

# Capítulo 6: Camada de Enlace e Equipamentos de Conectividade

**Ricardo Couto Antunes da Rocha**  
**rcarocho@inf.ufg.br**

# Nível de Enlace

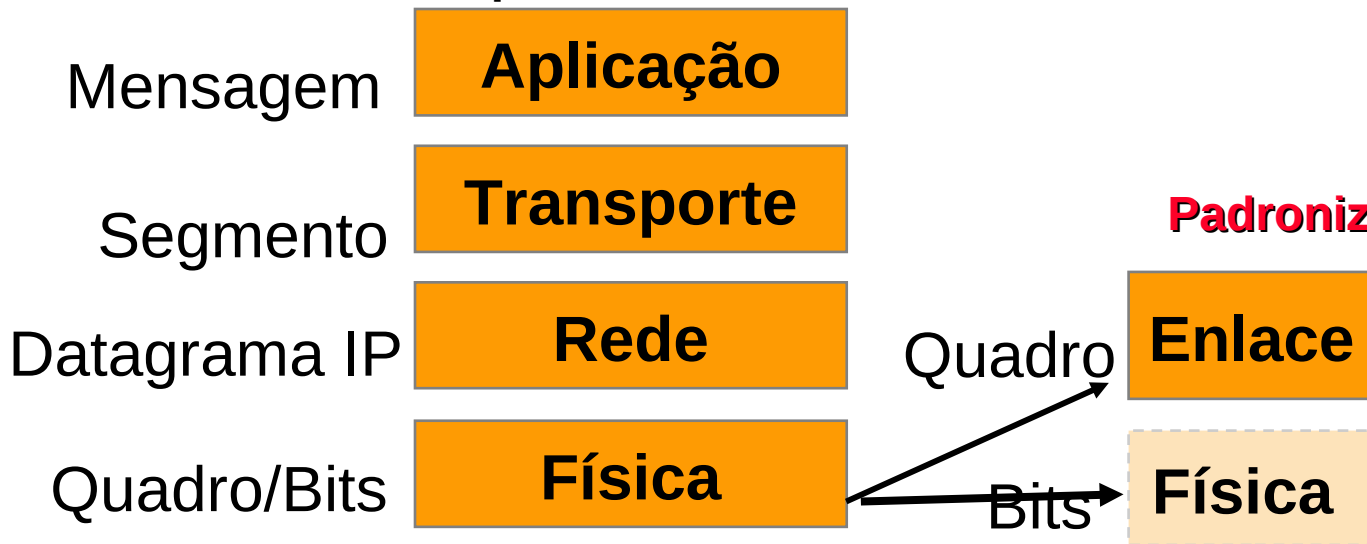
## ■ Nível Físico

- ◆ transporta bits;

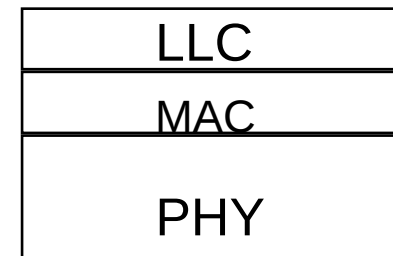
## ■ Nível de Enlace

- ◆ gerencia a transmissão, transporta quadros de bits, detecta e opcionalmente corrige os erros de transmissão
  - a cadeia de bits enviada ao nível de enlace é organizada em conjuntos de bits denominados quadros;

### Arquitetura TCP/IP



### Padronizado pelo IEEE 802



# Nível de Enlace

## ■ Funções:

- ◆ delimitação de quadros
- ◆ controle de erros
- ◆ controle de fluxo (sincronização)
- ◆ controle de acesso ao meio → **discutido neste capítulo**

# Roteiro

- **Nível de Enlace e Padrão IEEE 802**
- **Subcamada MAC**
- **Protocolos de Acesso ao Meio**
  - ◆ Métodos de Acesso por Contenção
  - ◆ CSMA
  - ◆ CSMA/CD
  - ◆ Protocolos para IEEE 802.3
  - ◆ Métodos de Acesso Ordenado

# Roteiro

- **Nível de Enlace e Padrão IEEE 802**

- **Subcamada MAC**

- **Protocolos de Acesso ao Meio**

- ◆ Métodos de Acesso por Contenção

- ◆ CSMA

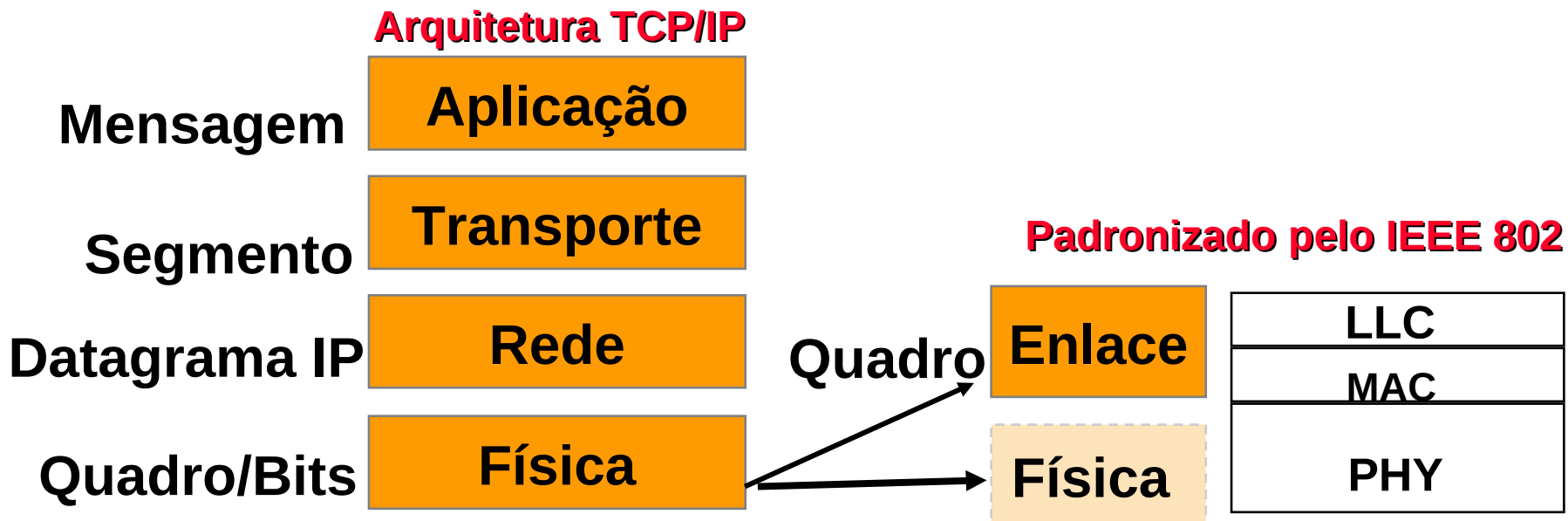
- ◆ CSMA/CD

- ◆ Protocolos para IEEE 802.3

- ◆ Métodos de Acesso Ordenado

# Nível de Enlace e Protocolos de Acesso ao Meio

- Revisão das principais características do nível de Enlace;
- Protocolos de acesso ao meio utilizados em LANs e MANs;



# Nível de Enlace - IEEE 802

## para LANs e MANs

- Padrão IEEE 802 para LANs e MANs
  - ◆ O IEEE desenvolveu uma série de protocolos para redes locais conhecidos pela série 802. Estes padrões diferem em seus níveis físicos e sub-camada MAC, porém são semelhantes à nível de LLC. Os padrões IEEE 802 foram também adotados pela ANSI e pela ISO (ISO 8802).
  - ◆ A IEEE 802.3 (Ethernet) é um destes padrões sendo a rede Local mais antiga e popular da atualidade. Utiliza o conceito de acesso compartilhado a um meio comum de 10/100/1000 Mbit/s.
  - ◆ 90% das LANs mundiais são do tipo Ethernet.

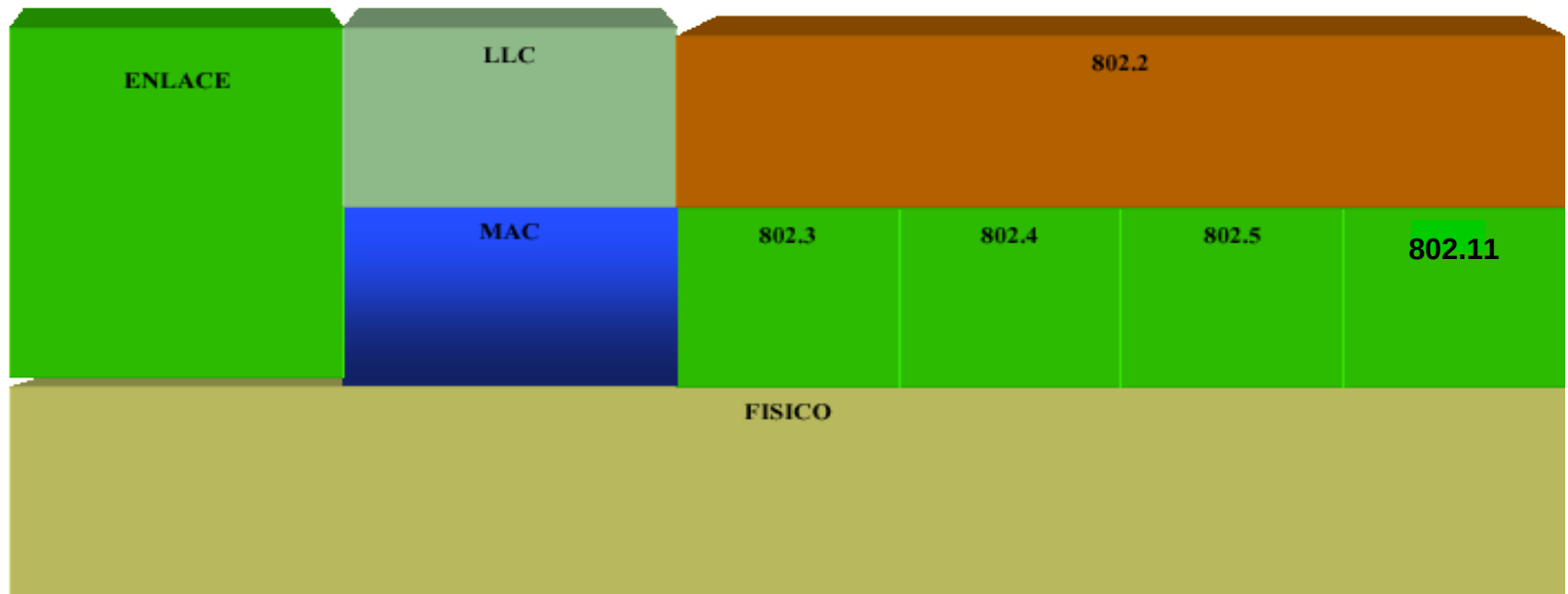
# Nível de Enlace Protocolos

- Protocolo de Enlace para redes locais do IEEE 802.2
  - ◆ O nível de enlace foi dividido em dois sub-níveis:
    - O sub-nível **LLC** que implementa as funções comuns do nível de enlace como controle de erro e fluxo, e
    - O sub-nível **MAC** (*Medium Access Control*), encarregado das funções específicas de acesso ao meio para cada tipo de tecnologia de rede local padronizada.



# Nível de Enlace - IEEE 802

- 802.2 - Define a sub-camada superior do nível de enlace, chamada de *Logical Link Control* (LLC) em redes Ethernet;
- 802.3 - Descreve o protocolo de acesso ao meio CSMA/CD;
- 802.5 - Descreve o protocolo de acesso ao meio Token Ring;
- 802.11 - Descreve o protocolo de acesso ao meio CSMA/CA;



# Roteiro

- **Nível de Enlace e Padrão IEEE 802**

- **Subcamada MAC**

- **Protocolos de Acesso ao Meio**

- ◆ Métodos de Acesso por Contenção

- ◆ CSMA

- ◆ CSMA/CD

- ◆ Protocolos para IEEE 802.3

- ◆ Métodos de Acesso Ordenado

# Nível de Enlace

- Exemplo de protocolo para conversa ordenada em um canal que utiliza broadcast
  1. Dê a todos uma chance de falar
  2. Não fale enquanto não estiver sendo ouvido
  3. Não monopolize a conversa
  4. Levante a mão se tiver alguma pergunta
  5. Não interrompa enquanto alguém estiver falando
  6. Não durma enquanto alguém estiver falando com você

# Nível de Enlace - Subcamada MAC

- Redes que usam canais de broadcast ou de multi-acesso ou acesso aleatório tem o seguinte problema:
  - ◆ Quem pode usar o canal em um determinado instante e por quanto tempo?
  - ◆ Como será a competição pelo canal?
- **Solução Medium Access Control (MAC)**
  - ◆ **Adotada por toda família 802**

# Nível de Enlace – Subcamada MAC

- Problema da alocação dinâmica do canal :
  - ◆ **Colisão:** Se dois ou mais frames são transmitidos simultaneamente eles irão colidir e se tornaram perdidos, isto é chamado de **colisão**.
  - ◆ Todas as estações podem detectar colisões. Os frames perdidos por colisões deverão ser retransmitidos mais tarde.
  - ◆ Em protocolos baseados em contenção não existe ordem pré-estabelecida para o acesso e nada impede que duas ou mais estações possam transmitir ao mesmo tempo gerando uma colisão !

# Nível de Enlace

## Subcamada MAC

- **PROTOCOLOS:** conjunto de regras que governam a comunicação
  - ◆ protocolo de acesso ao meio é um tipo/forma de protocolo
  - ◆ desenvolvidos para uma topologia em particular de rede
  - ◆ controle para permitir o uso do meio físico pelas estações, para o envio de suas mensagens
  - ◆ funções do nível de ligação/enlace do modelo OSI
- Atributos para comparação de protocolos de acesso ao meio:
  - ◆ **capacidade** → vazão máxima (% da vazão teórica)
  - ◆ **justiça**
  - ◆ **prioridade** (para aplicações em tempo real)
  - ◆ **estabilidade** em sobrecarga (contenção = pouca estabilidade)
  - ◆ **tempo de resposta** - retardo de transferência = retardo de acesso + transmissão (determinístico ou não)

# Roteiro

- **Nível de Enlace e Padrão IEEE 802**
- **Subcamada MAC**
- **Protocolos de Acesso ao Meio**
  - ◆ Métodos de Acesso por Contenção
  - ◆ CSMA
  - ◆ CSMA/CD
  - ◆ Protocolos para IEEE 802.3
  - ◆ Métodos de Acesso Ordenado

# Protocolos de Acesso ao Meio

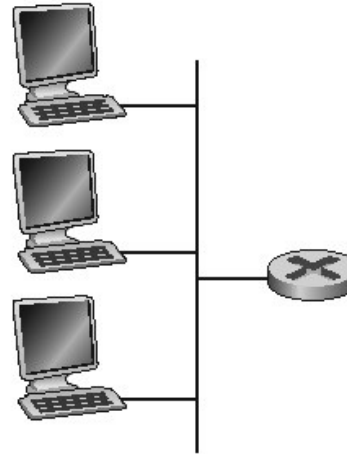
- Objetivo dos protocolos de acesso ao meio: eficiência máxima de utilização do meio
  - ◆ maior desempenho, maior volume de tráfego e conseqüentemente um maior número de estações;
- Atributos para comparação de protocolos:
  - ◆ **Capacidade**: é a vazão máxima que o método de acesso pode tirar do meio. A capacidade é afetada por taxa de transmissão, comprimento da rede, número de nós, tamanho do quadro;
  - ◆ **Justiça**: é desejada para as estações da rede, todas devem ter a mesmo direito de transmitir dados dentro de um mesmo contexto;
  - ◆ **Prioridade**: É uma característica necessária para aplicações que rodam em tempo real;
  - ◆ **Tempo de Resposta**: Retardo de transferência = retardo de acesso + retardo de transmissão;



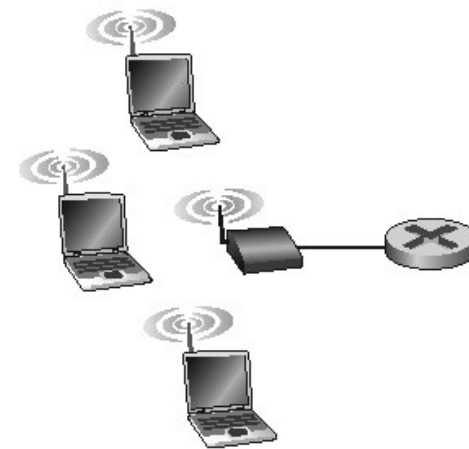
# Protocolos de Acesso ao Meio

- A topologia de comunicação interfere no protocolo de acesso ao meio

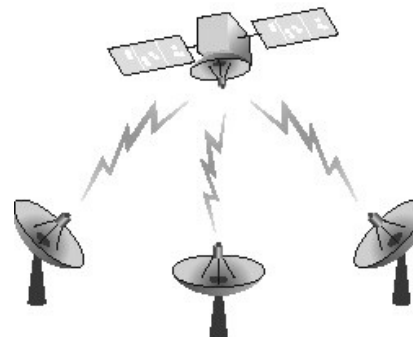
Compartilhado com fio  
(por exemplo, Ethernet)



Compartilhado sem fio  
(por exemplo, Wi-Fi)



Satélite



Coquetel



# Topologias

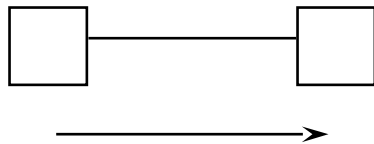
- Topologia de uma rede de comunicação
  - ◆ Forma como os enlaces físicos e os nós de comutação estão organizados, determinando os caminhos físicos existentes e utilizáveis entre quaisquer pares de estações conectadas a essa rede;
- Dependendo do tipo de rede (LAN, MAN ou WAN) existirá uma ou mais topologias adequadas;

# Topologia e Comunicação

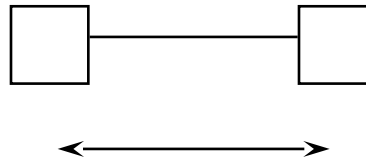
- Formas de utilização do meio físico (formas de comunicação no enlace):
  - ◆ simplex (transmissão em apenas um dos dois possíveis sentidos)
    - Ex.: TV, Radio
  - ◆ half-duplex (transmissão nos dois possíveis sentidos, porém apenas um por vez)
    - Ex.: Direct-TV (pay-per-view)
  - ◆ full-duplex (transmissão nos dois sentidos simultaneamente - 2/4 fios)
    - Ligação telefônica, comunicação entre os computadores (a grande maioria)

# Topologia e Comunicação

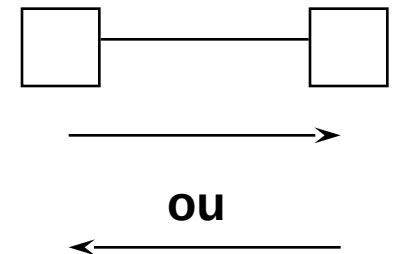
- Formas de utilização do meio físico (formas de comunicação no enlace):



**SIMPLEX**  
(ex: rua de mão única)



**FULL-DUPLEX**  
(ex: estrada de mão-dupla)



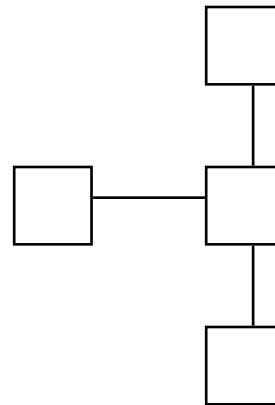
**HALF-DUPLEX**  
(ex: estrada de mão-dupla em obras)

# Topologia e Comunicação

## ■ Ligação física pode ser de dois tipos ►

### ◆ Ligações ponto-a-ponto

- um dispositivo em cada extremidade
- Apenas dois sistemas estão conectados ao enlace físico, um a cada extremidade
- Geralmente utilizadas em WANs



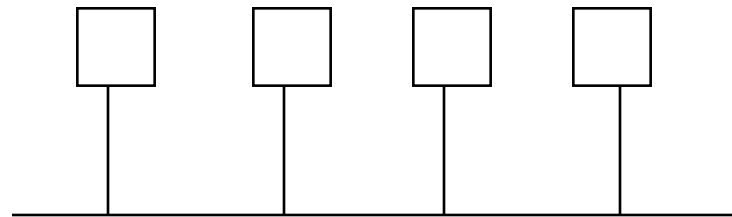
**PONTO-A-PONTO**

# Topologia e Comunicação

## ■ Ligação física pode ser de dois tipos ◀

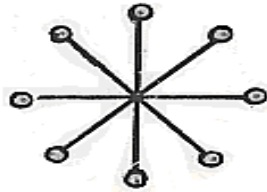
### ◆ Ligações ponto-multiponto

- possibilidade de compartilhamento do meio de comunicação por três ou mais dispositivos;
- Vários sistemas compartilham o mesmo meio de transmissão
- Geralmente utilizadas em LANs e MANs
- Comunicação via broadcast

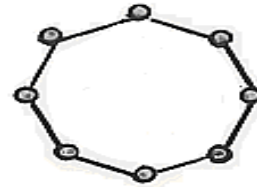


**MULTIPONTO**

# Tipos de Topologias



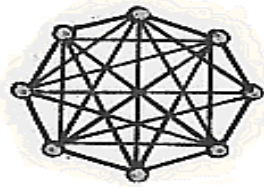
Estrela



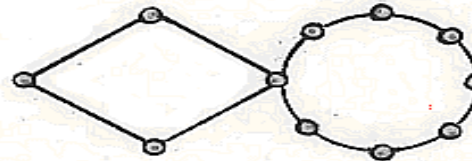
Anel

## □ Ponto-a-ponto

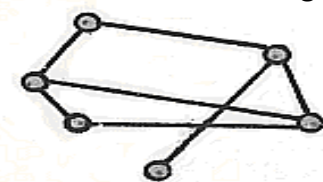
Completa



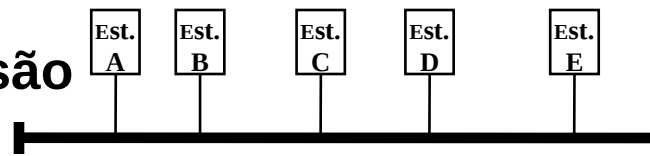
Anéis Intercedentes



Parcialmente Ligada/Top. em grafos

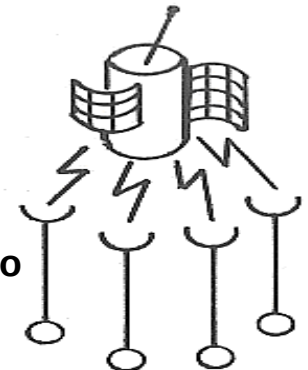


## □ Multi-ponto / Broadcast-Difusão



Barramento

Satélite ou Rádio



# Tipos de Topologias

## ■ Topologia Física

- ◆ disposição física dos dispositivos;

