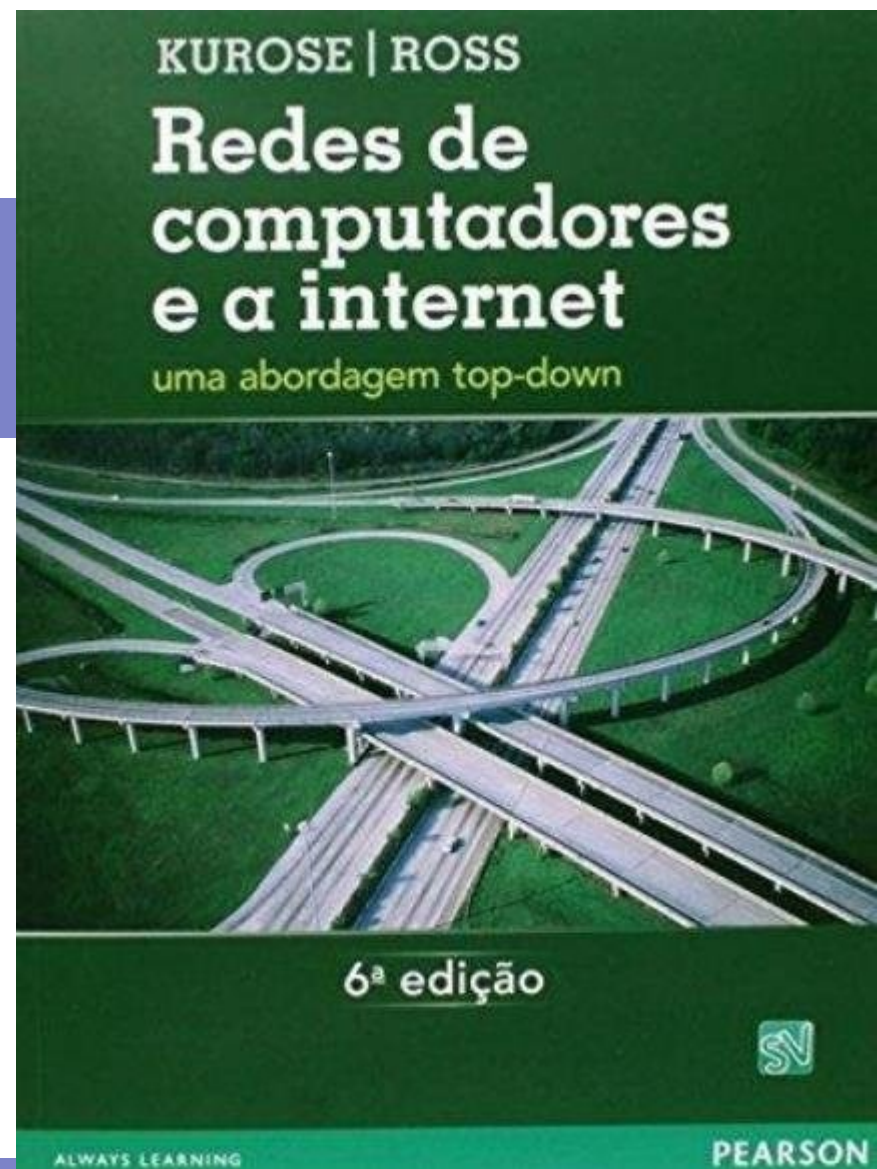


# Redes de computadores e a Internet

## Capítulo 1

### Redes de computadores e a Internet



# 1

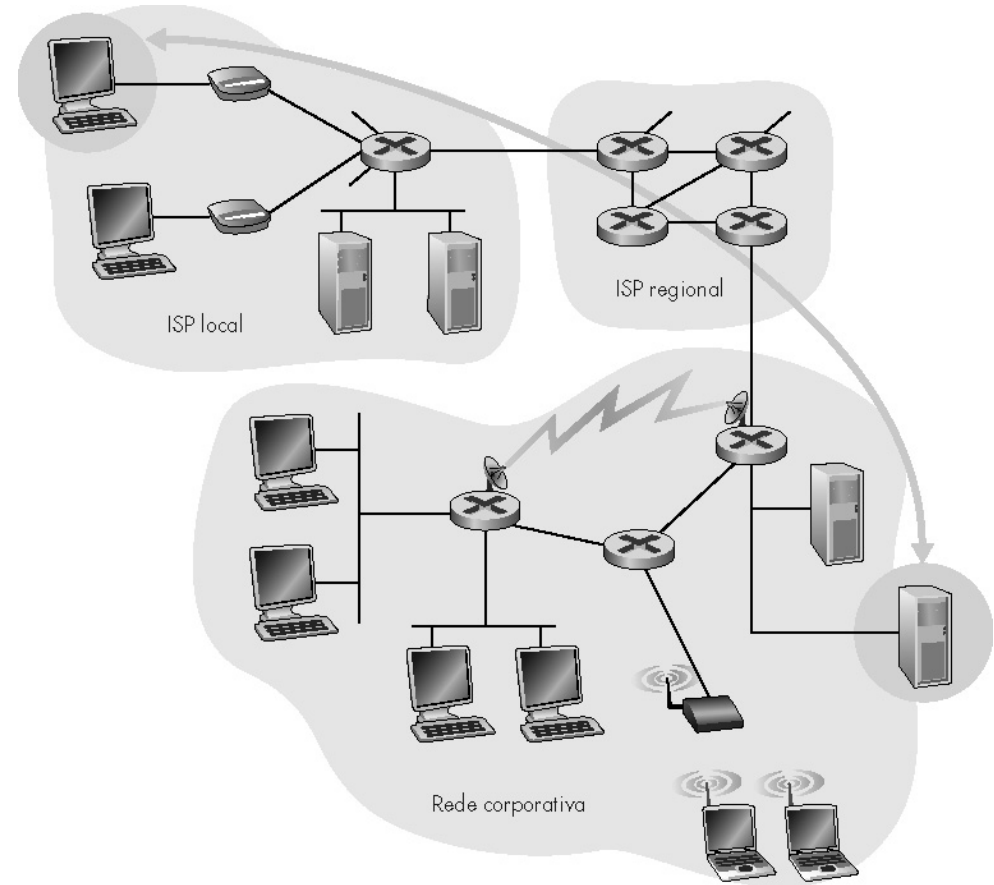
# Redes de computadores e a Internet

- **1.1 O que é Internet?**
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
- 1.4 Acesso à rede e meio físico
- 1.5 Estrutura da Internet e ISPs
- 1.6 Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- 1.7 Camadas de protocolo, modelos de serviço
- 1.8 História

