meio de transmissão é de 200.000 Km/s

Calcule:

- 1) O tamanho máximo do pacote em bytes
- 2) O tempo de acesso máximo da rede
- 3) O tempo de transmissão máximo

Dica: Não deixe de levar em consideração a latência do anel (**faça o cálculo para os dois casos possíveis e veja qual não leva ao absurdo – o cálculo dos dois casos será exigido na correção da questão**). Você pode desprezar o retardo introduzido por uma estação no anel ao repetir um pacote.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- Explique o algoritmo de espera aleatória binária truncada.
- Quais os cuidados que se deve ter ao se fazer uma ligação multiponto? Por que casar o final da barra? Por que a ligação com o meio tem de ter alta impedância? Por que deve ser respeitada uma distância entre estações? Por que os terras têm de ser isolados? Como isso pode ser feito?
- Quais os cuidados a serem tomados em uma ligação ponto-a-ponto?
- Por que o tamanho mínimo do pacote Ethernet não teve de ser diminuído na Fast-Ethernet? Por que teve de ser diminuído na Gigabit-Ethernet? Quais outros cuidados tiveram de ser tomados nesta diminuição? Por que esses cuidados só são necessários na GbE no modo half-duplex?
- Em uma rede IEEE-805, o que é o bit da monitora? Qual o tempo que uma rede deve esperar para entrar no modo “claim-token”?



PUC-Rio / DI

TeleMídia

Perguntas

- O que é uma rede infra-estruturada e uma rede ad-hoc?
- Como uma estação base escolhe sua estação radio-base?
- Como funciona o protocolo CSMA-CA?
- O que o padrão IEEE-802.11 introduz para reduzir o problema de estações escondidas?



PUC-Rio / DI

TeleMídia