## ■ Topologia Lógica

- ◆ comportamento lógico na comunicação

- Ponto-a-Ponto ou Ponto-Multiponto;

- ◆ **É a que interessa para os protocolos de acesso ao meio!**

- ◆ **Exemplo**: em uma rede local com 5 máquinas ligadas a um hub:

- Topologia **física** → **estrela**

- Topologia **lógica** → **barra** (multi-ponto)



# Protocolos de Acesso ao Meio

Duas categorias de protocolos de acesso:

- **baseados em contenção** (= “competição” ou “disputa” pelo meio de transmissão): há colisões e eventualmente perda de mensagens
  - ◆ não existe uma ordem de acesso;
  - ◆ dois ou mais nós podem transmitir simultaneamente, provocando um conflito nas transmissões (colisão de mensagens com sua conseqüente perda);
  - ◆ muito utilizado em topologia em barra;
  - ◆ estratégia de controle de contenção - habilidade da estação em detectar a ocorrência de uma colisão e retransmitir sua mensagem
- **baseados em métodos ordenados** (não há colisões)
  - ◆ há uma seqüência no acesso ao meio de comunicação, evitando assim a ocorrência de conflitos de mensagens simultâneas

# Roteiro

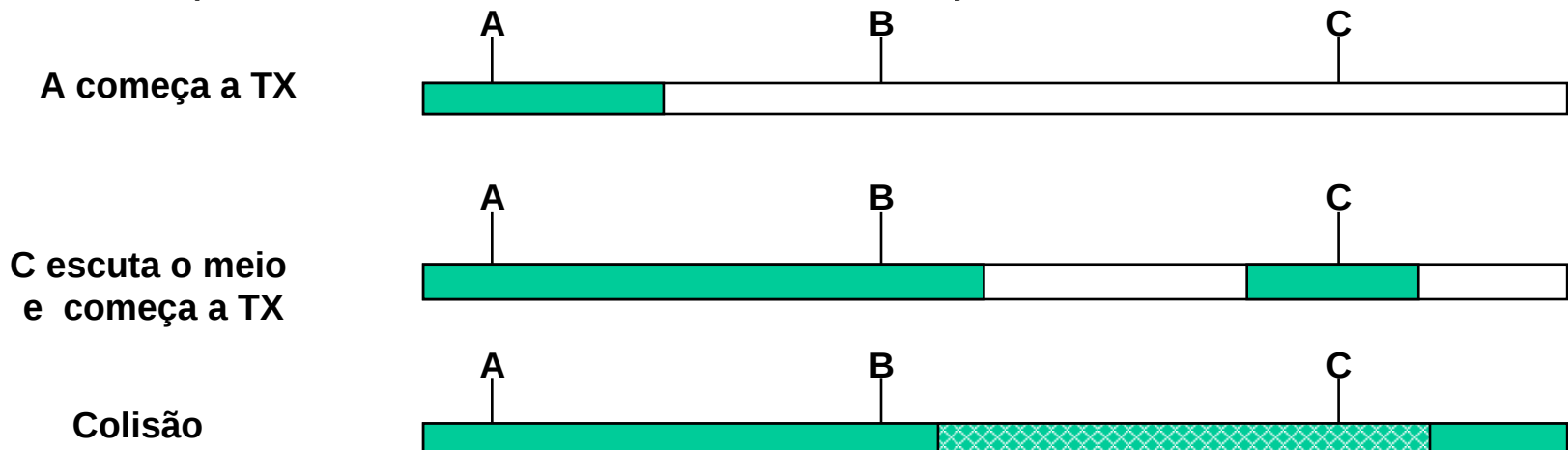
- **Nível de Enlace e Padrão IEEE 802**
- **Subcamada MAC**
- **Protocolos de Acesso ao Meio**
  - ◆ Métodos de Acesso por Contenção
  - ◆ CSMA – persistente e não-persistente
  - ◆ CSMA/CD
  - ◆ Protocolos para IEEE 802.3
  - ◆ Métodos de Acesso Ordenado

# Métodos de Acesso por Contenção

- CSMA (Baseado em contenção)
- Técnicas desenvolvidas para aumentar a eficiência do CSMA
  - ◆ np-CSMA (Desenvolvido para o padrão Ethernet – IEEE 802.3 )
  - ◆ p-CSMA (Desenvolvido para o padrão Ethernet – IEEE 802.3 )
  - ◆ CSMA/CD (Desenvolvido para o padrão Ethernet – IEEE 802.3)
  - ◆ **Ethernet:**
    - Tecnologia inventada por Bob Metcalfe
    - A partir da união entre Xerox, Digital e Intel estabeleceram a Ethernet como “Padrão Ethernet de 10Mbps”, ratificado pelo IEEE como IEEE 802.3.

# Métodos de Acesso por Contenção

- np-CSMA e p-CSMA (Carrier Sense Multiple Access)
  - ◆ Implementam detecção de colisão através do ACK positivo + temporização no transmissor;
  - ◆ A estação que vai transmitir o reconhecimento também tem que disputar o acesso ao meio;
  - ◆ sem prioridade de acesso;
  - ◆ colisão pode ocorrer se 2 ou mais nós tentarem transmitir aproximadamente ao mesmo tempo;



# Métodos de Acesso por Contenção

- As técnicas np-CSMA e p-CSMA necessitam de um reconhecimento para certificar que não houve colisão
  - ◆ O transmissor dispara um temporizador para o recebimento do ACK positivo
    - A não chegada de um reconhecimento implica que houve uma colisão;
    - A estação que vai transmitir o reconhecimento também tem que disputar o acesso ao meio;

# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ np-CSMA (non-persistent CSMA)

1. Tenta evitar a colisão “*escutando/analizando*” o meio antes de transmitir;
2. Se o meio está “*livre*”, transmite;
3. Se o meio está “*ocupado*”, espera **1 intervalo de tempo aleatório** e tenta novamente, isto é, volta para o passo 1;
4. Se ocorrer uma colisão não será recebido um ACK; A estação transmissora deverá retransmitir o quadro, voltando para o passo 1. Depois de **n** retransmissões mal sucedidas, a transmissão do quadro é abortada ;

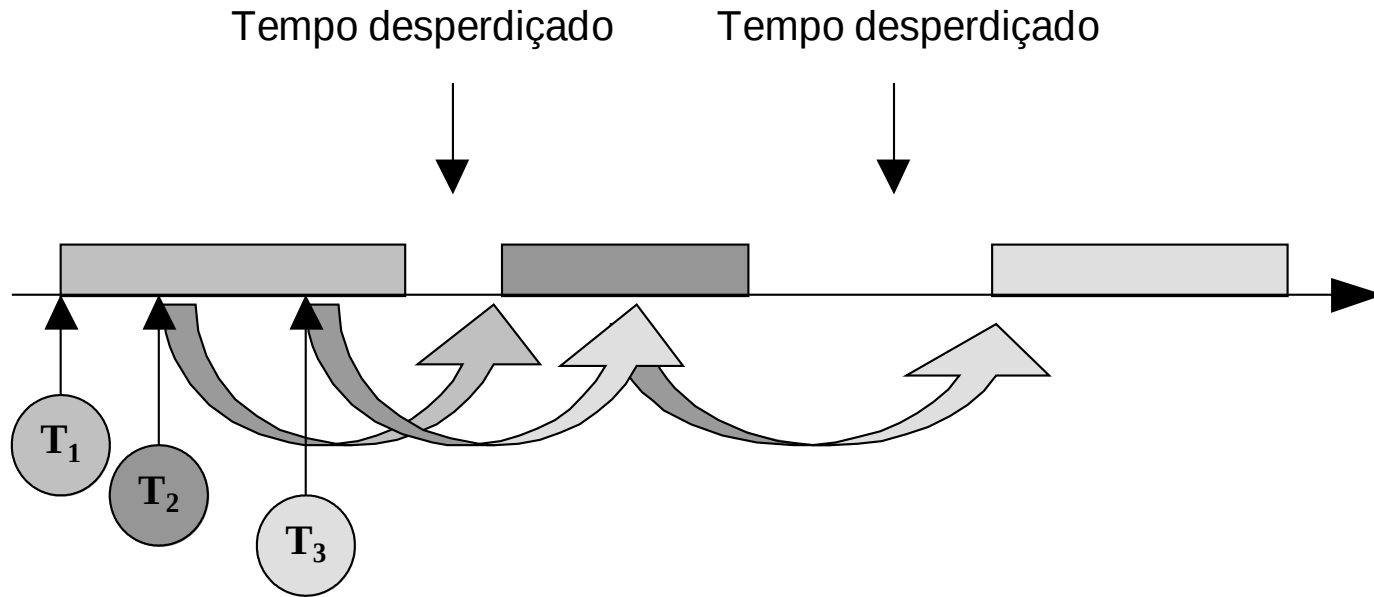
## ■ O np-CSMA é eficiente para evitar colisões

1. estações que querem transmitir vão esperar por tempos aleatórios diferentes
2. mas cria tempos perdidos;

# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ np-CSMA

(non-persistent Carrier Sense Multiple Access)



Se, ao escutar o meio, um nó “sentir” que está havendo uma transmissão, ele espera por um intervalo de tempo aleatório antes de tentar novo acesso.

# Métodos de Acesso por Contenção

- p-CSMA (p-persistent CSMA)
  1. Tenta evitar a colisão “*escutando/analizando*” o meio antes de transmitir;
  2. Se o meio está “*livre*”, transmite (com probabilidade **p**) ou espera um tempo fixo (com probabilidade **1-p**);
  3. Se o meio está ocupado, a estação continua a escutar o meio até que ele fique livre, e então volta para **2**;
  4. Se durante a transmissão ocorrer uma colisão não será recebido um ACK. A estação transmissora deverá voltar para o Passo **1**; Depois de **n** retransmissões mal sucedidas, a transmissão do quadro é abortada ;
  5. **Obs.:** colisão pode ocorrer se 2 ou mais nós tentarem transmitir aproximadamente ao mesmo tempo;



# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ Algoritmo não-persistente

- ◆ Mais eficiente para evitar colisões se duas estações estiverem querendo transmitir quando o meio estiver ocupado
- ◆ Estações esperam tempos aleatórios (provavelmente diferentes) para tentar o acesso ao meio
- ◆ Podem ocorrer tempos perdidos c/ o canal livre sem ninguém acessando o meio (as estações aguardando o tempo para tentar novo acesso).

## ■ Algoritmo persistente

- ◆ elimina tempo perdido no NP
- ◆ está mais sujeito a ocorrência de colisões se duas estações estiverem querendo acesso ao meio.

## ■ Características gerais

- ◆ Essas técnicas podem permitir em tráfego baixo uma capacidade de utilização do meio de transmissão em até 85%
- ◆ Não garante retardo de transmissão determinística, e em tráfego pesado, as técnicas podem demonstrar uma instabilidade (colisão)

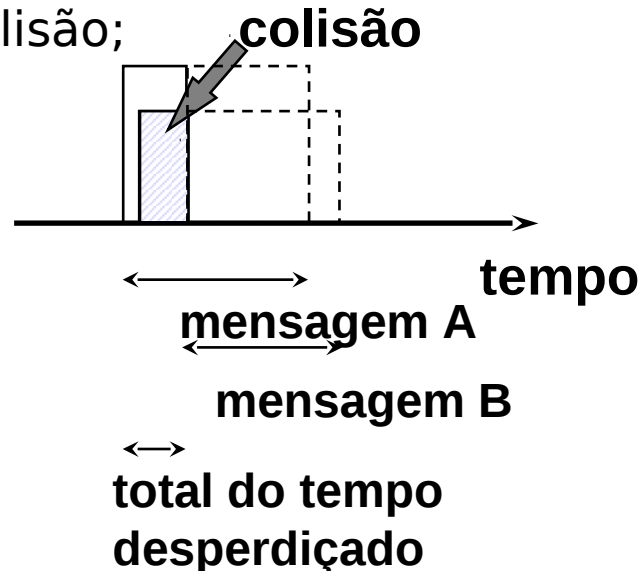
# Roteiro

- **Nível de Enlace e Padrão IEEE 802**
- **Subcamada MAC**
- **Protocolos de Acesso ao Meio**
  - ◆ Métodos de Acesso por Contenção
  - ◆ CSMA
  - ◆ CSMA/CD
  - ◆ Protocolos para IEEE 802.3
  - ◆ Métodos de Acesso Ordenado

# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection):

- ◆ não precisa de ACK para detectar a colisão;
- ◆ detecta a colisão durante a transmissão (escuta o meio durante a transmissão), abortando imediatamente a transmissão, ao contrário do np-CSMA e p-CSMA;
- ◆ (np-CSMA e p-CSMA): ineficientes porque transmitem o quadro inteiro após a colisão;



# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ CSMA/CD - Características

- ◆ não é determinístico (retardo de transferência não é limitado);
- ◆ instabilidade em alto tráfego;
- ◆ eficiência: pode chegar a “98%”
- ◆ maior complexidade eletrônica da NIC (Network Interface Card)



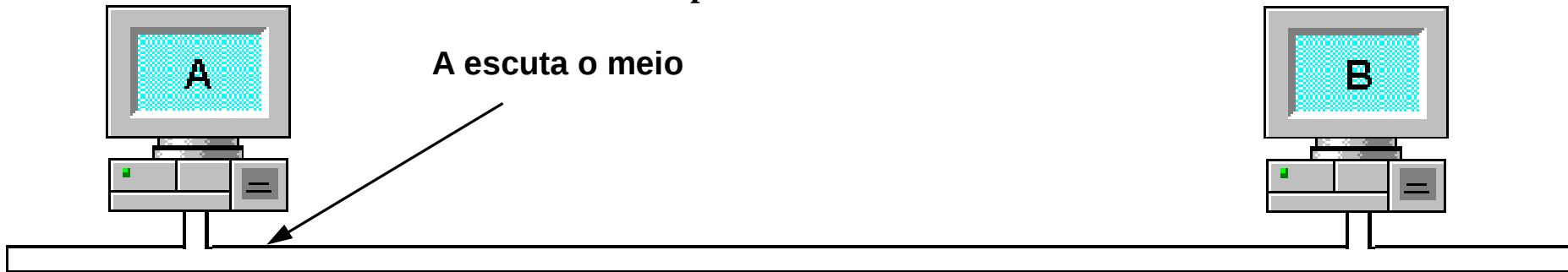
# CSMA/CD

- CSMA/CD (Como ele controla acesso ao meio?)
  1. O adaptador recebe um pacote da camada de rede, encapsula-o em um quadro Ethernet, e coloca o quadro na buffer de transmissão do adaptador;
  2. Se o adaptador percebe que o canal está ocioso (não há sinal durante um tempo de 96 bits), ele inicia a transmissão. Se o adaptador detecta que o canal está ocupado, ele espera persistentemente até o meio ficar livre (+ 96 bits) e então começa a transmissão do quadro;
  3. Durante a transmissão, o adaptador monitora a presença de sinal de energia procedente de outros adaptadores. Se o adaptador transmite o quadro todo sem detectar sinal de energia de outros adaptadores, o quadro foi transmitido com sucesso;
  4. Se o adaptador detecta energia de sinal de outros adaptadores durante a transmissão, ele aborta a transmissão do quadro e transmite um sinal de **jam** de 48 bits;
  5. Depois de abortar a transmissão, o adaptador entra numa fase de espera (back-off exponencial); Volta para o passo **2**.

# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ CSMA/CD

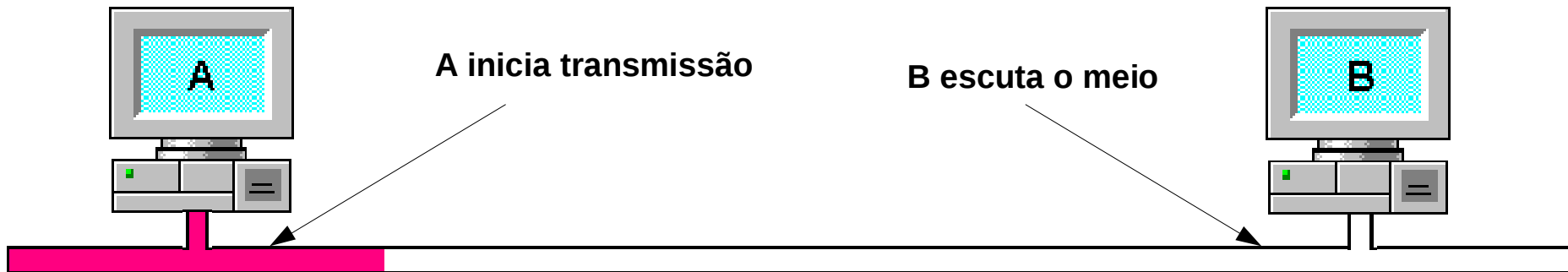
- Taxa de transmissão = 10 Mbps
- Tempo de propagação do sinal no meio = X micro segundos
- Tempo de propagação de ida e volta do sinal
- Tamanho mínimo do quadro = 64 bytes
- Se o quadro não atingir o tamanho mínimo requerido, é inserido no meio um sinal como complemento



# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ CSMA/CD • Taxa de transmissão = 10 Mbps

- Tempo de propagação do sinal no meio = X micro segundos
- Tempo de propagação de ida e volta do sinal
- Tamanho mínimo do quadro = 64 bytes
- Se o quadro não atingir o tamanho mínimo requerido, é inserido no meio um sinal como complemento

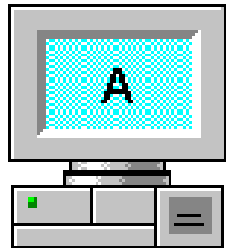


As estações continuam “escutando” o meio durante a transmissão

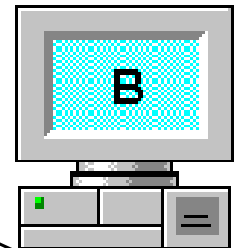
# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ CSMA/CD

- Taxa de transmissão = 10 Mbps
- Tempo de propagação do sinal no meio = X micro segundos
- Tempo de propagação de ida e volta do sinal
- Tamanho mínimo do quadro = 64 bytes
- Se o quadro não atingir o tamanho mínimo requerido, é inserido no meio um sinal como complemento



B inicia transmissão



As estações continuam “escutando” o meio durante a transmissão



# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ CSMA/CD

- Taxa de transmissão = 10 Mbps
- Tempo de propagação do sinal no meio = X micro segundos
- Tempo de propagação de ida e volta do sinal
- Tamanho mínimo do quadro = 64 bytes
- Se o quadro não atingir o tamanho mínimo requerido, é inserido no meio um sinal como complemento



As estações continuam “escutando” o meio durante a transmissão

# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ CSMA/CD

- Taxa de transmissão = 10 Mbps
- Tempo de propagação do sinal no meio = X micro segundos
- Tempo de propagação de ida e volta do sinal
- Tamanho mínimo do quadro = 64 bytes
- Se o quadro não atingir o tamanho mínimo requerido, é inserido no meio um sinal como complemento
- transmite sinal de JAM de 48bits



As estações continuam “escutando” o meio durante a transmissão

# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ CSMA/CD

- ◆ Devido o tempo de propagação ser finito todos os quadros tem que ter um tamanho mínimo para que todas as estações detectem a colisão

- $Q \geq 2 C t_p$

**Q - tamanho mínimo do quadro**

**C - taxa transmissão**

**$t_p$  - tempo propagação entre dois nós**

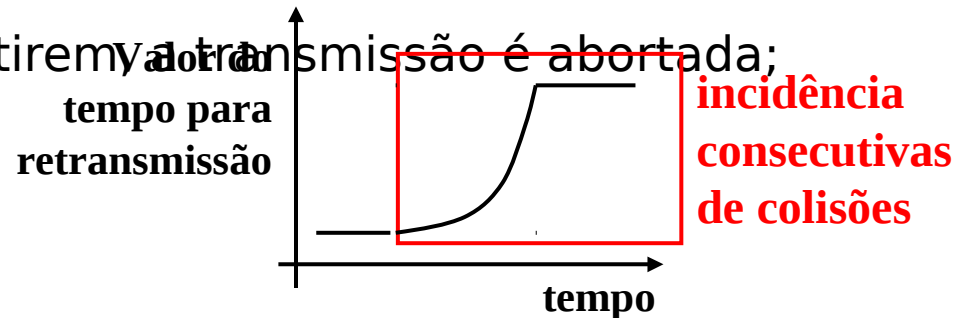
- ◆ em caso de colisão, existem as seguintes abordagens para a retransmissão:
  - **aleatória exponencial truncada** (a mais usada = IEEE 802.3) - Espera de retransmissão aleatória
  - **retransmissão ordenada** - intervalos de tempo pré-alocados p/ retransmissão

# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ CSMA/CD

### Técnicas de Retransmissão:

- ◆ espera aleatória exponencial truncada (truncated exponential back off)
  - estação espera um tempo aleatório variando de 0 a um limite superior
  - este limite superior dobrado a cada colisão sucessiva
  - retardo de transmissão pequeno no começo, mas cresce rapidamente
  - duplicação do limite superior detida em algum ponto
  - depois de um certo número de tentativas, se as colisões ainda persistirem a transmissão é abortada;



# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ Características Gerais do CSMA/CD

- ◆ A distância máxima entre os nós será limitada não só pelo meio de transmissão e pela topologia, mas também pelo protocolo de acesso ao meio;
- ◆ Quanto maior a distância, maior o tempo de propagação, menor a eficiência e maior é o tamanho mínimo do quadro para a detecção de colisão;
- ◆ Quanto maior a taxa de transmissão, maior é o tamanho mínimo do quadro;
- ◆ Quanto maior o tamanho do quadro maior será a eficiência na utilização da capacidade do canal
  - Menos overhead de cabeçalho;
  - Mais informações no meio;
  - Porém, outros fatores limitam o tamanho do quadro
    - Limitação do tamanho de buffers dos dispositivos;
    - Necessidade de diminuir o tempo de ocupação do canal por uma estação;