## 1

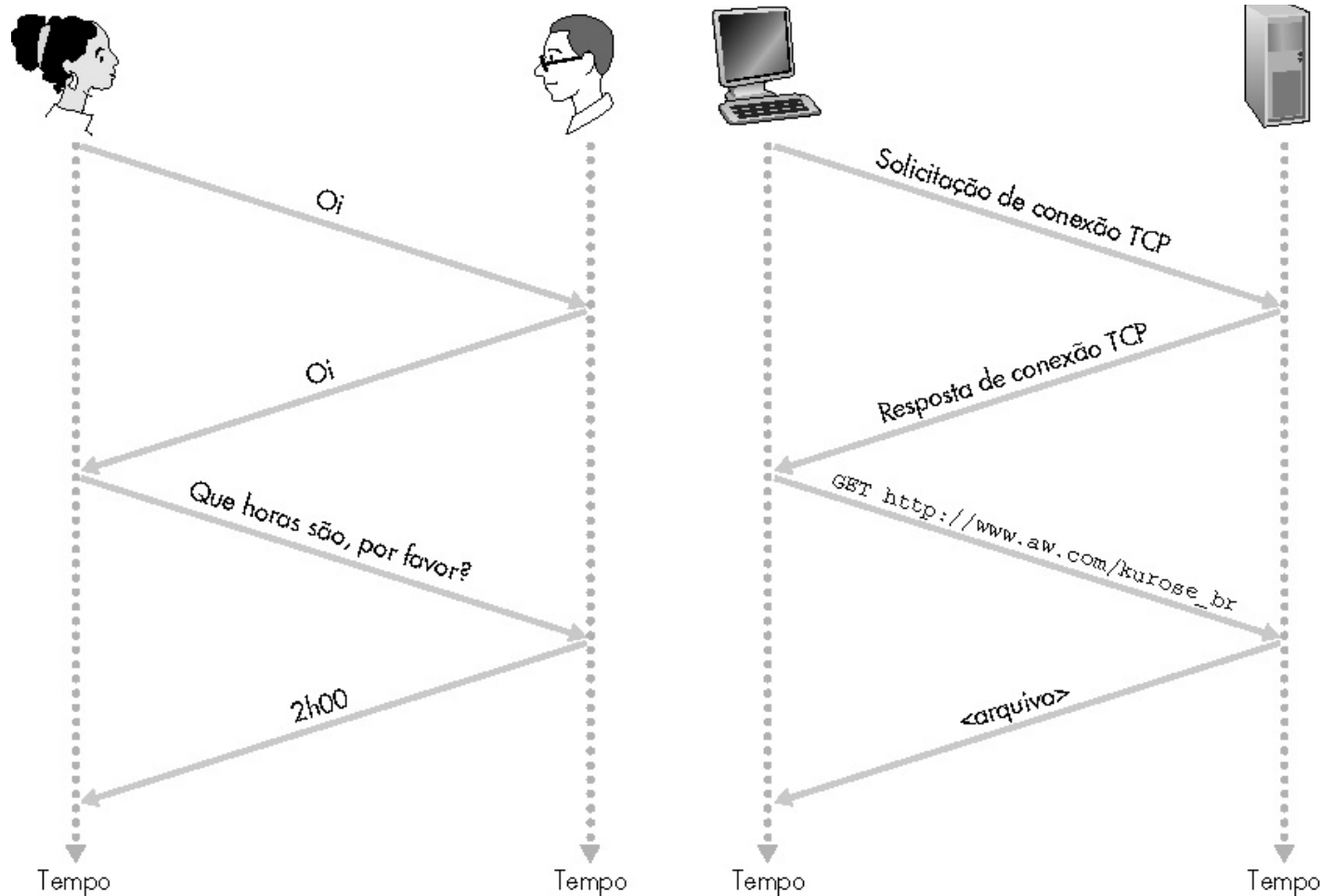
# Uma visão mais de perto da estrutura da rede:

- **Borda da rede:**  
aplicações e hospedeiros
- **Núcleo da rede:**  
roteadores  
rede de redes
- **Redes de acesso, meio físico:**  
enlaces de comunicação



# 1 O que é um protocolo?

Um protocolo humano e um protocolo de rede de computadores:



# 1 O que é um protocolo?

## Protocolos humanos:

- “Que horas são?”
- “Eu tenho uma pergunta.”
- Apresentações
- ... msgs específicas enviadas
- ... ações específicas tomadas quando msgs são recebidas ou outros eventos

## Protocolos de rede:

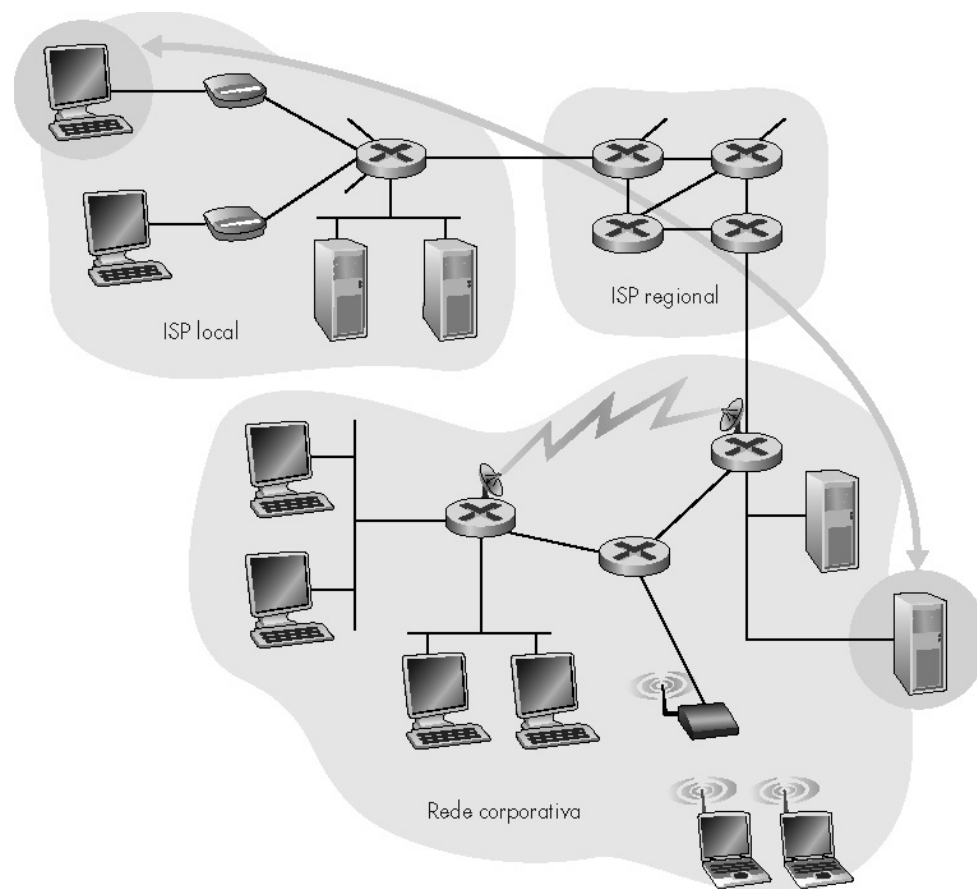
- Máquinas em vez de humanos
- Toda atividade de comunicação na Internet é governada por protocolos

PROTOCOLOS DEFINEM OS FORMATOS, A ORDEM DAS MSGS ENVIADAS E RECEBIDAS PELAS ENTIDADES DE REDE E AS AÇÕES A SEREM TOMADAS NA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE MENSAGENS

## 1

# As bordas da rede

- **Sistemas finais (hospedeiros):**
- Executam programas de aplicação
- Ex.: Web, e-mail
- Localizam-se nas extremidades da rede
- **Modelo cliente/servidor**
- O cliente toma a iniciativa enviando pedidos que são respondidos por servidores
- Ex.: Web client (browser)/server; e-mail client/server
- **Modelo peer-to-peer:**
- Mínimo (ou nenhum) uso de servidores dedicados
- Ex.: Gnutella, KaZaA