# Métodos de Acesso por Contenção

## ■ Características Gerais do CSMA/CD

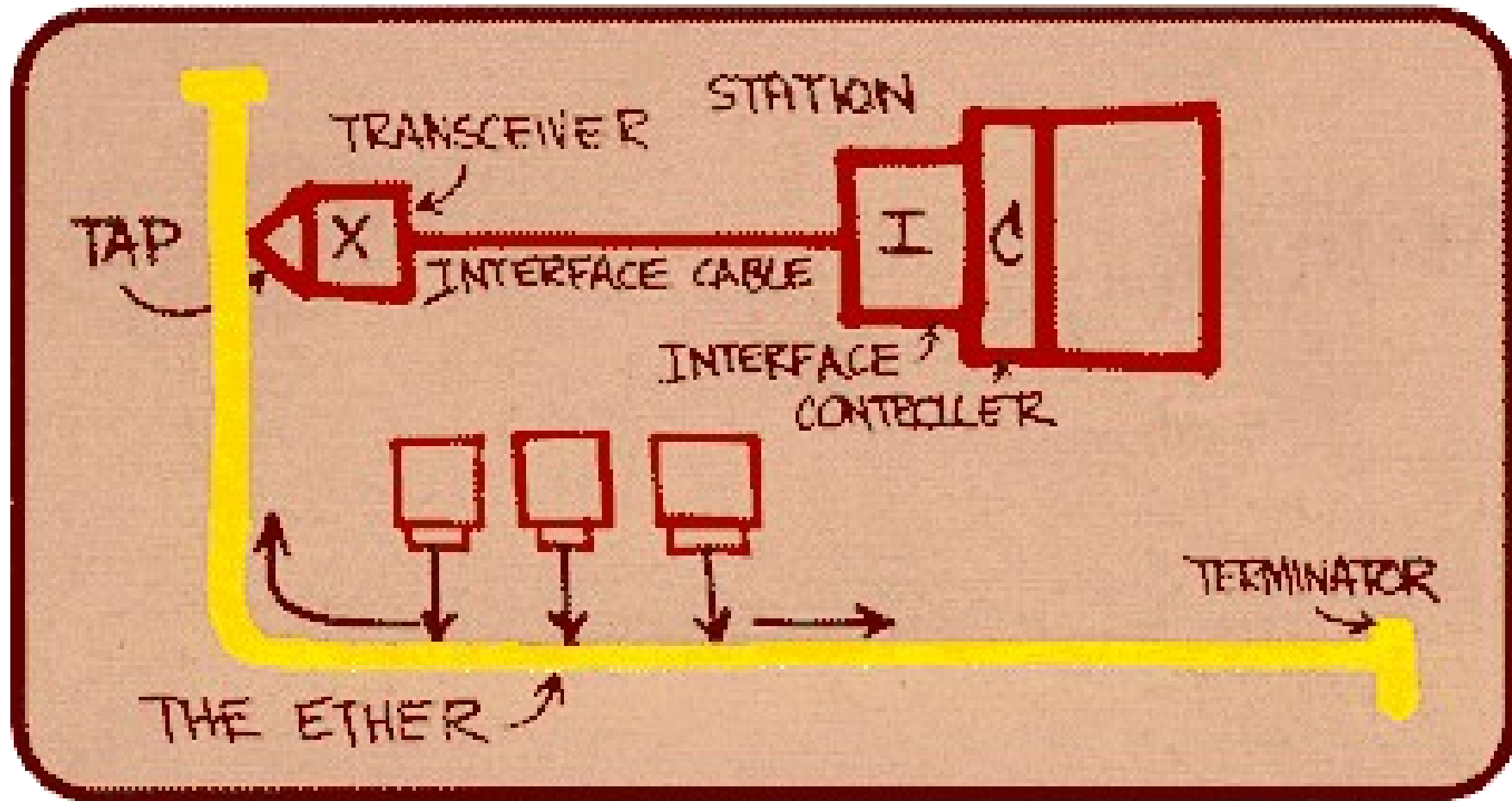
### ◆ Constrangimentos

- Os quadros têm de ser suficientemente grandes para que a colisão seja detectada antes de se terminar a transmissão do quadro;
- Tamanho mínimo de 64 Bytes para o maior segmento da rede;
- ◆ Os quadros não podem ser demasiadamente grandes permitindo que uma estação utilize o meio indefinidamente
  - Tamanho máximo de 1500 Bytes

# Roteiro

- **Nível de Enlace e Padrão IEEE 802**
- **Subcamada MAC**
- **Protocolos de Acesso ao Meio**
  - ◆ Métodos de Acesso por Contenção
  - ◆ CSMA
  - ◆ CSMA/CD
  - ◆ Protocolos para IEEE 802.3
  - ◆ Métodos de Acesso Ordenado

# Nível de Enlace: protocolos de acesso ao meio Ethernet



**“The diagram was drawn by Dr. Robert M. Metcalfe in 1976  
On the drawing are the original terms for describing Ethernet.”**



# Nível de Enlace - IEEE 802.3

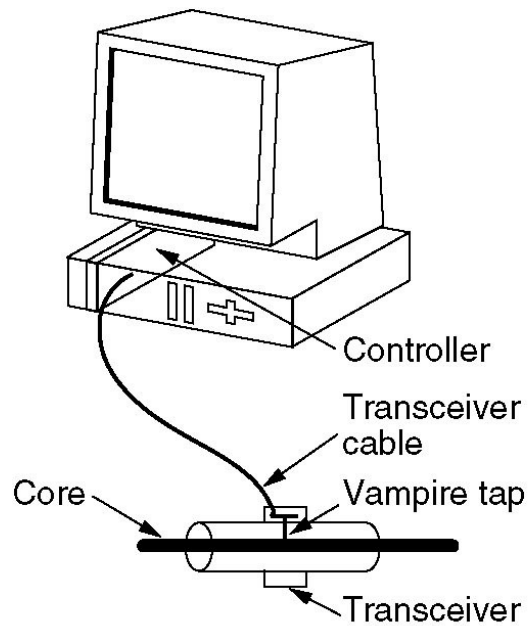
## Topologia

Parâmetro	Valor limite	Observação
No máx. repetidores	4	Hubs ativos são considerados repetidores

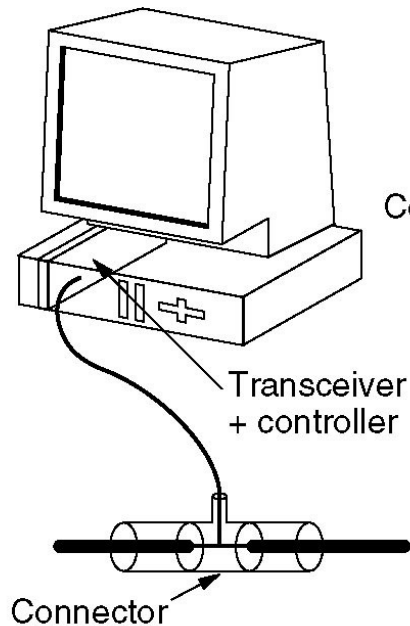
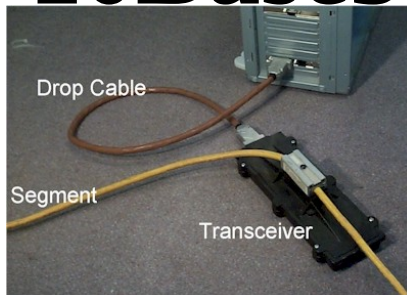
## Tipos de Enlaces Físicos para o Padrão Ethernet

Tipo de Cabo	Comp. Max.	Observação
10BaseT	100 m	Par trançado (nominal)
10Base2	185 m	Coaxial fino de 50 ohms
10Base5	500 m	Coaxial grosso de 75 ohms
10BaseFB	2000 m	Interligação de HUB's
10BaseFL (Link)	2000 m	Link entre Repetidores
10BaseFP (Passiva)	1000 m	Estrela Passiva

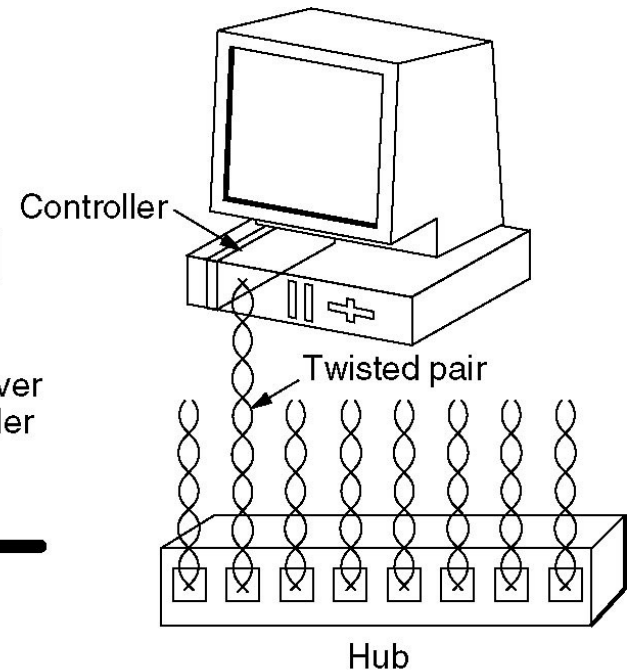
# Enlaces IEEE 802.3



**10Base5**



**10Base2**



**10Base-T**



# Nível de Enlace - IEEE 802.3

## Nível de Enlace - Quadro MAC IEEE 802.3

Campo	Bytes	Descrição
Preâmbulo	7	Formato 10101010, a codificação Manchester deste padrão produz uma onda quadrada de 5,6 µseg, que permite à estação de destino sincronizar seu clock com a de origem.. É uma seqüência com violação de código para detectar o início do quadro. Sincroniza a nível de bit.
<i>Início do frame</i> <i>Start of Frame</i> <i>Delimiter</i>	1	10101011 Sincroniza no nível de quadro, estabelece sincronismo a nível de byte e quadro  <b>No padrão Ethernet somente é são usados endereços de 6 bytes.</b>  ■ O primeiro bit do endereço de destino é usado para identificar endereços comuns, se o bit = 1 ou endereços de grupo, se o bit = 0 ( <i>multicast</i> ).  ■ Este endereço com todos os bits = 1 significa um <i>broadcast</i> , que todas as estações da rede o receberão.  ■ O bit 46 dos campos de endereços é usado para distinguir endereços globais de locais. Os endereços globais são assinalados pelo IEEE de tal forma a não existir mais de uma estação no mundo com o mesmo endereço. <b>FF FF FF FF FF FF → Broadcast</b>
Endereço de destino	2 ou 6	Idem Endereço de destino
Endereço de origem	2 ou 6	
Type Ethernet DIX	2	Se o valor for menor que 1500 (05CD), indica o tamanho do quadro, caso contrário, indica o protocolo de rede. Ex. (0800) indica um datagrama IP no campo de dados.

# Nível de Enlace - IEEE 802.3

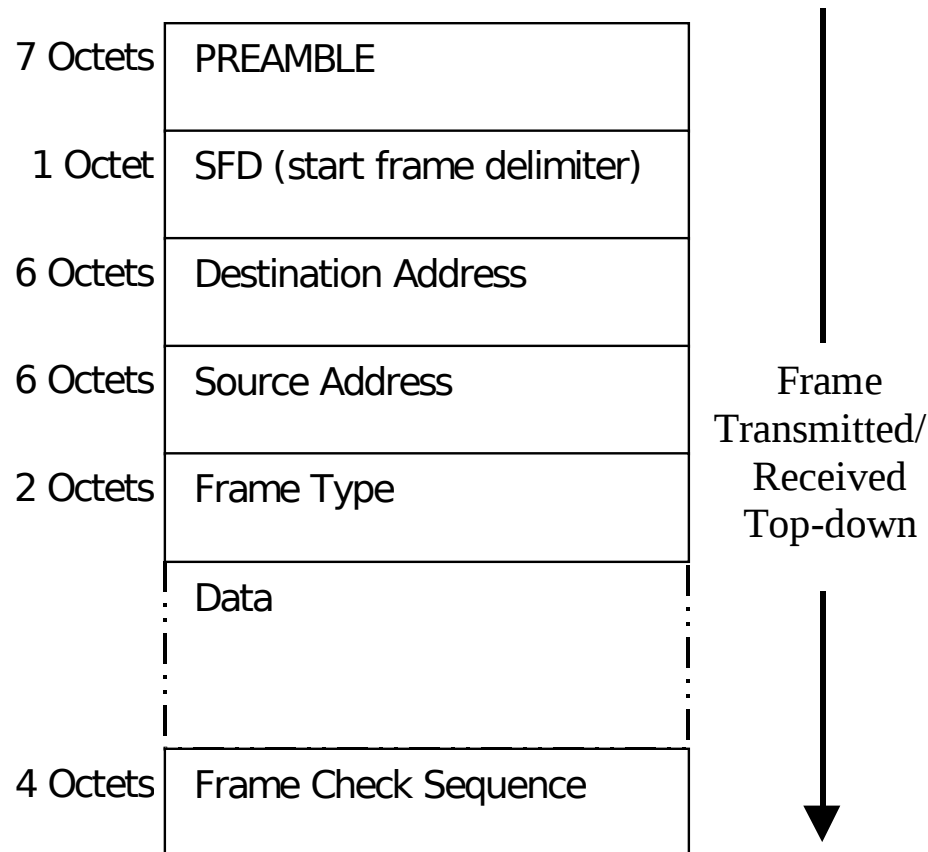
## Nível de Enlace - Quadro MAC IEEE 802.3

Campo	Bytes	Descrição
Tamanho dos dados	2	Indica o tamanho do quadro MAC em bytes
Dados	0 a 1500	<p>Para facilitar o reconhecimento de frames válidos o 802.3 estabelece que os frames válidos precisam ter pelo menos 64 bytes, desde o endereço de destino até o checksum.</p> <p>Se a quantidade de bytes do campo dados for inferior a 46 o campo PAD é usado para preencher até o mínimo de 46.</p>
PAD	0 a 46	Bytes usados para enchimento quando não existem dados suficientes para que o quadro atenda à exigência de ter no mínimo 64 bytes
Checksum	4	CRC 32 bits

# Nível de Enlace: protocolos de acesso ao meio

- O método CSMA/CD é usado no padrão da Ethernet.

## Formato do quadro Ethernet



# Outros Protocolos de Acesso ao Meio

## ■ **CSMA/CA** (CSMA with Collision Avoidance)

- ◆ Protocolo tenta evitar que colisões ocorram
- ◆ Sempre que um transmissor deseja utilizar o meio ele deve requisitar o acesso (mensagem RTS)
- ◆ O transmissor só utiliza o meio após receber a autorização (mensagem CTS)
- ◆ Utilizado em redes sem fio como 802.11 (Wi-Fi)

## ■ **WDM** (Wavelength Division Multiple Access)

- ◆ Utilizado em meios baseados em fibra ótica
- ◆ Define mecanismo para alocar um canal

(comprimento de onda) no qual uma estação irá

# Outros Protocolos de Acesso ao Meio

- Métodos utilizados em telefonia
  - ◆ **FDMA**: divisão de canais por frequência
  - ◆ **TDMA**: divisão de canais por tempo
  - ◆ **CDMA**: transmissor envia a mensagem “codificada”, que permite identificar o transmissor e dados univocamente
  - ◆ **SDMA**: usado no GSM, escolhe o canal de transmissão de dados combinando as técnicas anteriores com a disposição espacial das antenas

# Roteiro

- **Nível de Enlace e Padrão IEEE 802**
- **Subcamada MAC**
- **Protocolos de Acesso ao Meio**
  - ◆ Métodos de Acesso por Contenção
  - ◆ CSMA
  - ◆ CSMA/CD
  - ◆ Protocolos para IEEE 802.3
  - ◆ Métodos de Acesso Ordenado



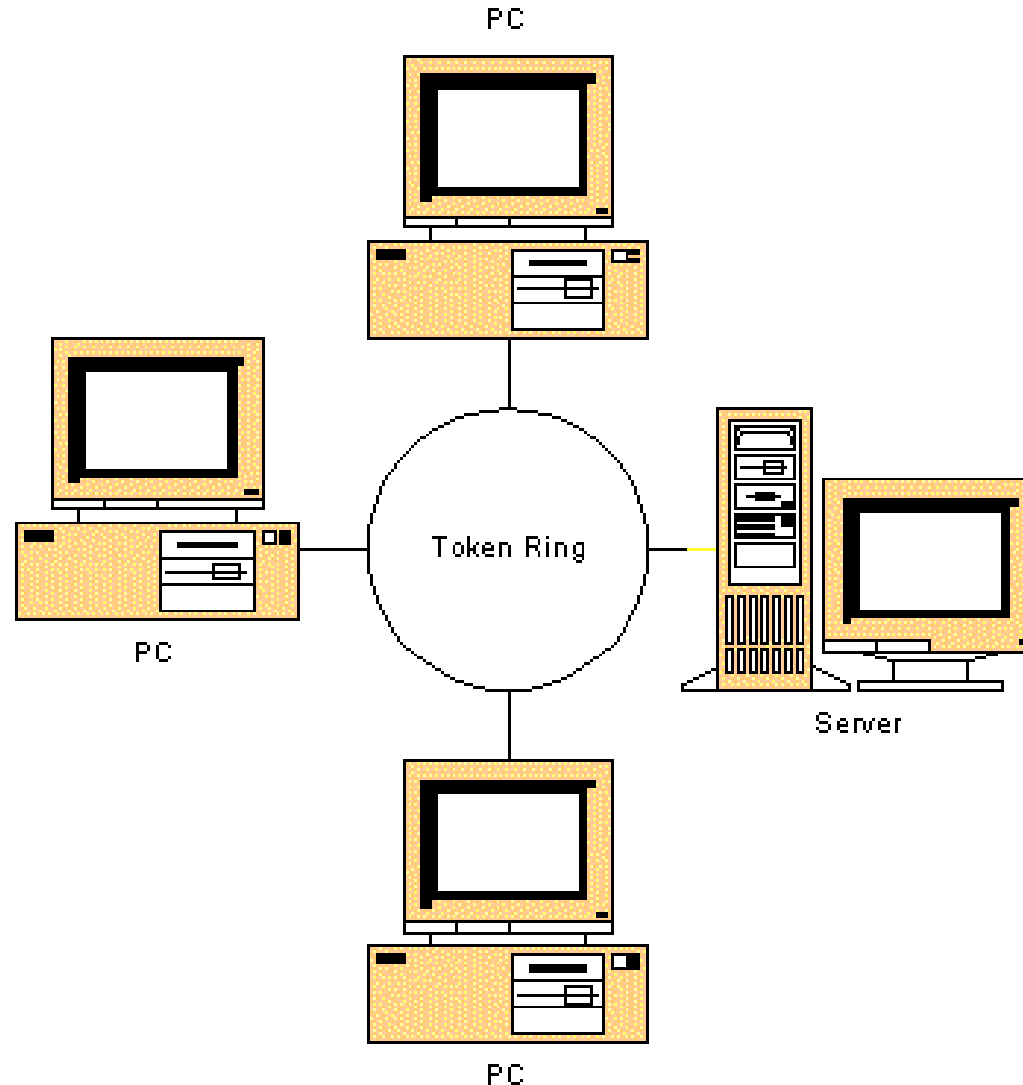
# Métodos Ordenados de Acesso – Token Ring

- Exemplo de método de acesso ordenado
  - ◆ Passagem de permissão → Token-Ring (802.5)
- Características do padrão IEEE 802.5
  - ◆ Rede em anel
  - ◆ Protocolo de acesso ao meio: Token Ring
  - ◆ Meio físico: par trançado, cabo coaxial, fibra óptica
  - ◆ IEEE 802.5 é o padrão para redes em anel utilizando passagem de permissão como método de acesso

# Métodos Ordenados de Acesso – Token Ring

- Controle de acesso ao barramento via token
- Token
  - ◆ conjunto especial de bits
  - ◆ circula no anel enquanto as estações estão inativas
- Quando uma estação deseja transmitir, espera o token com status permissão livre chegar até ela, altera o estado do token para permissão ocupada, retransmite o token com permissão ocupada e os seus dados logo em seguida;

# Métodos Ordenados de Acesso – Token Ring



# Métodos Ordenados de Acesso – Token Ring

- Como só há um token, apenas uma estação pode transmitir num dado instante;
- Para transmitir - estação espera pelo token com permissão livre e, então, altera o padrão para permissão ocupada e transmite o token com o estado alterado para ocupado. Logo em seguida transmite o quadro.
- O momento da inserção de uma permissão livre no anel varia conforme o tipo de operação:
  - **Single packet** - transmissor insere permissão livre depois de receber de volta a permissão ocupada e retirar todo o quadro do anel;
  - **Single token** - permissão livre é inserida no anel logo após receber permissão ocupada de volta;
  - **Multiple token** - insere uma permissão livre logo após de terminar de transmitir o seu quadro;

# Métodos Ordenados de Acesso – Token Ring

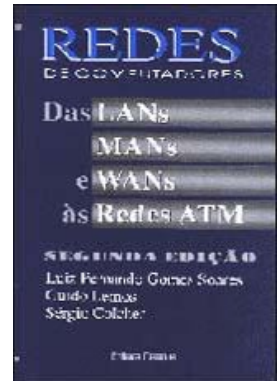
- Quando o tráfego na rede é baixo, o token fica circulando no anel;
- Ocasionalmente, uma estação retira o token, envia um frame e o regenera;
- Quando o tráfego é alto, cada estação fica com uma fila de frames a transmitir;
- Cada estação pega o *token* sucessivamente, transmitindo um frame;
  - ◆ Desta forma, é possível garantir uma rede determinística em uma rede em Anel, pois cada estação terá permissão de transmitir em um dado momento;

# Referências

## ■ Capítulo 7:

### ◆ Redes de Computadores - Das LANs, MANs e WANs às redes ATM.

Luiz Fernando S. Gomes, Sérgio Colcher, Guido Souza F.. Editora Campus, 1995.