# 1

# Internet

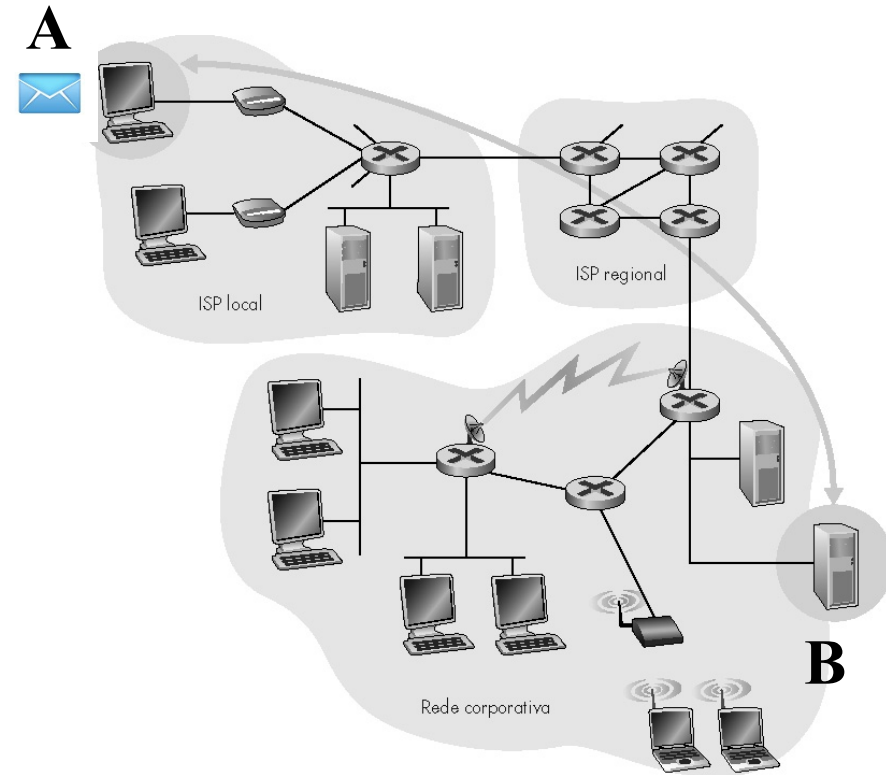
- **INTERNET:**

- ◆ - **Modelo de Transmissão:**

- ◆ **Comutação de Pacotes;**

- Melhor esforço;
- Largura de banda Compartilhada.

Quanto tempo é gasto para transmitir um pacote de A para B na Internet?



## 1

# As bordas da rede – Exemplo Numérico

Quanto tempo é gasto para transmitir um pacote de A para B na Internet?



**A**



**B**

$L$  = Tamanho do Pacote: 1600 Bytes

$R$  = Taxa de Transmissão do enlace: 1,5 Mbps

$$\text{Fórmula} = \frac{L}{R}$$

É necessário converter!!!!



## 1

# As bordas da rede – Exemplo Numérico

Quanto tempo é gasto para transmitir um pacote de A para B na Internet?



$$\text{Fórmula} = \frac{L}{R}$$

**Exemplo:**

L = 1600 bytes =

bits?

R = 1,5 Mbps =

bits?

# 1

## As bordas da rede – Exemplo Numérico

**-1 Byte ( octetos) = 8 bits**

**-Múltiplos de bits usando padrões:**

**-quilobit (kb), megabit (Mb), gigabit (Gb) e Terabit (Tb)**

**“Notação para bit utiliza um "b" minúsculo”**

**-Notação para byte que utiliza um "B" maiúsculo (kB, MB, GB, TB).**

# 1

## As bordas da rede – Exemplo Numérico

- **Em comunicação de dados** apenas a definição métrica de um kilobyte (1.000 bits por kilobyte) está correto.
- A definição binária de um kilobyte (1.024 bits por kilobyte) é usado em áreas como armazenamento de dados (disco rígido, memória), mas não para expressar a largura de banda e taxa de transferência.

## 1

# As bordas da rede – Exemplo Numérico

## Exemplo:

$L = 1600 \text{ bytes} = 12800 \text{ bits}$

$R = 1,5 \text{ Mbps} = 1500 \text{ kbps (kilobits per second)} = 1500000 \text{ bps (bits per second)}$

$$\text{Fórmula} = \frac{L}{R} = \frac{12800 \text{ bits}}{1500000 \text{ bits/s}} = 0.0085 \text{ s} \times 1000 = 8,5 \text{ ms}$$

(até o roteador)

# 1

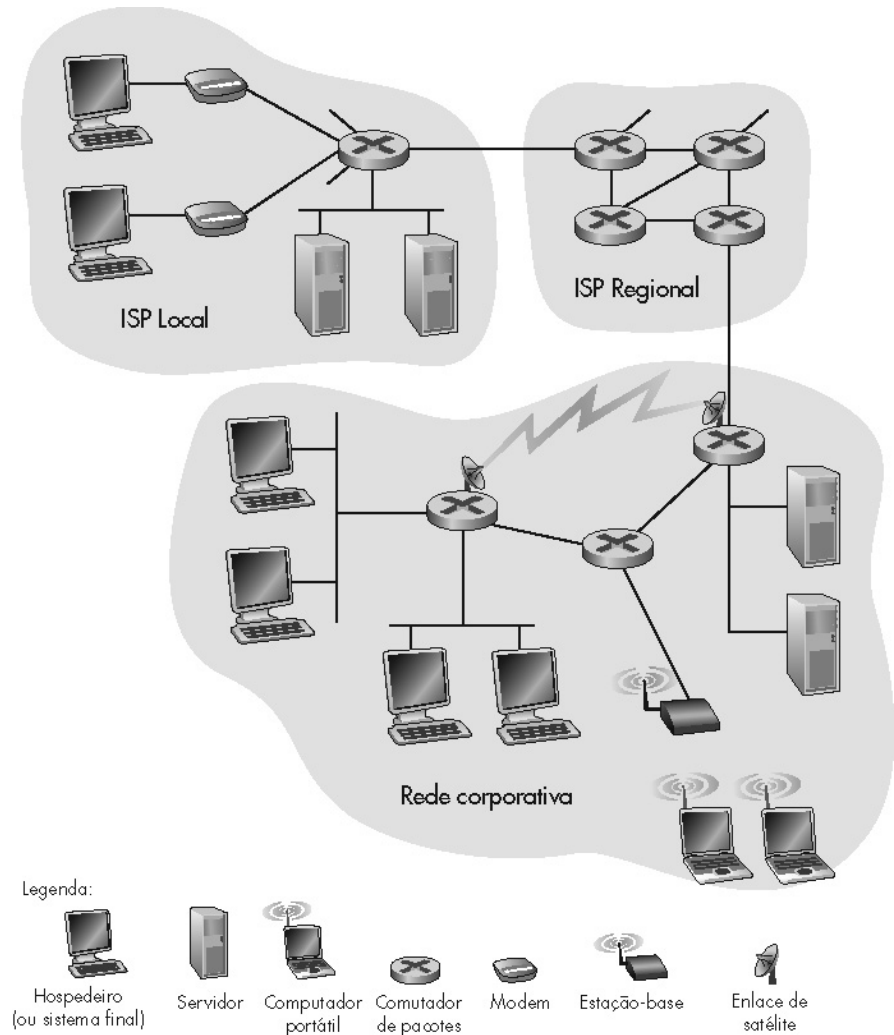
# Redes de computadores e a Internet

- 1.1 O que é Internet?
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
- 1.4 Acesso à rede e meio físico
- 1.5 Estrutura da Internet e ISPs
- 1.6 Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- 1.7 Camadas de protocolo, modelos de serviço
- 1.8 História

## 1

# O núcleo da rede

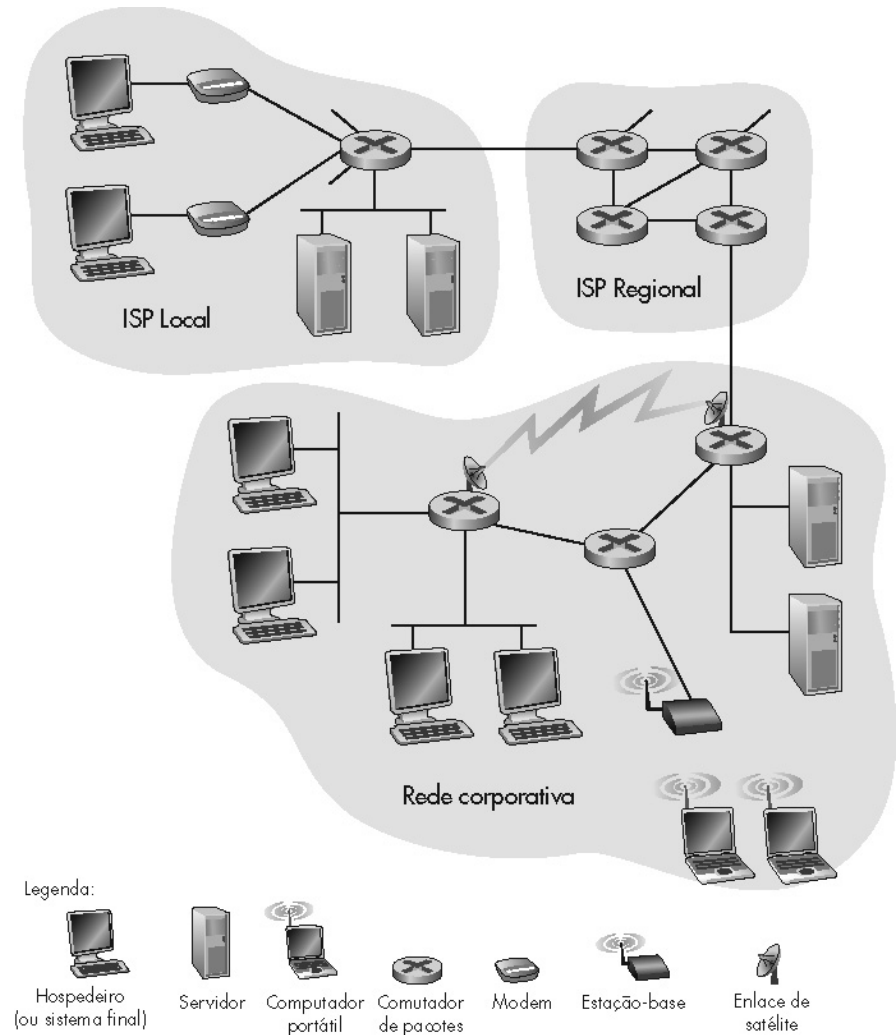
- Malha de roteadores interconectados
- **A questão fundamental:**  
como os dados são transferidos através da rede?