# Equipamentos de Conectividade de Rede

**Ricardo Couto Antunes da Rocha**  
**rcarocha@inf.ufg.br**

# Roteiro

- Classificação dos Equipamentos
- Repetidores
- Hubs
- Ponte/Bridge
- Switches
- Roteadores
- Gateways
- Congestionamento na Rede



# Roteiro

## ■ Classificação dos Equipamentos

- Repetidores

- Hubs

- Ponte/Bridge

- Switches

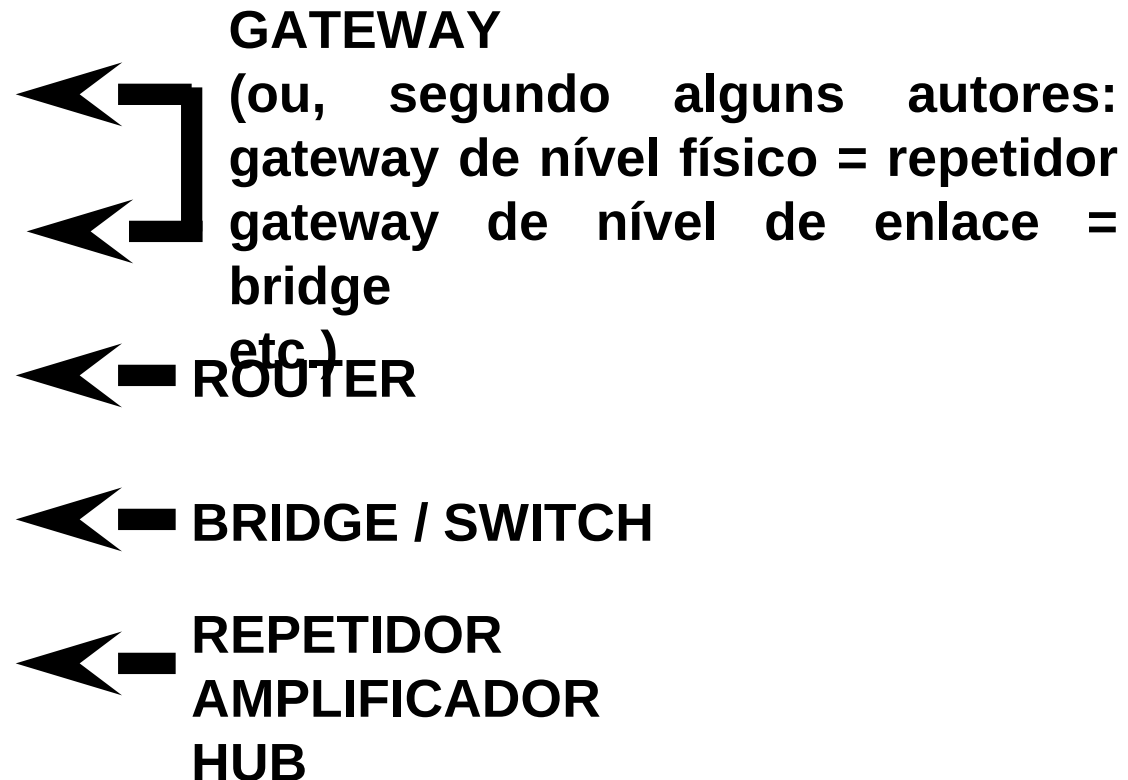
- Roteadores

- Gateways

- Congestionamento na Rede

# Classificação dos Tipos de Equipamentos

## Arquitetura TCP/IP

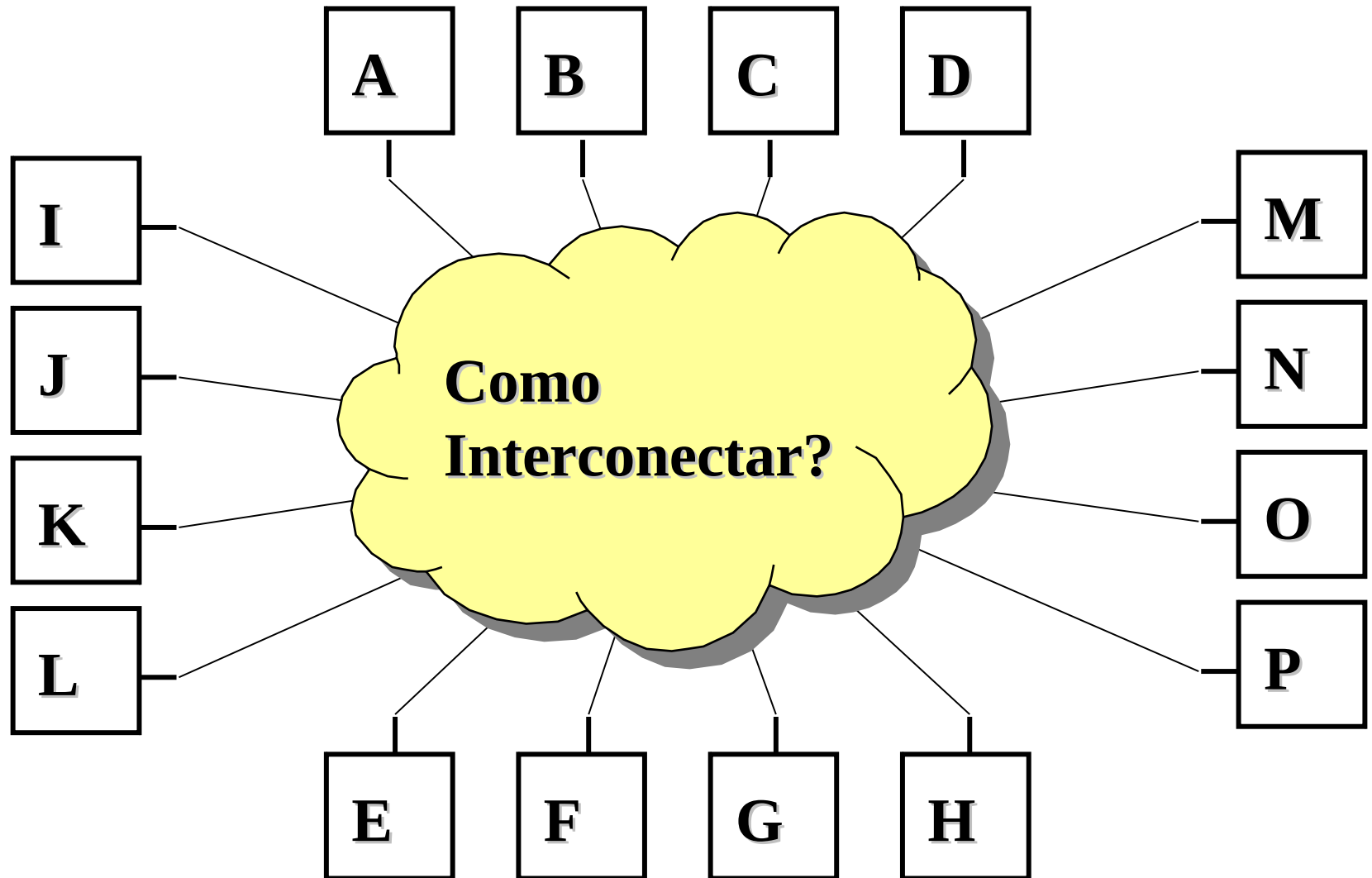


**Física** {

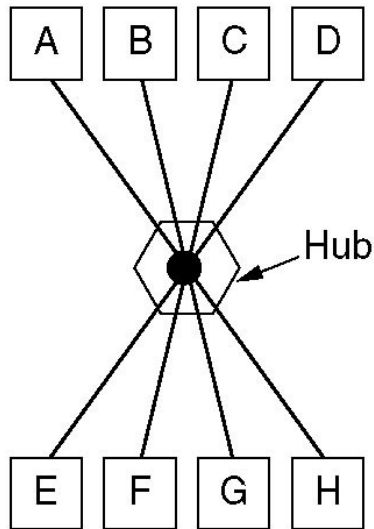
# Interligação entre redes

- Propósito da interligação entre redes/computadores
  - ◆ Estabelecer comunicação entre tecnologias diferentes
  - ◆ Cobrir ruídos/perdas originadas durante a transmissão
  - ◆ Facilitar o gerenciamento da rede física: inclusão/remoção de máquinas e detecção de problemas
  - ◆ Aumentar o desempenho da rede
  - ◆ Aumentar a segurança, ...
- Como conectar as redes?

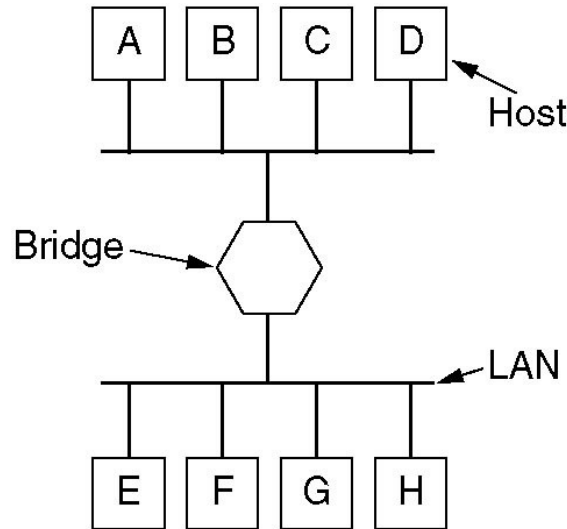
# Interligação entre redes



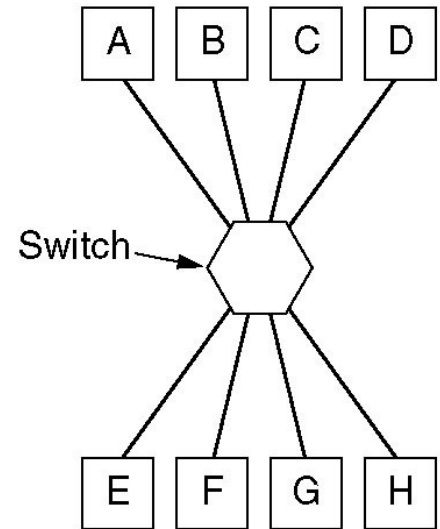
# Classificação dos Tipos de Equipamentos



**Hub**



**Ponte**



**Switch**

# Classificação dos Tipos de Equipamentos

- Critérios para avaliação de um tipo de equipamento:
  - ◆ Domínio de problema que trabalha ou segmenta a rede (ex: colisão, broadcast)
  - ◆ Desempenho
    - Qual é a interferência do equipamento no desempenho da rede
  - ◆ Gerenciamento
    - O equipamento é fácil de ser gerenciado/administrado?
  - ◆ Limitações
    - Quais são as limitações que os padrões impõem ao uso deste equipamento?
  - ◆ Segurança
    - Como a adoção do equipamento pode influir na segurança dos dados que circulam pela rede

# Roteiro

- Classificação dos Equipamentos

- Repetidores

- Hubs

- Ponte/Bridge

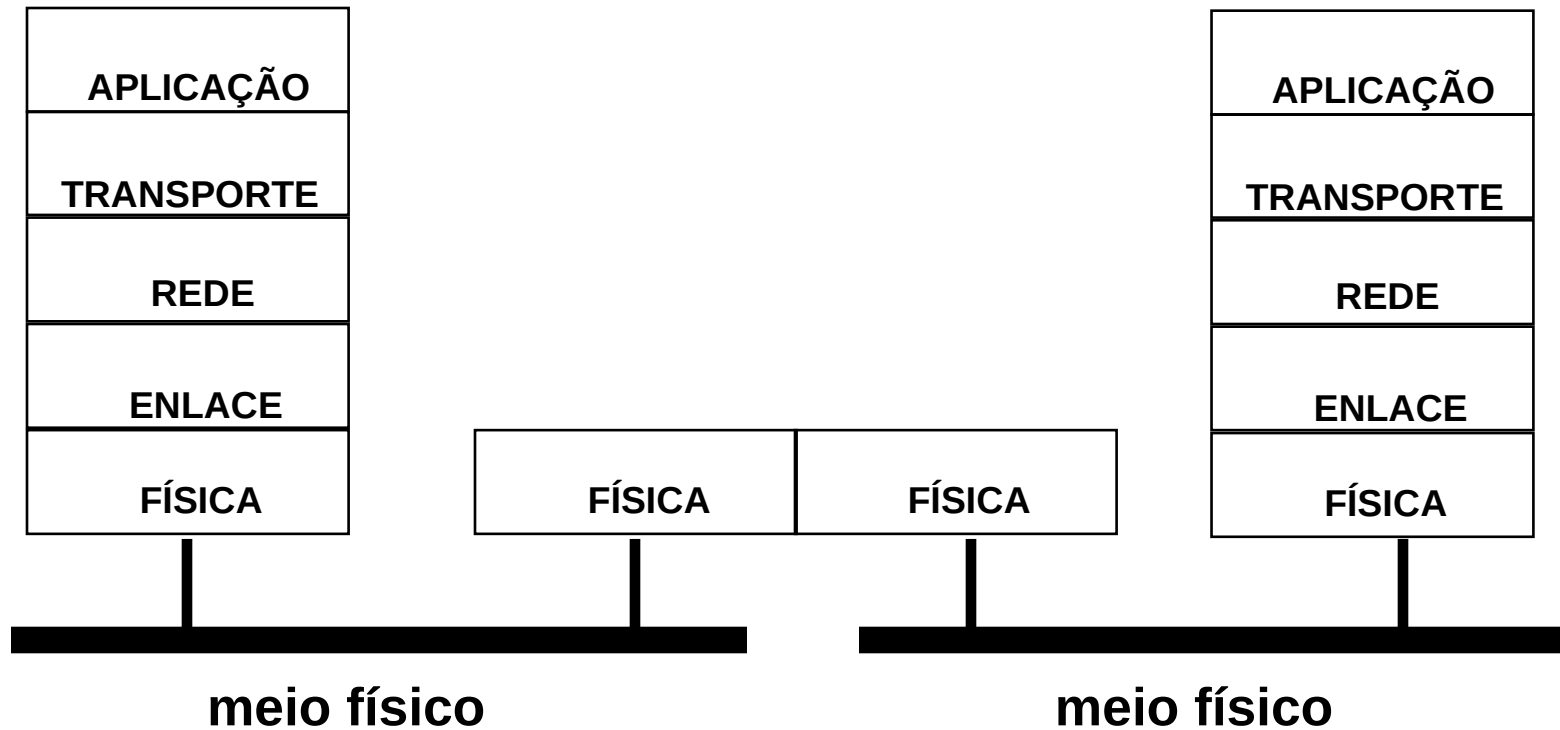
- Switches

- Roteadores

- Gateways

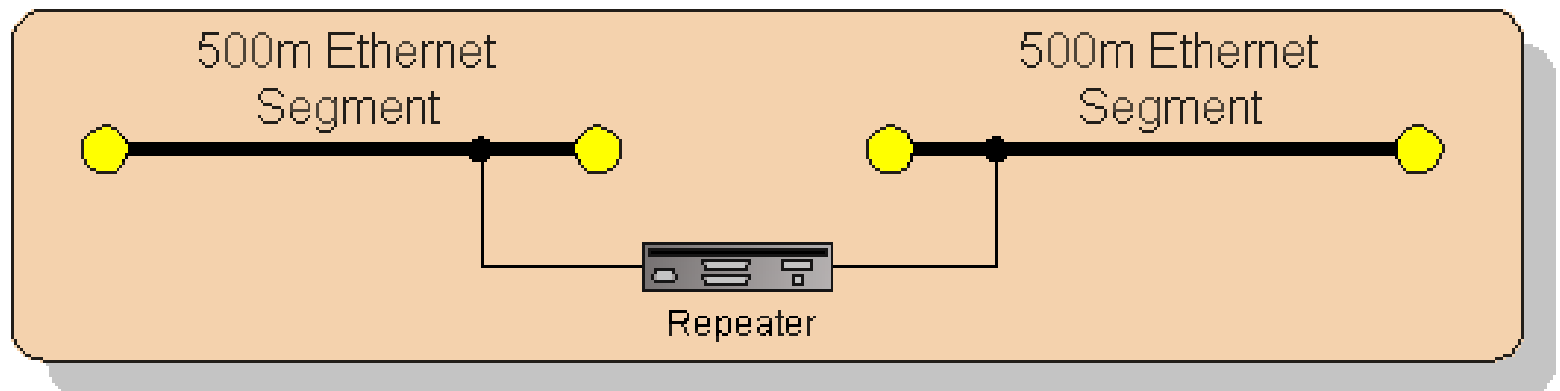
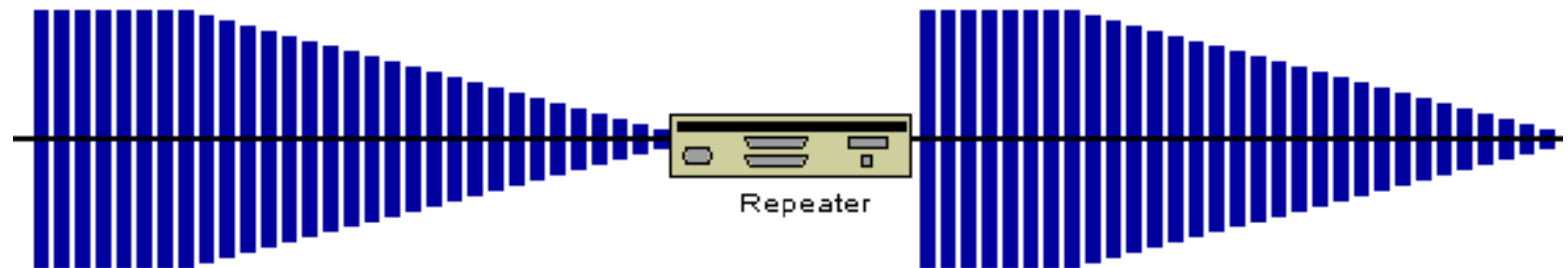
- Congestionamento na Rede

# Repetidores





# Repetidores



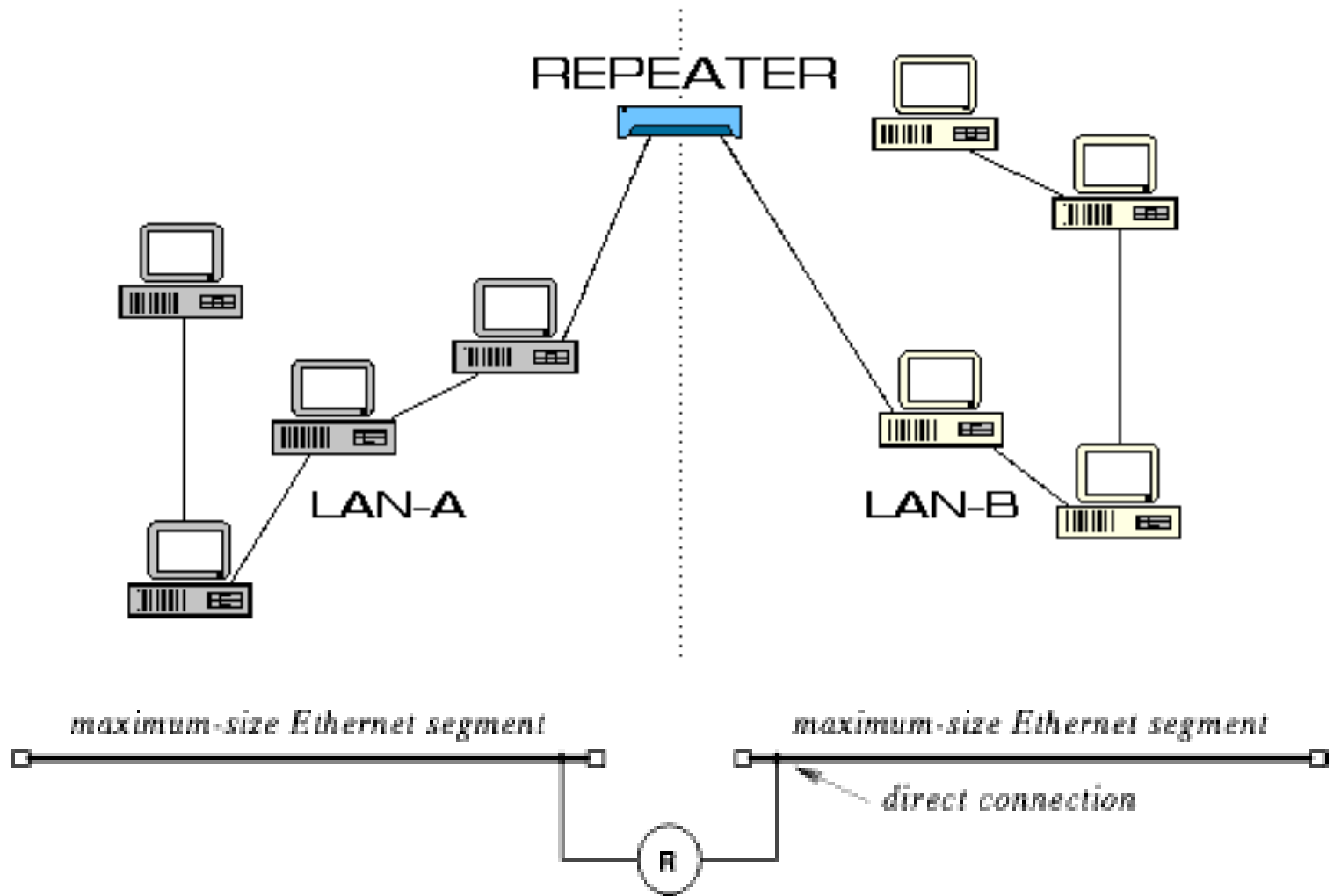
# Repetidores

- Repetem pacotes/quadros sem fazer qualquer tipo de tratamento
- Interpreta o sinal digital e repete para a outra sub-rede
- Não apenas amplifica, mas tenta também regenerá-lo (eliminando ruídos)
- Corresponde a camada 1 do modelo ISO
  - ◆ Camada Física
- Não tem a mínima noção de Quadro/*Frame*
  - ◆ o sinal é elétrico
  - ◆ Portadora

# Repetidores

- Tráfego afeta toda a rede interligada
- o número de repetidores entre as estações origem e destino pode ser maior do que um, número este limitado pelo padrão (p.ex. Ethernet)
- não pode haver um caminho fechado (“loop”) pelos repetidores:
  - ◆ duplicação infinita de quadros
  - ◆ colisão em redes baseadas em contenção

# Repetidores

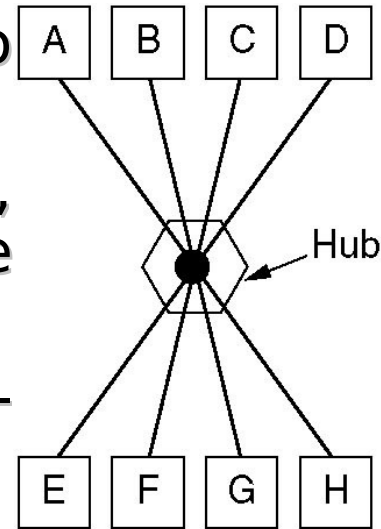


# Roteiro

- Classificação dos Equipamentos
- Repetidores
- Hubs
- Ponte/Bridge
- Switches
- Roteadores
- Gateways
- Congestionamento na Rede

# Hubs

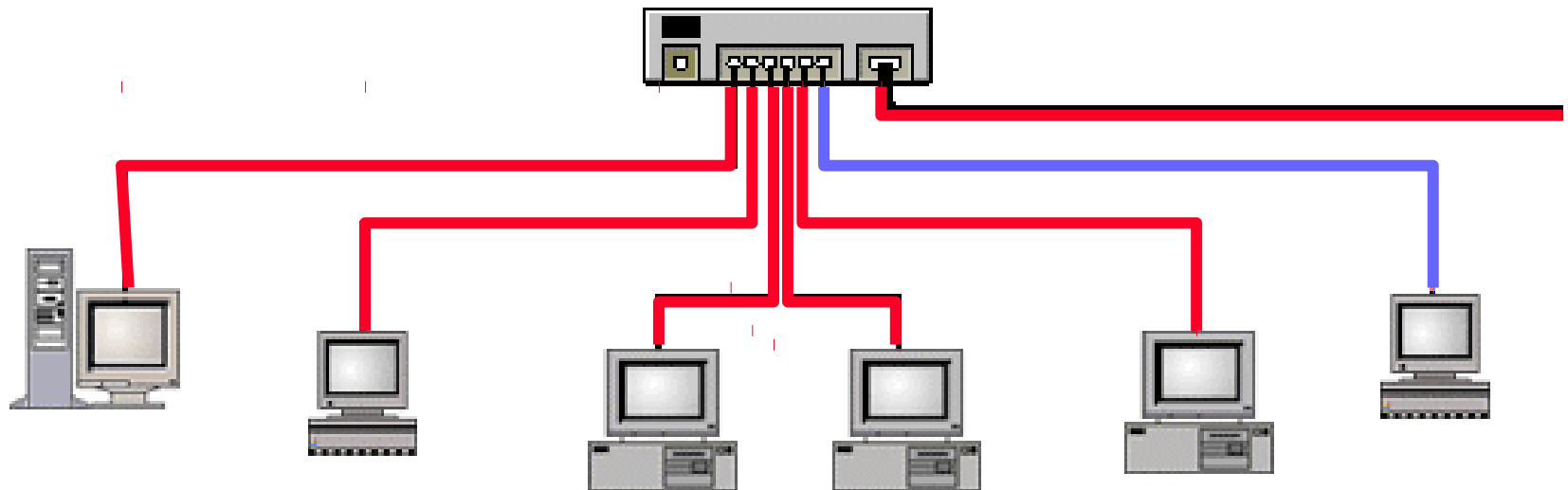
- Funciona como um concentrador de fiação em uma rede Ethernet.
- Barra compartilhada entre todas estações, conseqüentemente → o meio de comunicação também é compartilhado
- Implementa uma comunicação ponto-multiponto via broadcast
- Hubs mais modernos
  - ◆ SNMP (*Simple Network Management Protocol*)
    - gerenciamento remoto do hub;
  - ◆ Portas *bufferizadas*: armazena frames
  - ◆ filtragem de pacotes: descarta frames ruins
  - ◆ agem como repetidores



# Hubs



**HUB**



# Hubs

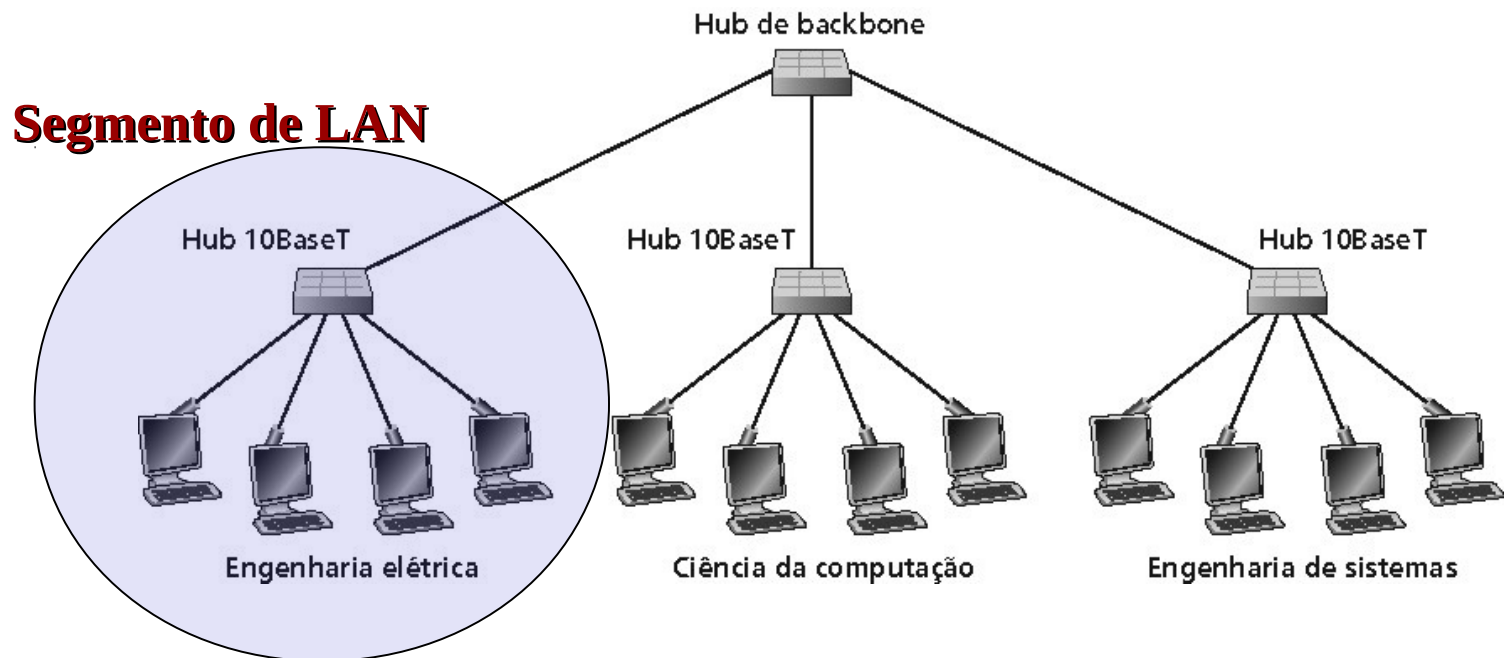
## Vantagens

- Interconexão entre segmentos de rede
- Aumento da distância máxima entre pares de nós
- Permite isolar problemas
- Mais barato (que o switch por exemplo)
- Usos adicionais:
  - ◆ Analisador de protocolos
  - ◆ Alguns tipos de clusters de computadores



# Hubs

- Aumento da distância máxima entre nós por meio de camada de hubs



# Hubs

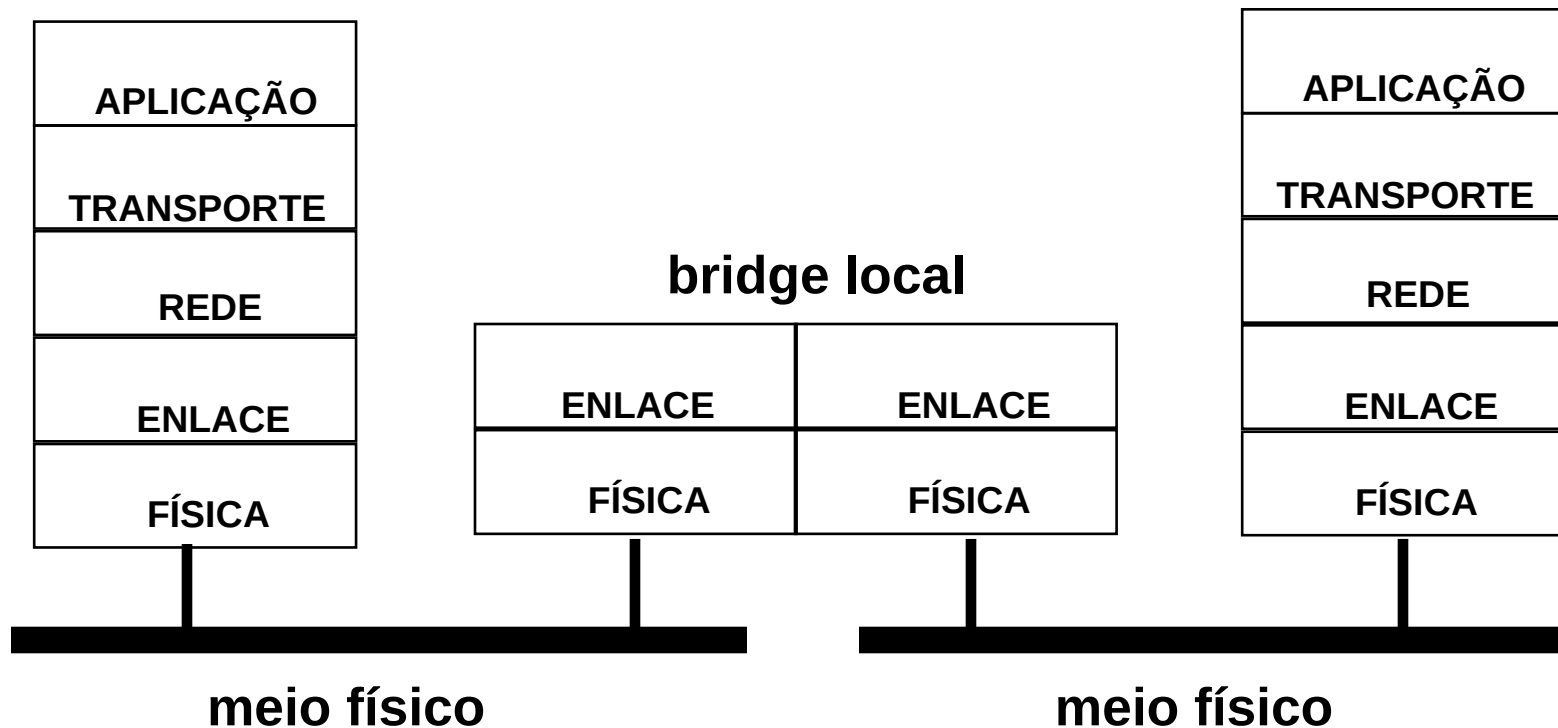
## Limitações

- Aumenta o domínio de colisão
- Não permite interconectar diferentes tecnologias (ex: 10BaseT e 100BaseT)
- Restrições da tecnologia de rede
  - ◆ Máxima distância entre os nós
  - ◆ Distância entre hosts
  - ◆ Número máximo de camadas de hubs
- Problemas de segurança
  - ◆ Inerente a todas as redes ponto-multiponto

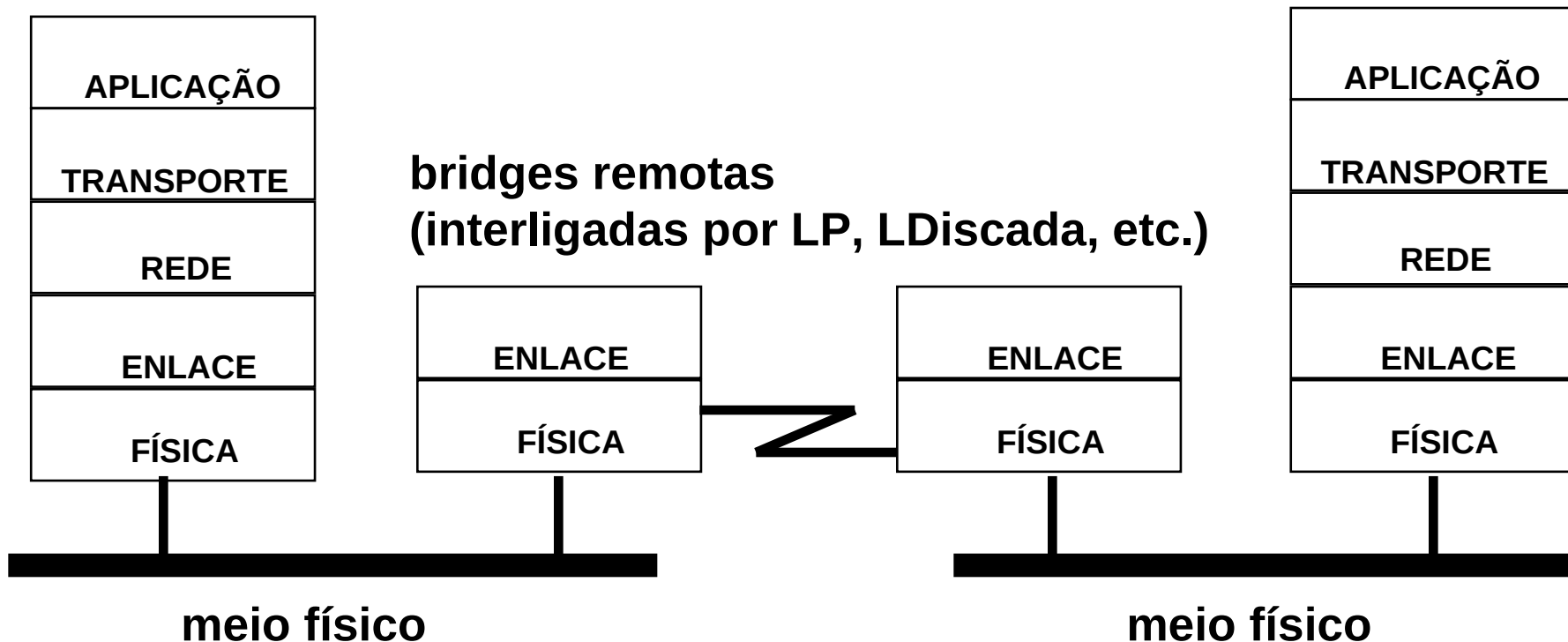
# Roteiro

- Classificação dos Equipamentos
- Repetidores
- Hubs
- Ponte/Bridge
- Switches
- Roteadores
- Gateways
- Congestionamento na Rede

# Bridges/Pontes



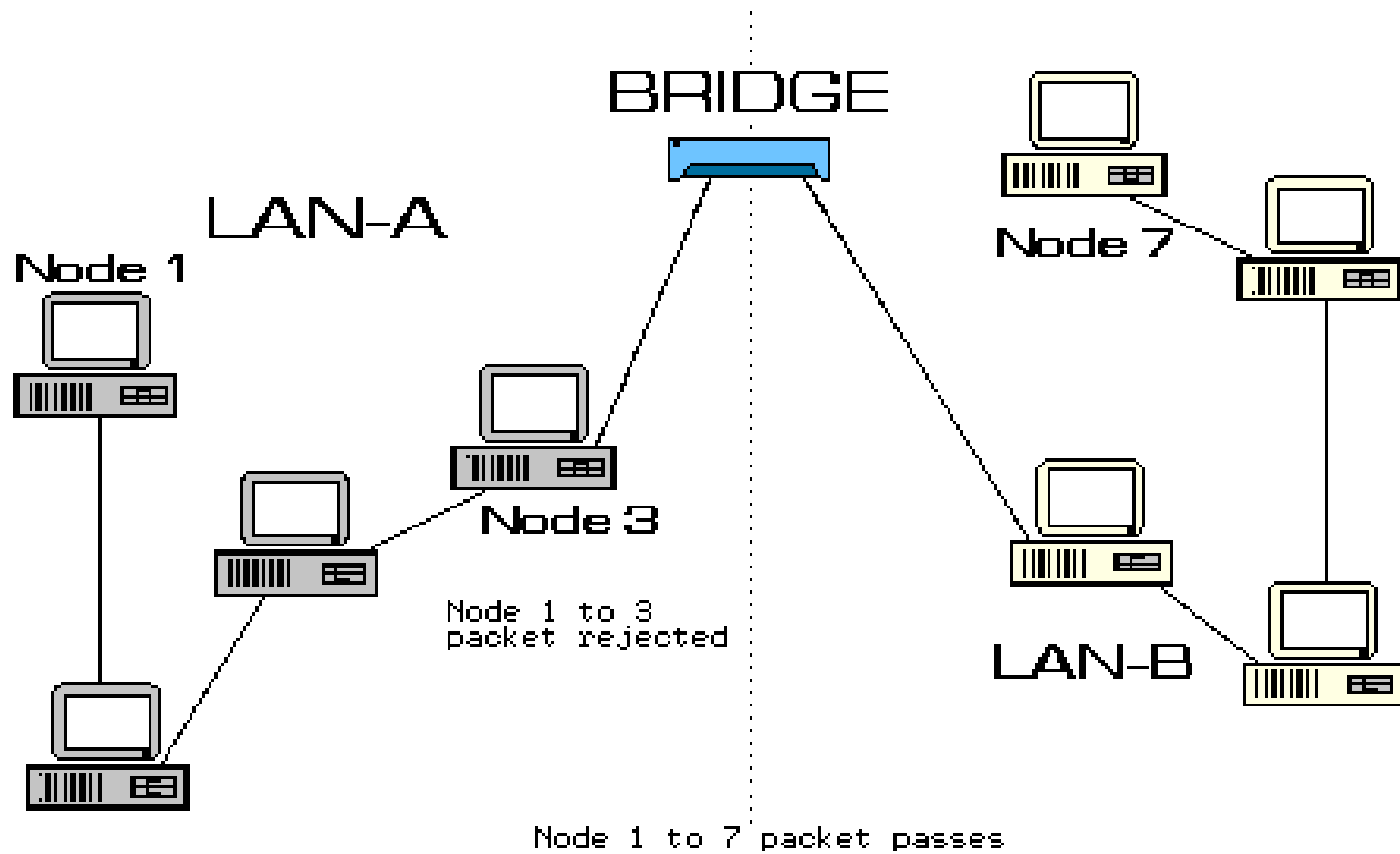
# Bridges/Pontes



# Bridges/Pontes

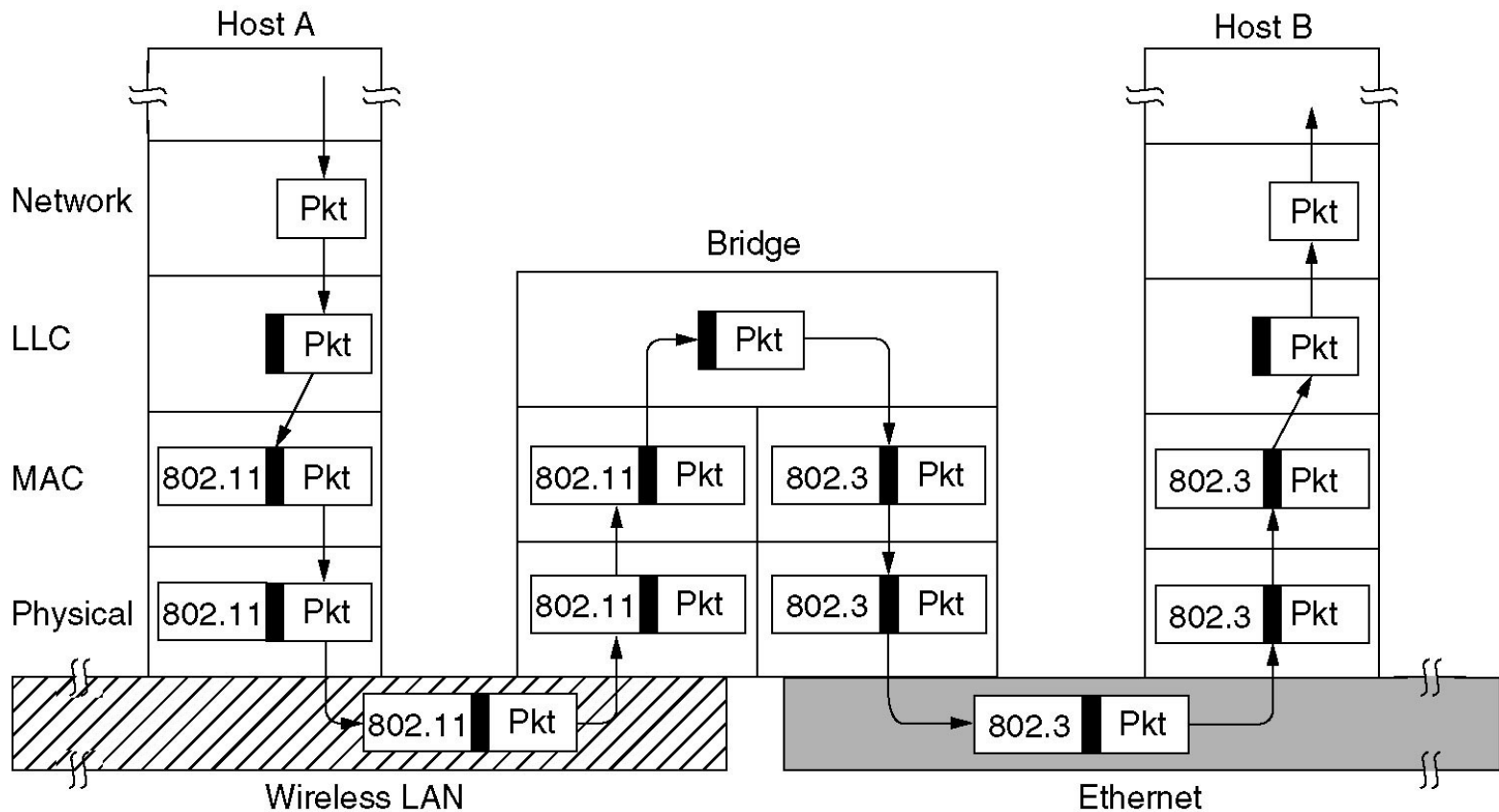
- Mais inteligente que um repetidor
  - ◆ Camada 2 (Data Link) do modelo OSI e TCP/IP
  - ◆ Pode tomar decisões inteligentes;
- Filtra *Frames*/Quadros
  - ◆ Reduz tráfego na rede
  - ◆ **Precisa manter um buffer de quadros**
- Entende o formato do *Frame*, portanto, é específica para uma determinada tecnologia;
- Disputa o acesso ao meio com as outras estações;
  - ◆ Qual é o comportamento da aplicação se ocorrer colisão com o quadro retransmitido pela Bridge?
- **Usos:** interligação, conversão de protocolos (acesso ao meio), conversão de tecnologias