# 1

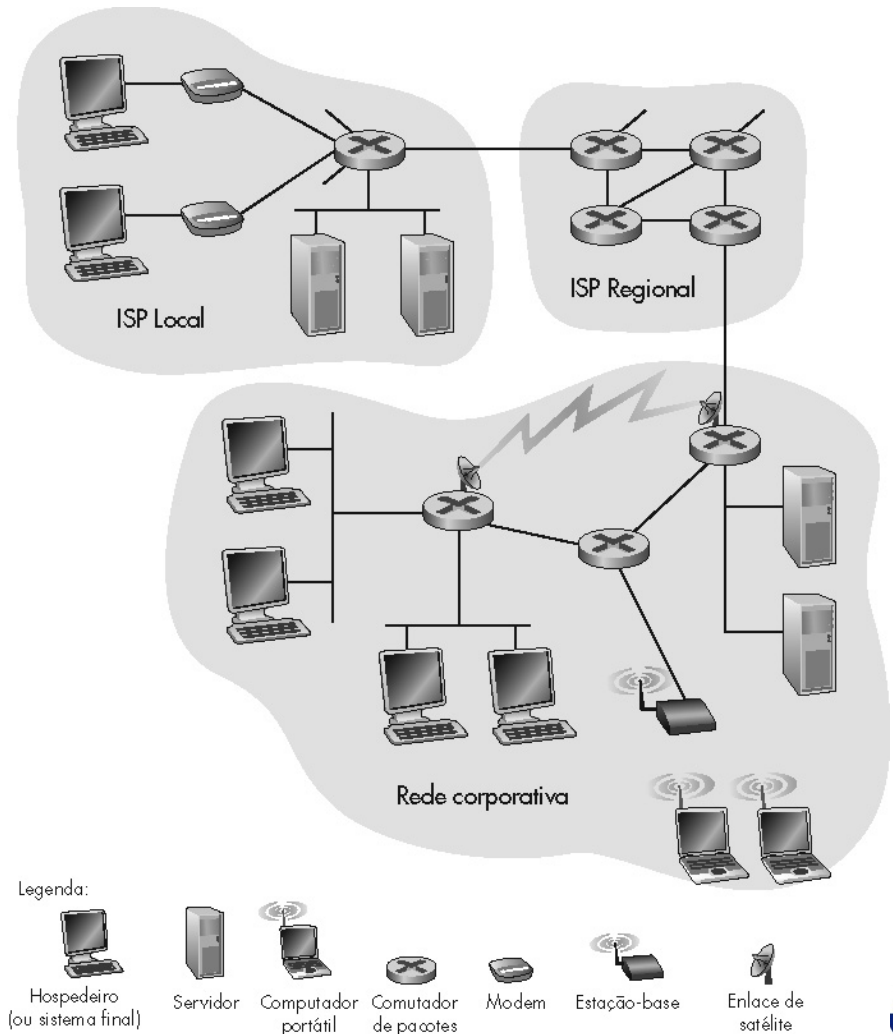
## O núcleo da rede

- Malha de roteadores interconectados
- **A questão fundamental:**  
como os dados são transferidos através da rede?
  - **Comutação de circuitos:** usa um canal dedicado para cada conexão
- Ex.: rede telefônica
- **Comutação de pacotes:**  
dados são enviados em “blocos” discretos



- Comutação:**

Preparação de uma informação para ser enviada para a rede nos padrões técnicos e lógicos estabelecidos.