# Bridges/Pontes



# Bridges/Pontes

## ■ Exemplo: Ponte 802.11 para 802.3





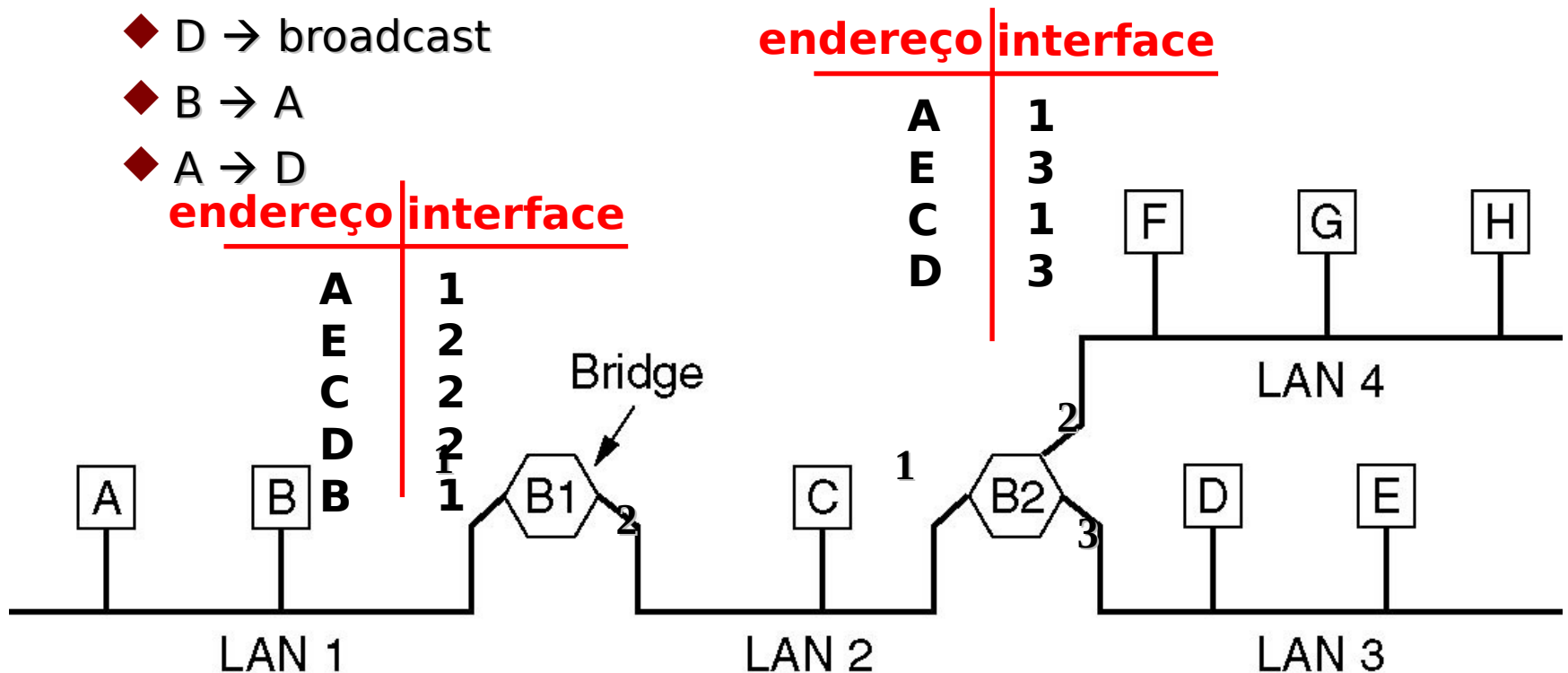
# Bridges/Pontes

- Algoritmo de construção da tabela de uma ponte
  - ◆ Ao receber um pacote de uma porta, de uma origem com endereço MAC **addr<sub>0</sub>** para um destino **addr<sub>0</sub>**, adicionar uma entrada na tabela com *(addr<sub>0</sub>, porta<sub>0</sub>, tempo-expiração)*
  - ◆ Se houver uma entrada na tabela *(addr<sub>0</sub>, porta<sub>0</sub>, t<sub>0</sub>)*, então, o pacote deve ser enviado para a **porta<sub>0</sub>**, exceto se a porta de origem é igual à de destino (neste caso o quadro é descartado)
  - ◆ Caso não exista a entrada na tabela, então o pacote deve ser enviado para todas as portas (flooding ou inundação)
  - ◆ Depois de um certo tempo, as entradas na tabela expiram e são eliminadas.
- Este algoritmo não funciona se existirem laços (loops) na rede. Neste caso, é necessário utilizar

# Exercício - Ponte

- Preencha a tabela de rotas de cada ponte

- ◆  $A \rightarrow B$
- ◆  $E \rightarrow H$
- ◆  $C \rightarrow G$
- ◆  $D \rightarrow \text{broadcast}$
- ◆  $B \rightarrow A$
- ◆  $A \rightarrow D$



# Bridges/Pontes

## ■ Características: ►

- ◆ diferenciam-se dos repetidores, pois as pontes manipulam quadros ao invés de sinais elétricos.
- ◆ a ponte examina o endereço de destino do quadro e baseado em suas tabelas decide se os quadros devem ser passados adiante ou não;
- ◆ promovem a segmentação de tráfego, melhorando o desempenho da rede se o tráfego inter-redes não for elevado;

# Bridges/Pontes

## ■ Características: ◀

- ◆ Utilizada geralmente para interligação de duas redes idênticas
  - caso específico de interligação de padrões diferentes dos níveis de enlace e nível físico
    - Ex.: IEEE 802.3(CSMA/CD) x 802.5 (Token Ring)
      - problema: diferentes tamanhos de quadros (quadros descartados, pois não é da competência do nível de Enlace quebrar e remontar quadros)
      - problema: mensagens com prioridades (prioridade desprezada);
- ◆ Armazenamento temporário de pacotes (uma vez que o envio pode não ser imediato, dependendo do momento e do método de acesso ao meio - ordenado ou baseado em contenção);
- ◆ Isolar falhas na rede e isolar problemas no sinal transmitido; A falha em uma rede não afeta uma outra

# Bridges/Pontes

## ■ Vantagens de uma ponte

- ◆ Auto-configuráveis
- ◆ Pontes mais simples são muito baratas
- ◆ Reduzem o tamanho do domínio de colisão
- ◆ Mantém interconexão transparente para os protocolos acima da camada MAC
- ◆ Permite a introdução de gerenciamento na rede
  - informações de desempenho e controle de acesso
- ◆ LANs interconectadas estão separadas e por isso a interconexão não interfere nas suas limitações físicas (número de estações, repetidores, tamanho segmento)

# Bridges/Pontes

## ■ Desvantagens de uma ponte

- ◆ Não limita o escopo de broadcasts
- ◆ Não é escalável em redes grandes
- ◆ Bufferização introduz atrasos nos nós – o tráfego médio destinado à ponte será aquele relacionado ao número de estações no resto da LAN
- ◆ Interligação com diferentes protocolos MAC pode introduzir erros

# Roteiro

- Classificação dos Equipamentos
- Repetidores
- Hubs
- Ponte/Bridge
- Switches
- Roteadores
- Gateways
- Congestionamento na Rede

# Switches no Nível de Enlace

- **Switches** “=” bridges locais de mais de 2 portas
- **Características**
  - ◆ Comparado a uma bridge (ponte) - opera em alta velocidade e com um maior número de portas
  - ◆ Permite a troca de mensagens entre várias estações simultaneamente
  - ◆ Dispositivo que implementa uma comunicação centralizada ponto a ponto
  - ◆ Representa um elemento central da topologia em estrela
  - ◆ Permite comunicações simultâneas entre mais de 1 par de dispositivos através da segmentação de tráfego
- Utilizados em ambientes de LAN - principalmente pelo preço e menor complexidade
  - ◆ Empregado maciçamente em substituição a HUBs e bridges
- **Uso:** interligação eficiente entre estações sob uma mesma tecnologia, ainda que utilizando velocidades diferentes



# Nível de Enlace

## Switch para LANs 802.3

- O Switch é um dispositivo que foi projetado com um objetivo específico

- ◆ **Segmentar uma LAN** → transformar um domínio de colisão de uma rede Ethernet, em diversos domínios de colisão independentes, e assim fornecer banda adicional à rede.

- Em uma porta de um Switch pode ser ligado um HUB/Switch/Estação/Rotea



# Nível de Enlace

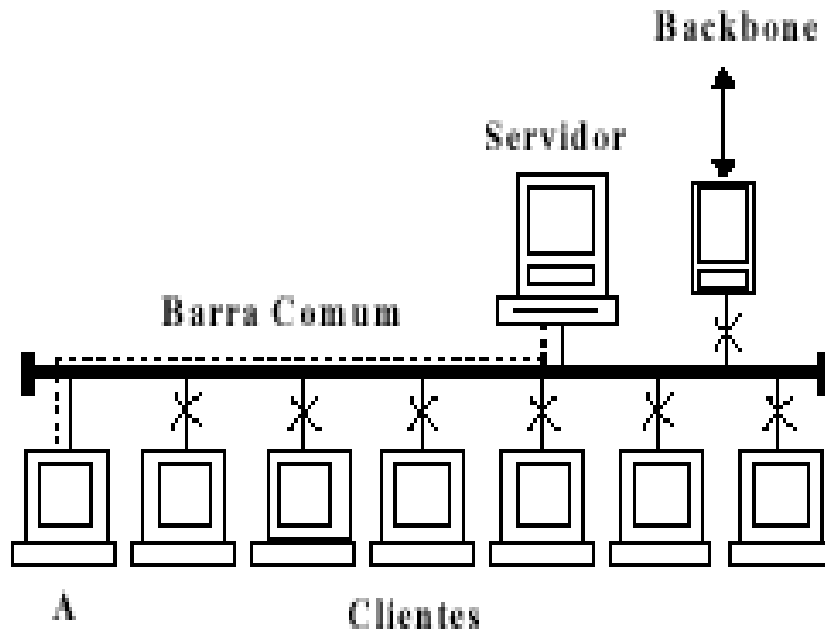
## Switch para LANs 802.3

- Para cada quadro que chega a uma porta é estabelecida uma conexão virtual com a porta destino.
- A conexão é mantida até completar o envio do quadro.
- Em geral o quadro é segmentado em células menores que são transmitidas seqüencialmente (comutação de células).
- O funcionamento é todo baseado em hardware que assegura alto desempenho.
- **Store-and-forward** vs. Cut-through  
(encaminha os bits para a porta destino assim que possível)

# Nível de Enlace

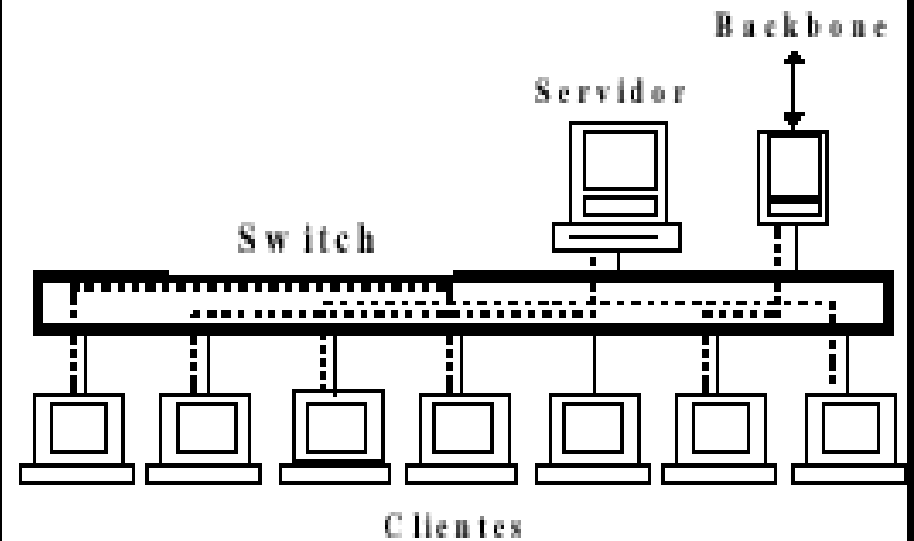
## Switch para LANs 802.3

### Modelo Ethernet Partilhado



**Enlaces com X indicam clientes bloqueados enquanto o cliente A comunica com o**

### Modelo Ethernet com Switching

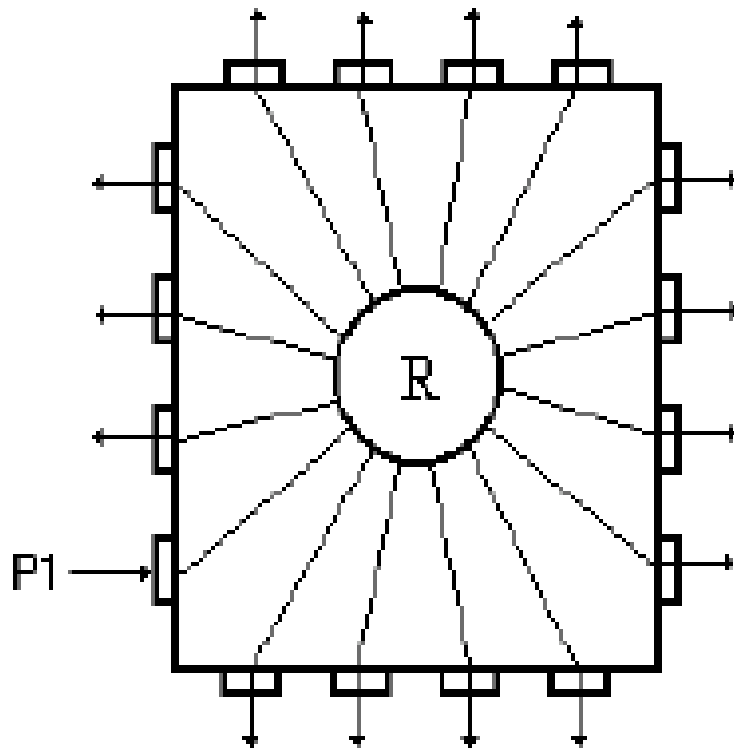


**Clientes são comutados segundo uma matriz de comutação de alta velocidade com acesso concorrente entre clientes e servidor**

# Nível de Enlace

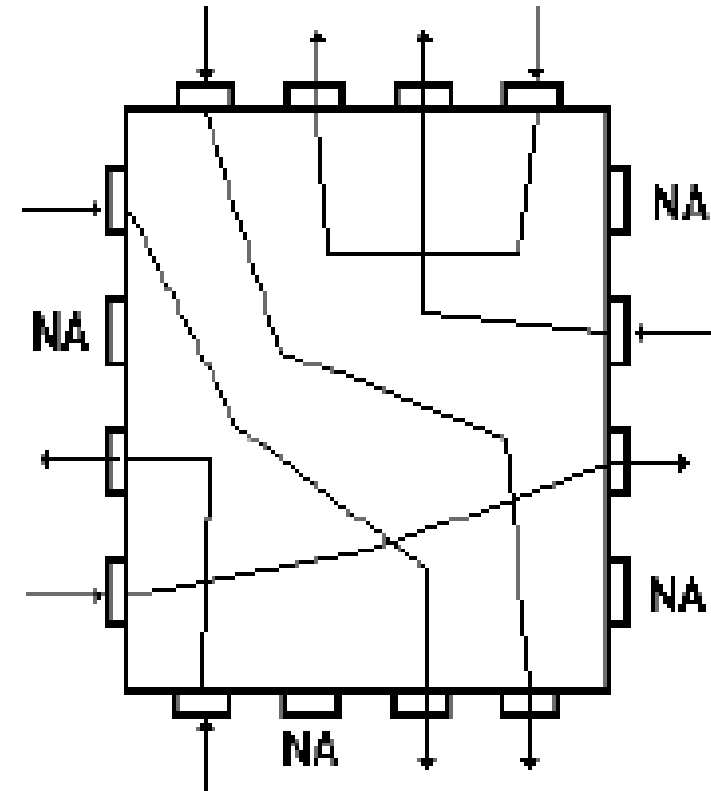
## Switch para LANs 802.3

HUB Ativo



O terminal da porta P1 transmite e o repetidor R propaga para todas as outras portas

Ether Switch

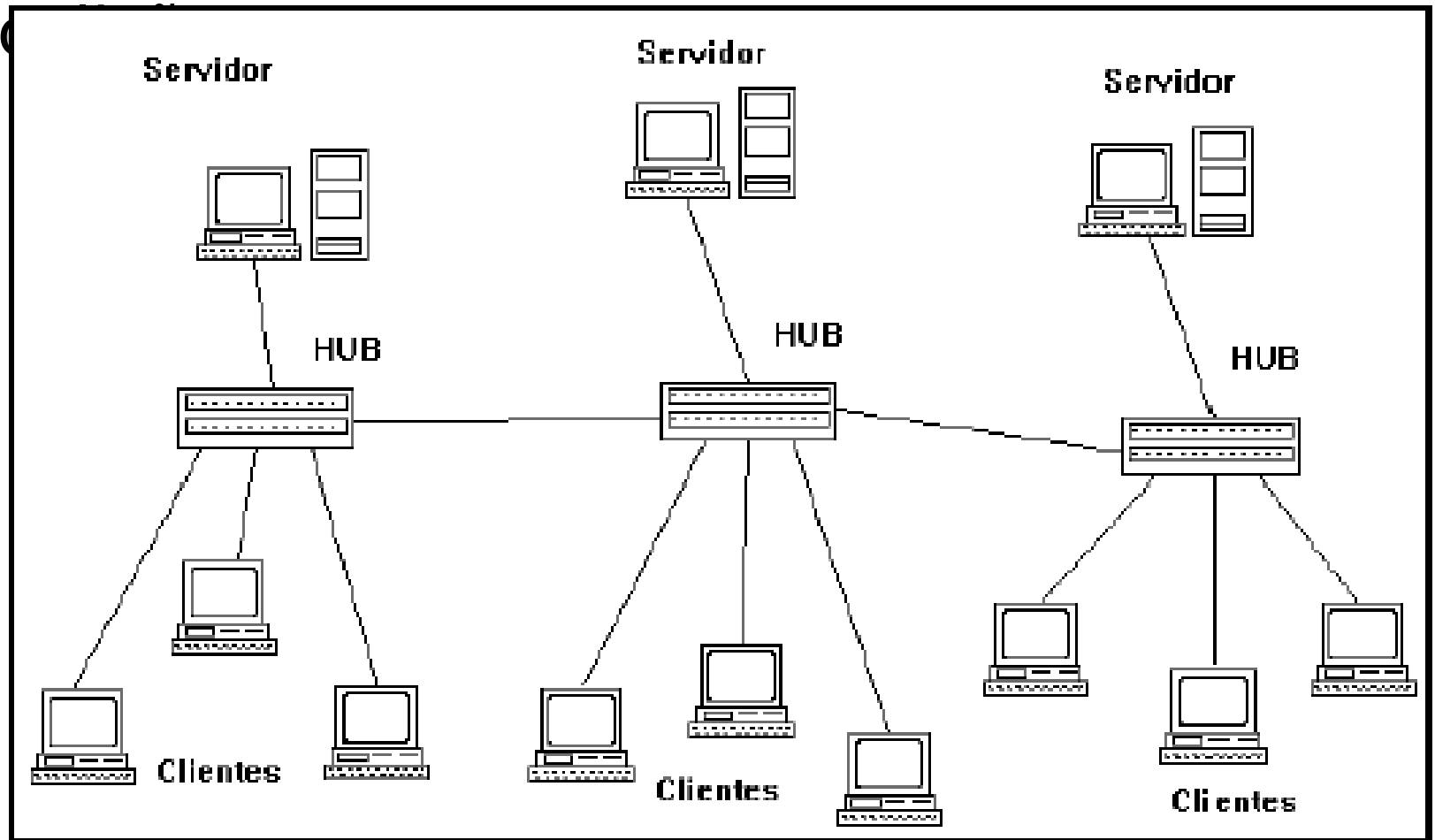


Vários circuitos virtuais entre duas portas .

# Nível de Enlace

## Switch para LANs 802.3

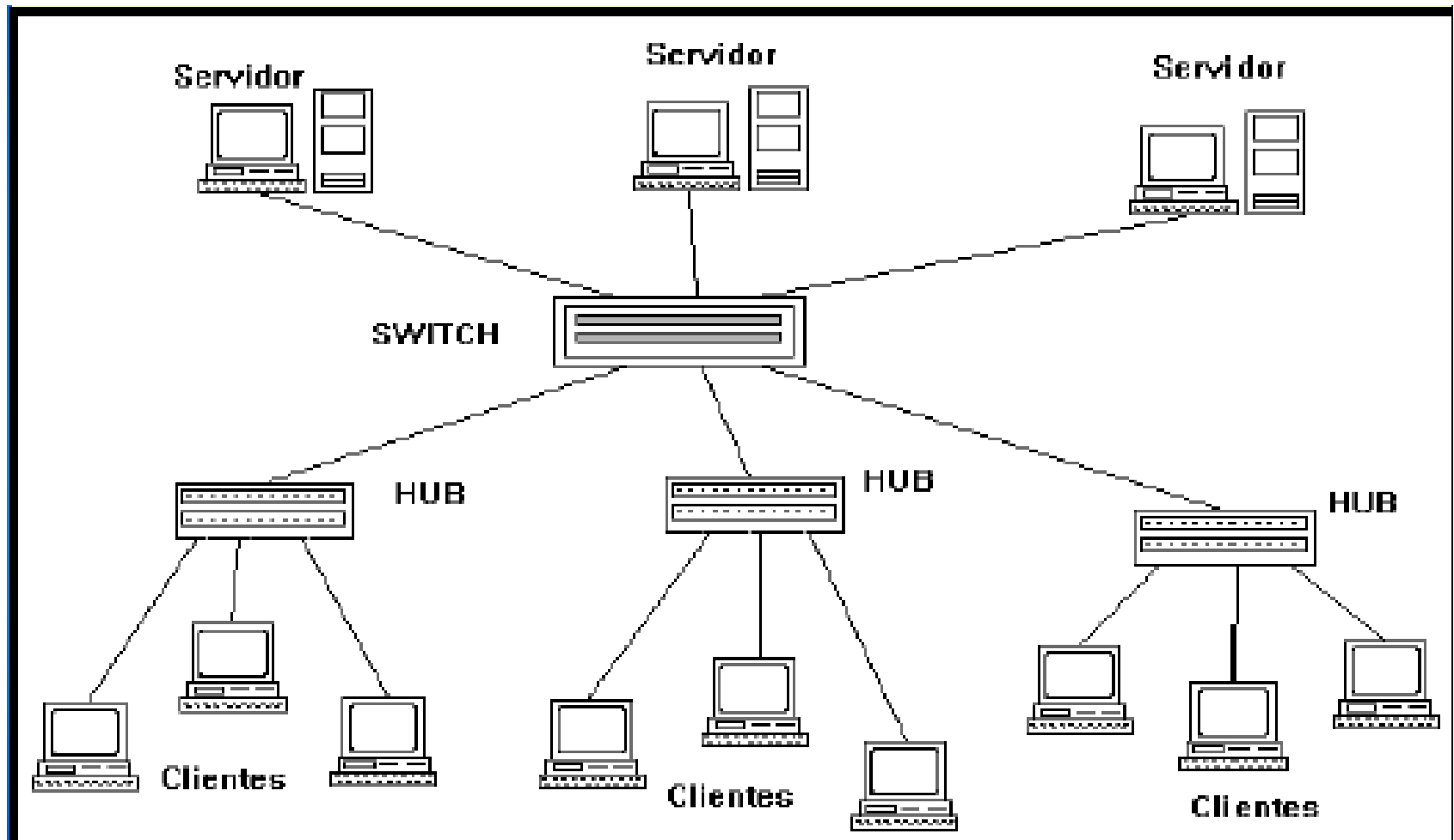
- Rede Ethernet com um único domínio de



# Nível de Enlace

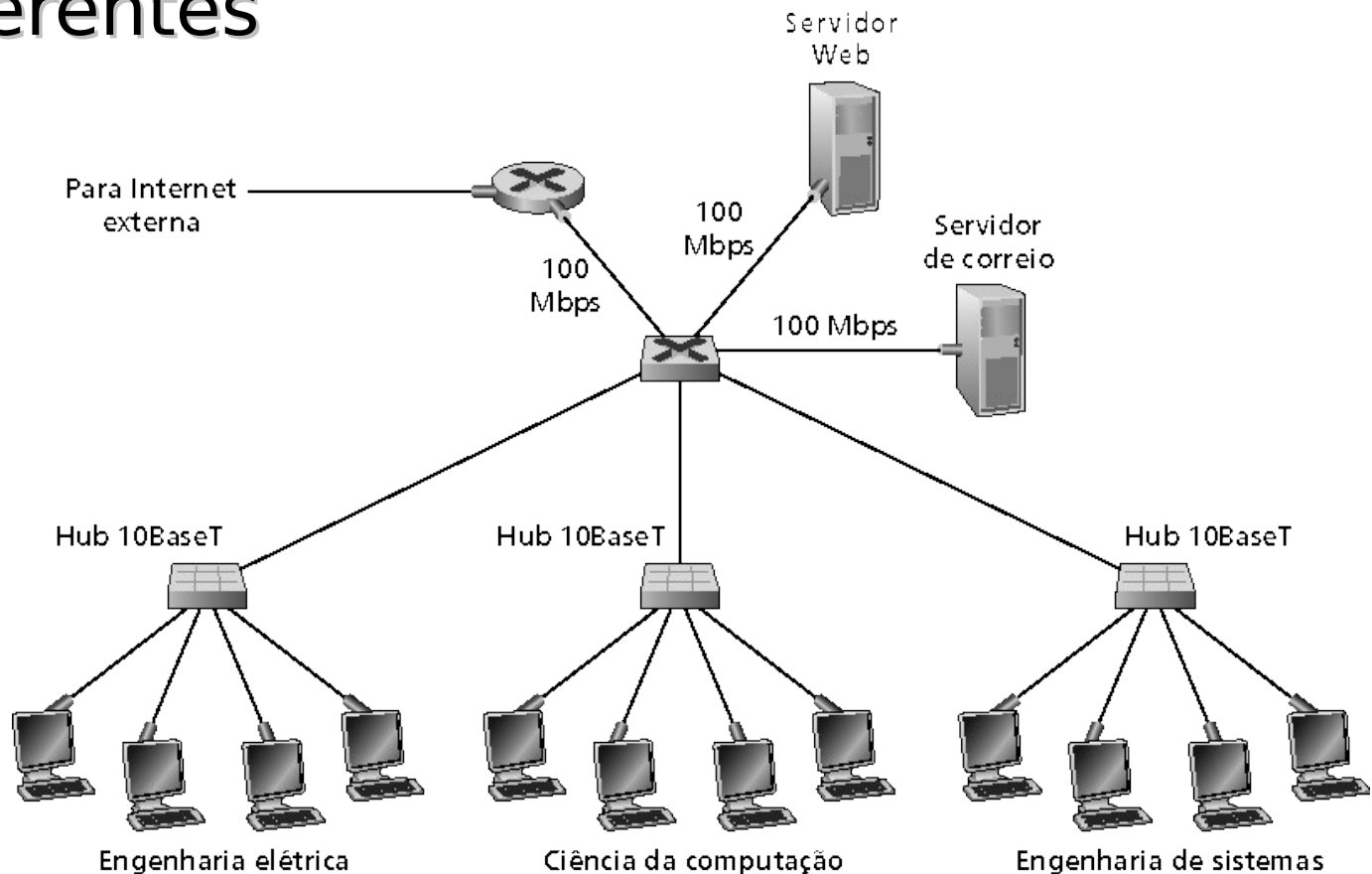
## Switch para LANs 802.3

- Rede Ethernet com Switch agregando 6 domínios de colisão



# Switch

## ■ Interconexão de enlaces com velocidades diferentes



# Switch

## Tabela de Rotas

- Funciona exatamente como para uma ponte
- Quando um switch recebe um quadro:

indexa a tabela do switch usando end. MAC de destino

**if** entrada for encontrada para o destino

**then {**

**if** dest. no segmento deste quadro chegou

**then** descarta o quadro

**else** encaminha o quadro na interface indicada

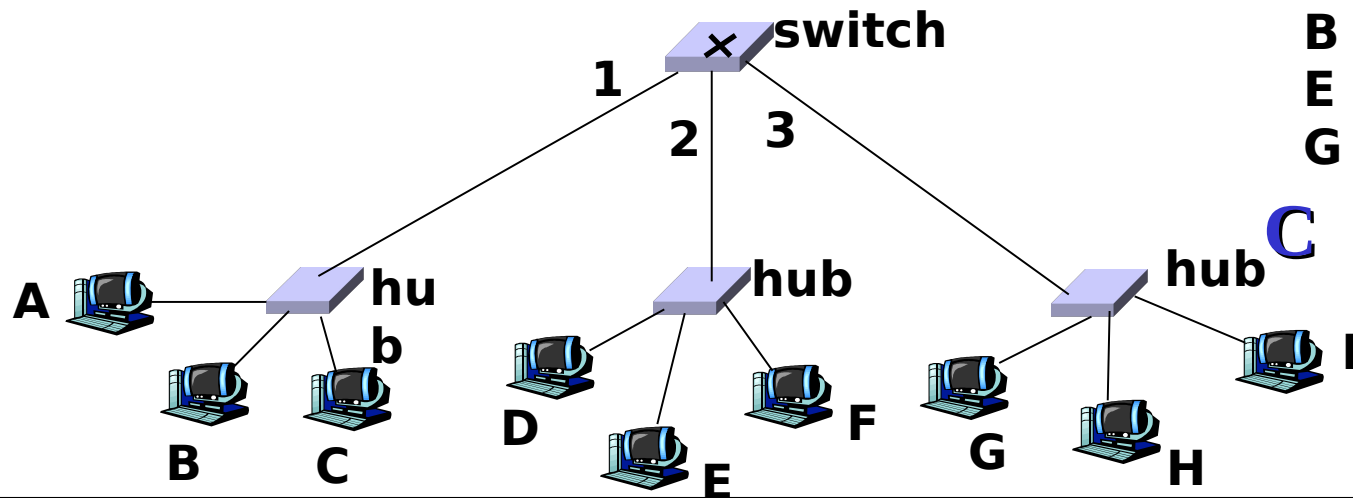
**}**

**else** flood



# Exemplo de Construção da Tabela de um Switch

Suponha que **C** envia um quadro para **D**



endereço		interface
A		1
B		1
E		2
G		3
C		1

- Switch recebe o quadro de C
  - ◆ Anota na tabela que C está na interface 1
  - ◆ Como D não está na tabela, o switch encaminha o quadro para as interfaces 2 e 3
- Quadro recebido por D

# Exercício - Switches

- Considere as tabelas de B1, B2, S1 e S2 preenchidas com todas as rotas para os endereços de enlace de A a H.
- Quais serão os segmentos de rede utilizados nos seguintes envio de frames:

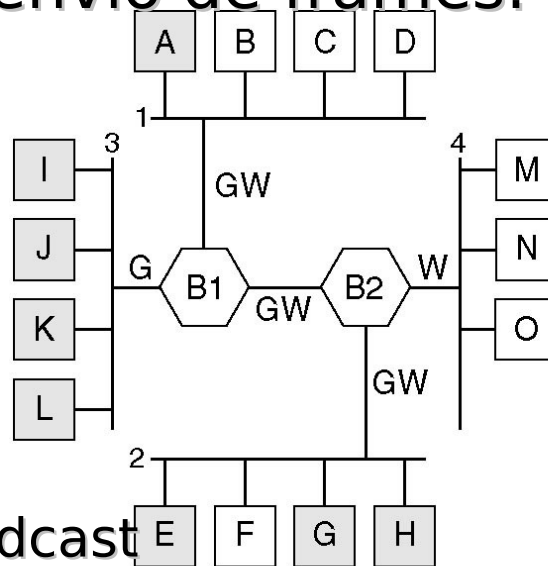
◆  $I \rightarrow C$

◆  $I \rightarrow A$

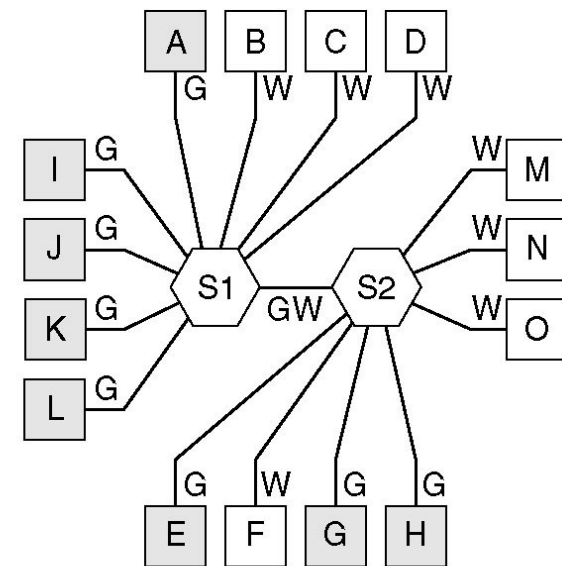
◆  $K \rightarrow O$

◆  $E \rightarrow G$

◆  $M \rightarrow \text{broadcast}$



(a)



(b)

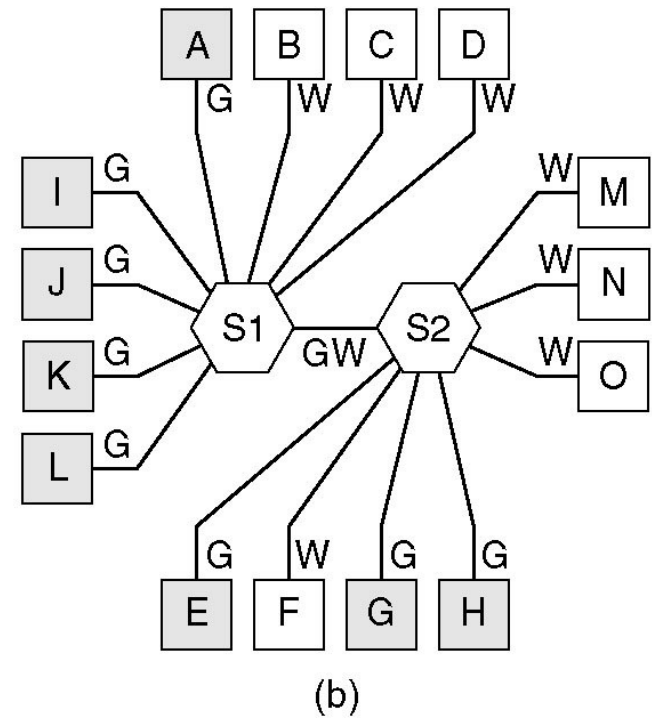
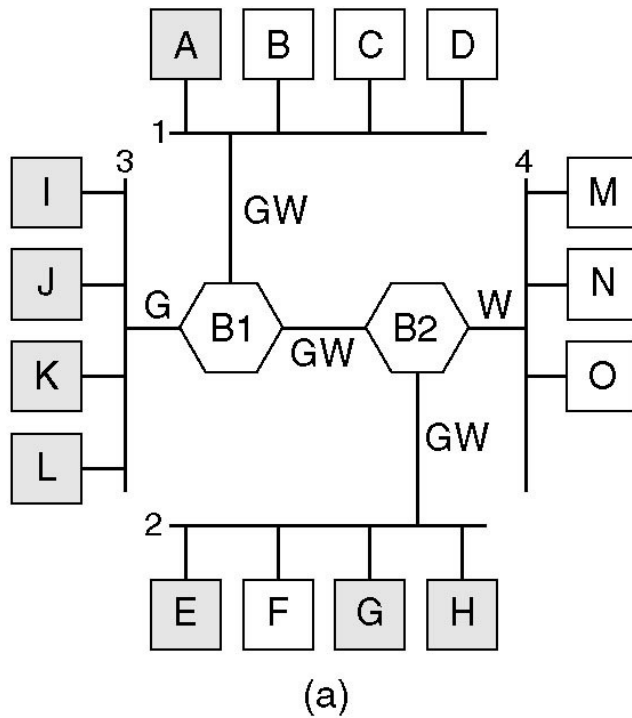
# LANs virtuais

## ■ Motivação

- ◆ Físico vs. Lógico
- ◆ Segurança
- ◆ Carga (que pode ser diferente em cada LAN)
- ◆ Domínio de broadcast

# LANs virtuais

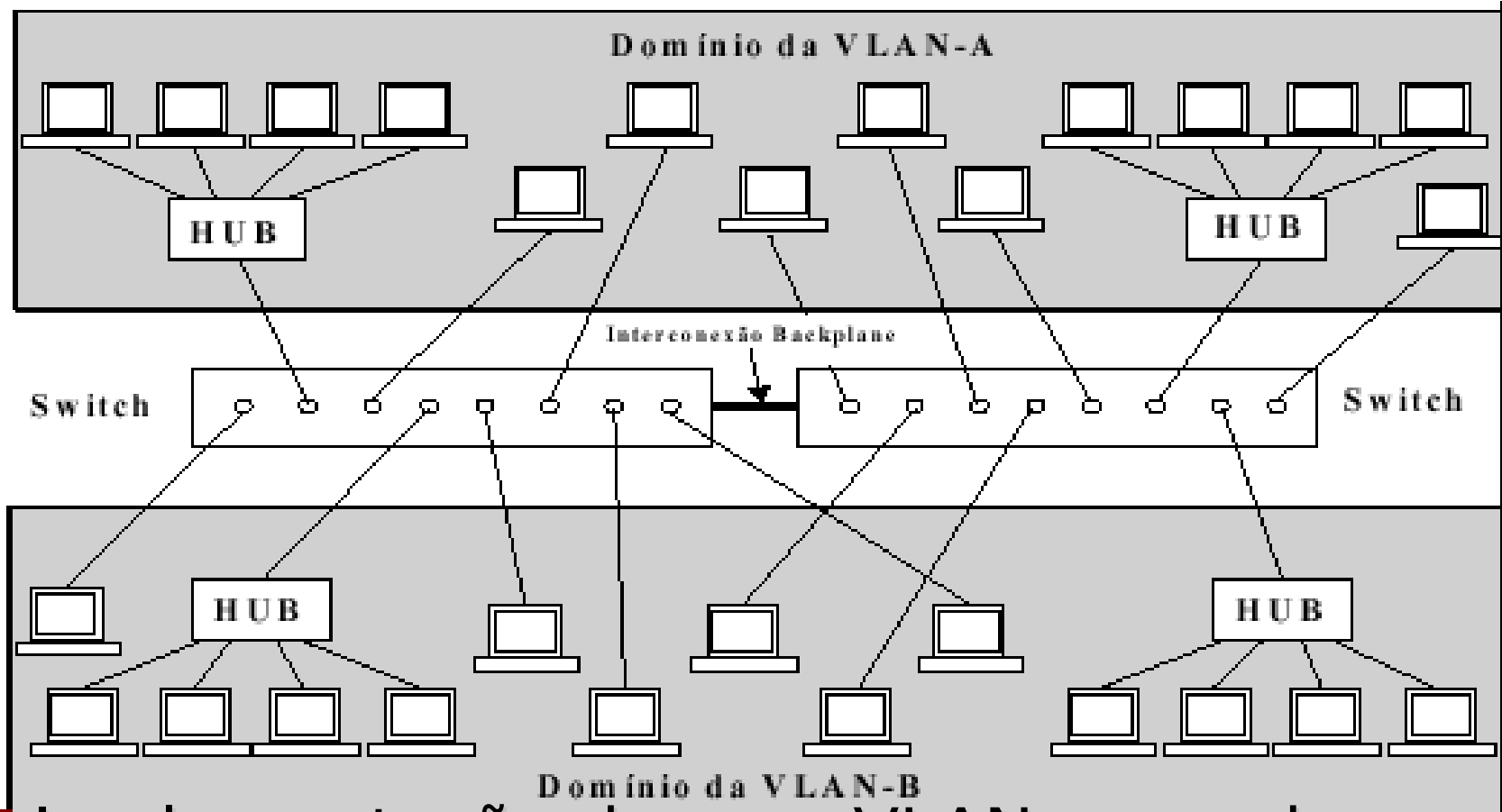
## ■ Exemplo



# Switchs com Redes Virtuais ou Virtual LANs (VLANs)

- Uma VLAN define um domínio de broadcast;
- Uma VLAN pode ser vista como o equivalente a um grupo de estações finais, porém, implementado fisicamente em segmentos diferentes de LANs.

# Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)



- Implementação de uma VLAN segundo o conceito de grupo de portas de Switch

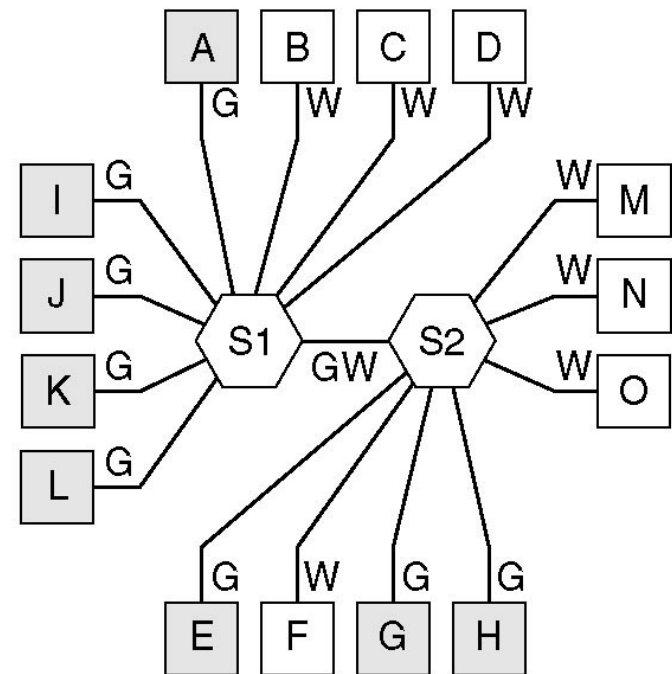
# Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)

- Existem basicamente 4 tipos de implementação para VLANs:
  - ◆ VLAN formada a partir de grupo de portas de *switch*;
  - ◆ VLAN formada por grupo de endereços de MAC ou endereços físicos (nível 2)
  - ◆ VLAN formada por grupo de endereços de rede (no nível 3)
  - ◆ VLAN formada a partir de endereço *multicast* de IP.
- Cada fornecedor de equipamentos adota sua própria estratégia de VLAN

# Exercício - Switches

- Refaça o exercício anterior, considerando que as máquinas em cinza (G) formam uma VLAN e as máquinas em branco (W) formam outra VLAN.
- Quais serão os segmentos de rede utilizados nos seguintes envio de frames:

- ◆  $I \rightarrow C$
- ◆  $I \rightarrow A$
- ◆  $K \rightarrow O$
- ◆  $E \rightarrow G$
- ◆  $M \rightarrow \text{broadcast}$
- ◆  $E \rightarrow \text{broadcast}$



(b)



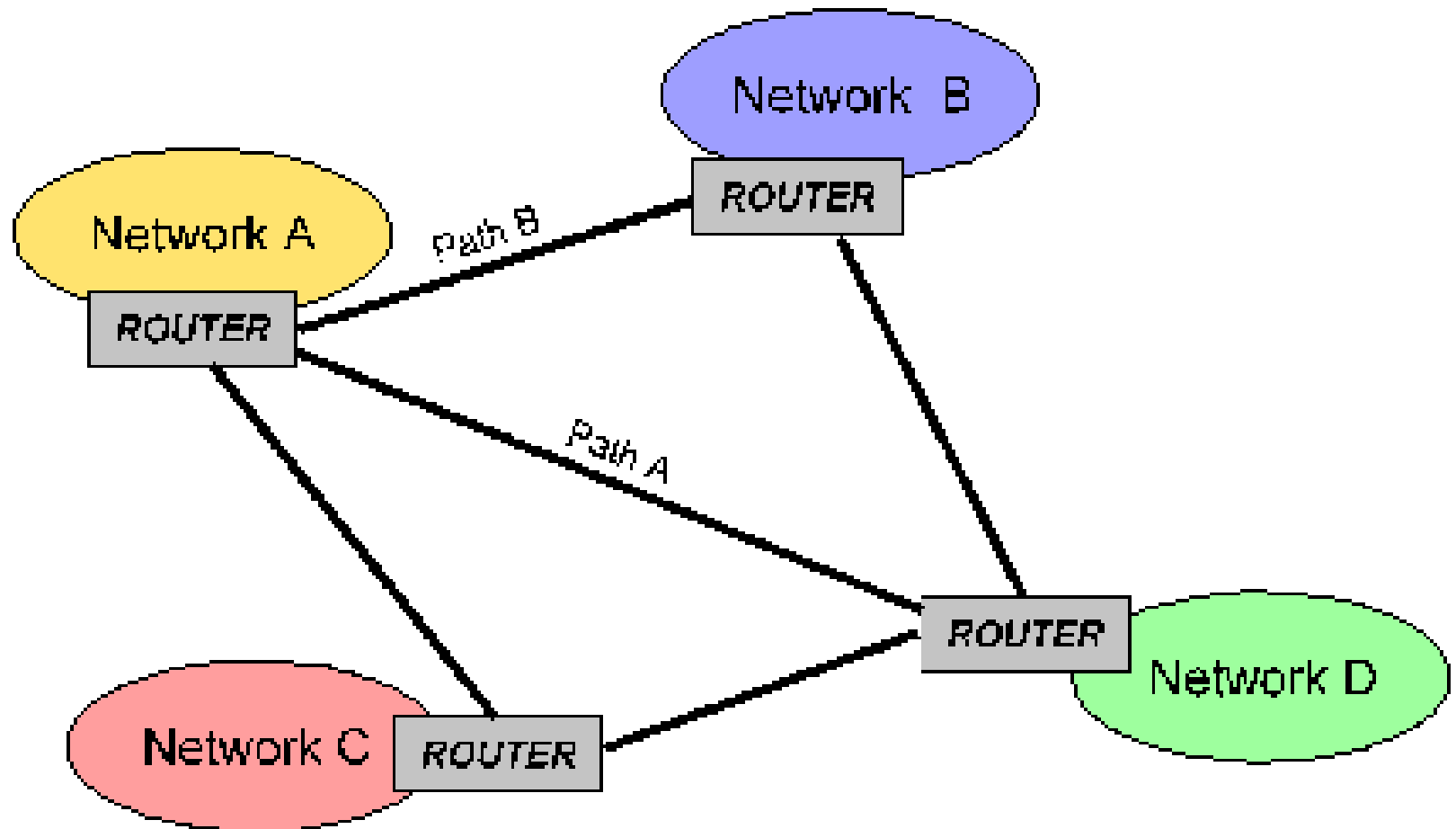
# Roteiro

- Classificação dos Equipamentos
- Repetidores
- Hubs
- Ponte/Bridge
- Switches
- Roteadores
- Gateways
- Congestionamento na Rede

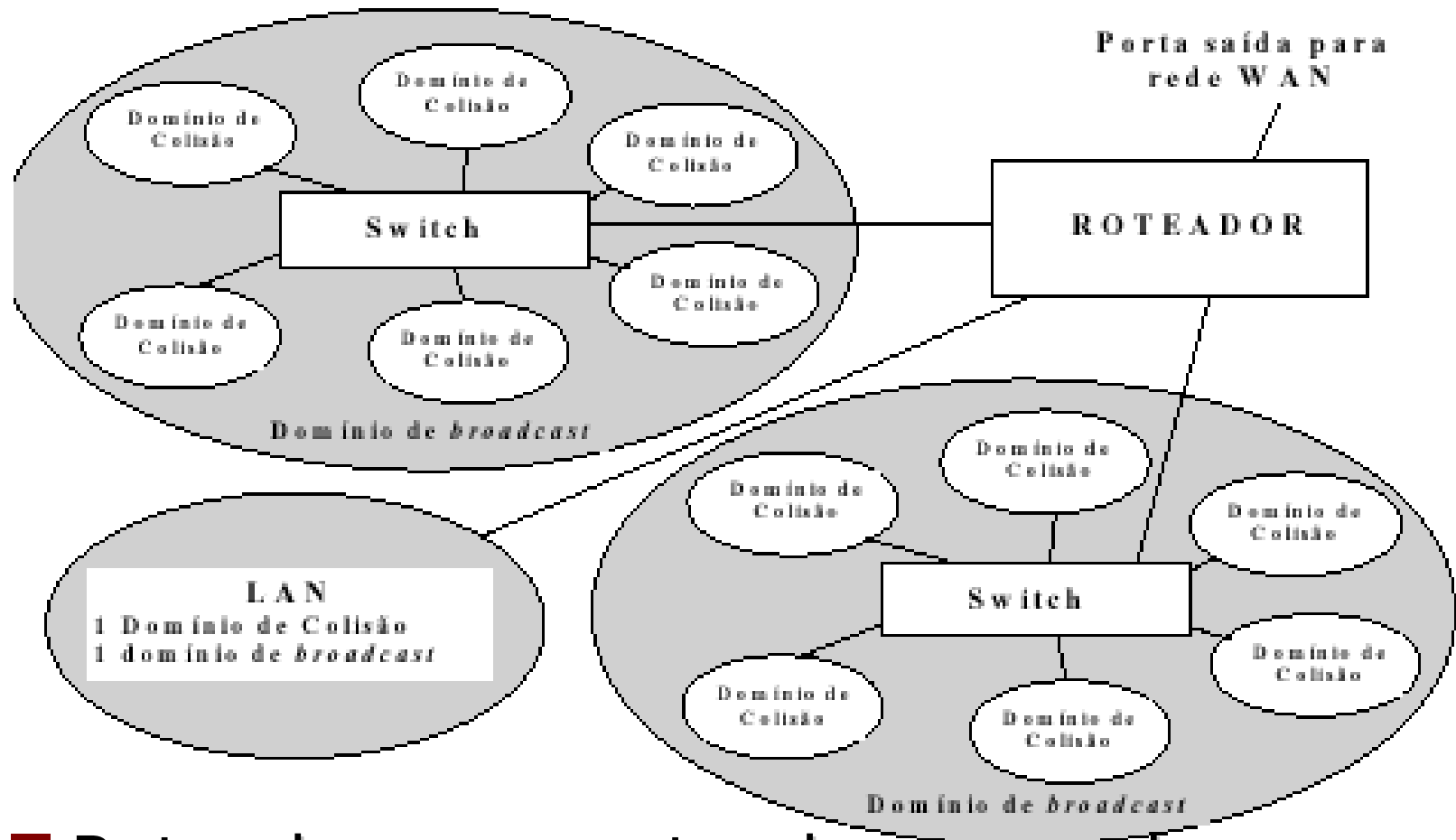
# Roteadores

- Transfere dados de uma rede para outra (que podem ser fisicamente diferentes - frames diferentes)
- Camada 3 (Redes) do modelo ISO.
- Empregados em ligações inter-redes, principalmente pelo serviço datagrama
- Inteligente: tenta encontrar a melhor rota para o pacote através de algoritmos de roteamento
  - ◆ Estáticos
    - requerem atualização das tabelas de roteamento a cada mudança na estrutura da rede
    - mais barato
  - ◆ Dinâmicos
    - auto-configuráveis
    - utilizados quando os roteadores estáticos não são adequados (p.ex. com redes sujeitas a muitas mudanças)
    - mais caros

# Roteadores



# Roteador segmentando domínios de broadcast



- Roteador segmentando uma rede em domínios de broadcast

# Comparação entre os dispositivos

	Hubs	Pontes	Roteadores	Switches
Isolação de tráfego	Não	Sim	Sim	Sim
Plug & play	Sim	Sim	Não	Sim
Roteamento ótimo	Não	Não	Sim	Não
Cut through	Sim	Não	Não	Sim

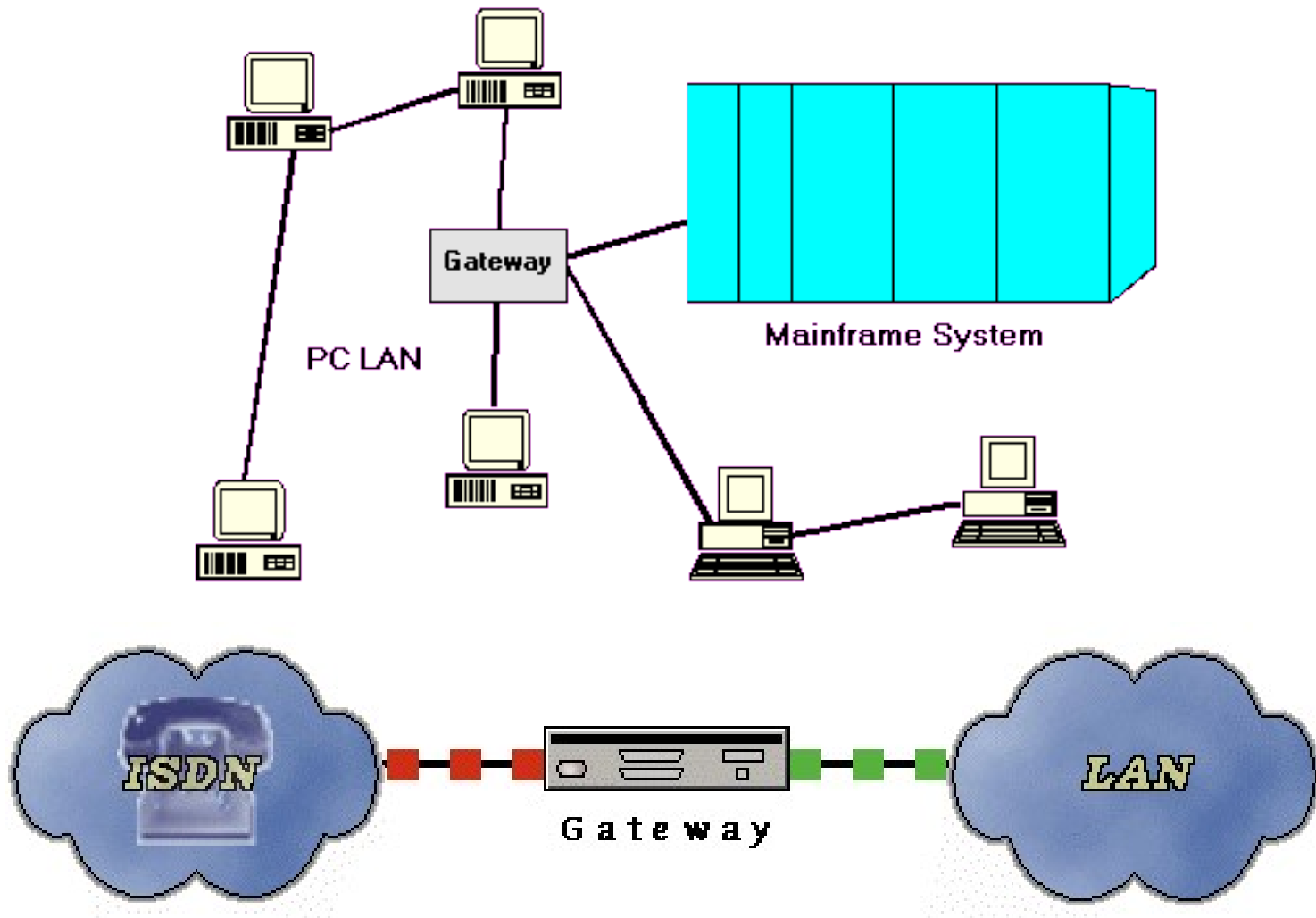
# Roteiro

- Classificação dos Equipamentos
- Repetidores
- Hubs
- Ponte/Bridge
- Switches
- Roteadores
- Gateways
- Congestionamento na Rede

# Gateways

- Utilizados para permitir a interconexão de redes com protocolos diferentes, efetuando a tradução das mensagens de um protocolo para outro, respeitando a semântica;
- Conecta duas redes diferentes, ou uma rede a um computador central. O “gateway” é responsável pela transmissão de informações entre esses ambientes. Também é responsável pela conversão de protocolos;
- **Gateway:** dispositivo que atua em qualquer camada do modelo ISO/OSI para vencer “diferenças” entre redes;

# Gateways





# Roteiro

- Classificação dos Equipamentos
- Repetidores
- Hubs
- Ponte/Bridge
- Switches
- Roteadores
- Gateways
- Congestionamento na Rede

# Detectando e resolvendo congestionamento

- Sintomas observados pelos usuários:
  - ◆ Demora para login;
  - ◆ Resposta Lenta;
  - ◆ Demora para carregar aplicativos na rede;
  - ◆ Tempo de espera longo;
  - ◆ Perdas inesperadas e abruptas de conexões;
  - ◆ Problema para acessar a um servidor de impressão/banco de dados

# Congestionamento da Rede

## ■ Possíveis causas:

- ◆ Erros físicos (cabos, placas, etc..);
- ◆ Estações ou servidores de alta velocidade;
- ◆ Excesso de usuários em único segmento compartilhado (mesmo domínio de colisão);
- ◆ Aplicações de uso intenso que polarizam o uso dos recursos da rede;
  - Sistemas de Banco de Dados, etc....

# Congestionamento da Rede Ethernet IEEE 802.3

- Itens a serem revisados em caso de suspeita
  - ◆ Topologia física e lógica, protocolos
  - ◆ Plantas de cabeamento estruturado, sub-redes
  - ◆ Número de estações por segmentos
  - ◆ Equipamentos intra-rede (hubs)
  - ◆ Equipamentos inter-rede (switches, roteadores)
  - ◆ Perfil de utilização dos usuários
  - ◆ Períodos do dia/mês/hora que ocorre o congestionamento
  - ◆ Tipos de S.O dos usuários, tipos de protocolos
  - ◆ Aplicativos utilizados, durante congestionamento

# Congestionamento da Rede Ethernet IEEE 802.3

## ■ Soluções ! ! !

### ◆ Aumentar a largura de Banda

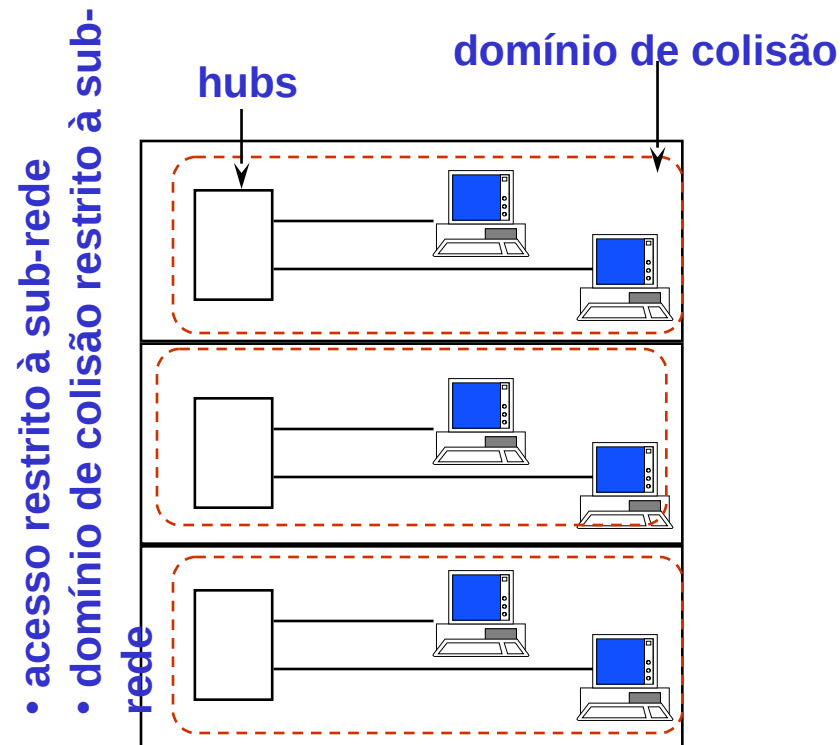
- Fast Ethernet 100 Mbit/s
- Gigabit Ethernet 1000 Mbit/s
- ATM (25, 155, 622 Mbit/s)

### ◆ Aumentar a segmentação, utilizando Switch

### ◆ Implementar um Backbone de alta velocidade ATM a 622 Mbit/s ou Gigabit Ethernet 1000 Mbit/s

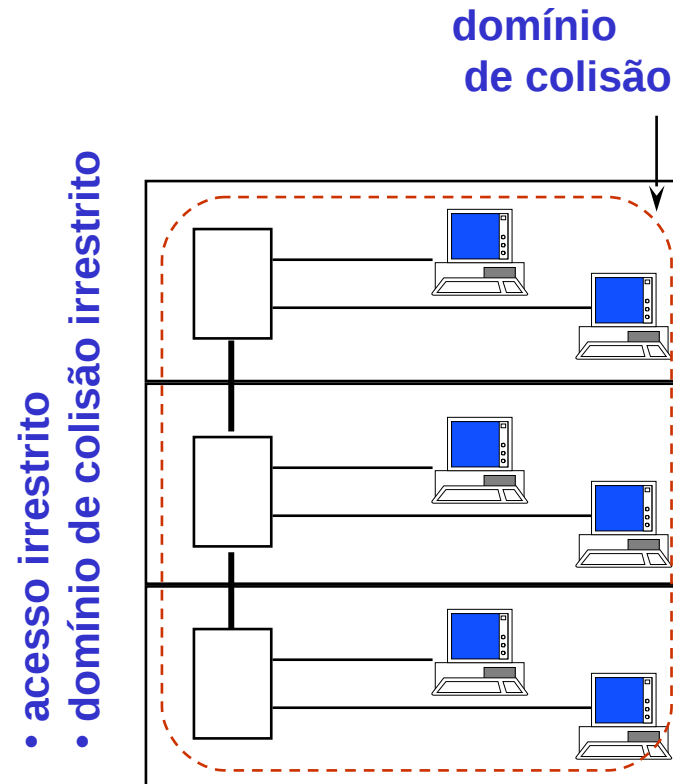
# Resumo

## ■ Recursos: Hubs/Switches/Virtual LANs



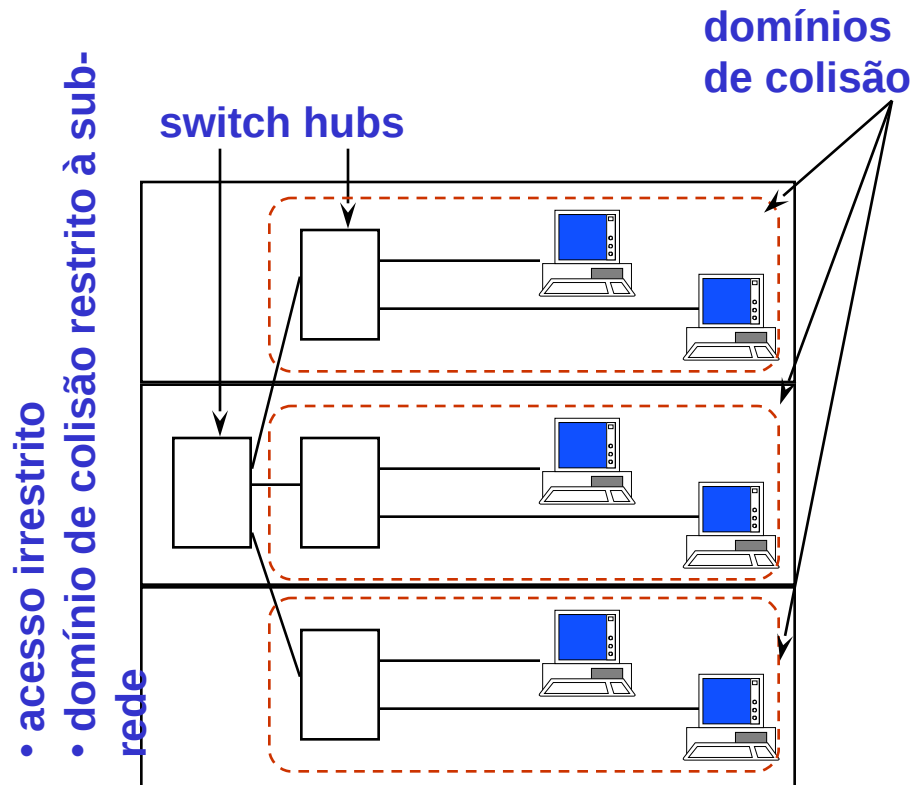
**hubs não interligados**

# Resumo

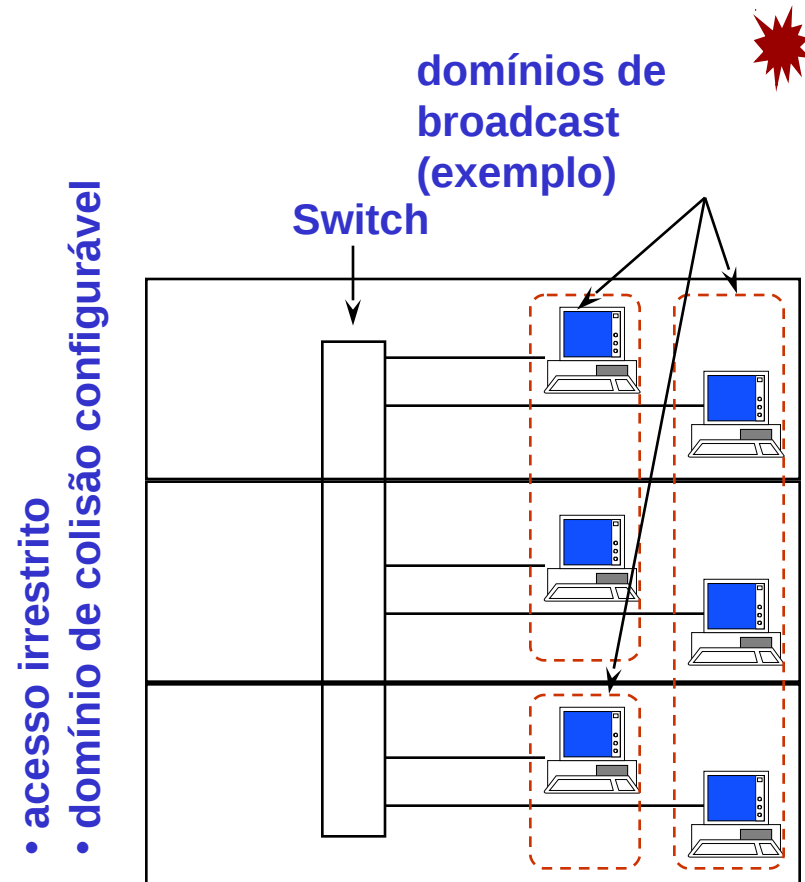


**hubs interligados / Cascadeamento de hub**

# Resumo



com switch



Virtual LAN



# Resumo