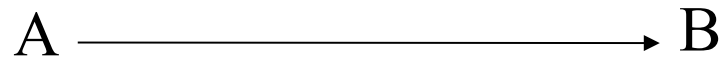
# 1

## As bordas da rede – Exercício

**Quanto tempo é gasto para transmitir um pacote de uma origem A para B?**

**$L = 1800$  bytes**

**$R = 900$  Kbps**



# 1

## As bordas da rede – Exercício

**Quanto tempo é gasto para transmitir um pacote de uma origem A para B?**

**$L = 1800 \text{ bytes} = 14400 \text{ bits}$**

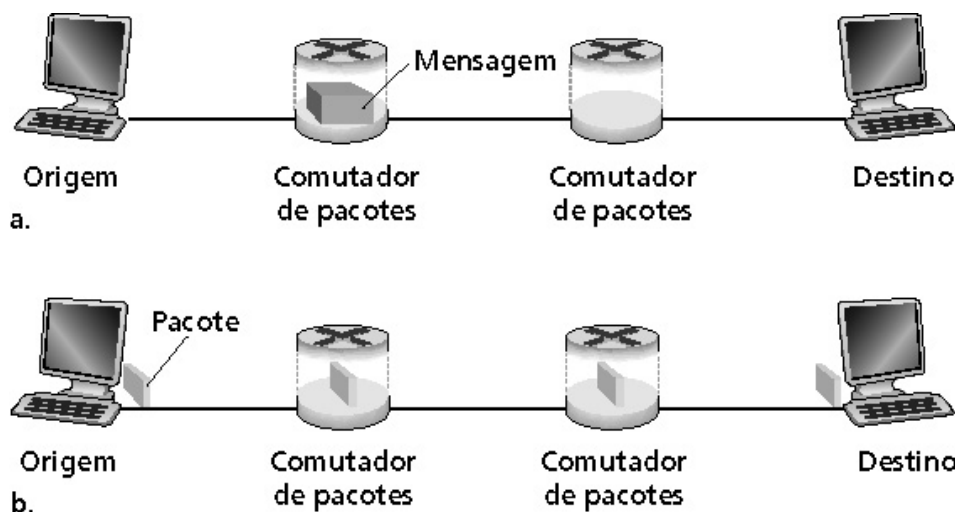
**$R = 900 \text{ Kbps} = 900000 \text{ bits/s}$**

**$L/R = 0,016\text{s} = 16\text{ms}$**

A  $\longrightarrow$  B

## 1

# Comutação de pacotes: armazena e reenvia



- Leva  $L/R$  segundos para enviar pacotes de  $L$  bits para o enlace ou  $R$  bps
- O pacote todo deve chegar no roteador antes que seja transmitido para o próximo enlace: *armazena e reenvia*
- Atraso =  $3L/R$

## Exemplo:

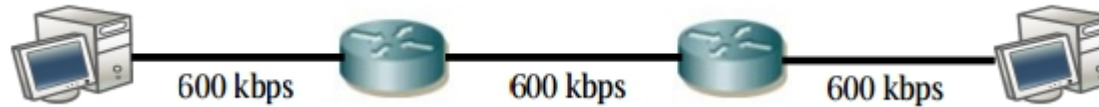
$L = 7,5 \text{ Mbits} = 7500 \text{ kbps (kilobits per second)} = 7500000 \text{ bps (bits per second)}$

$R = 1,5 \text{ Mbps} = (1500 \text{ Kbps}) = 1500000 \text{ bps (bits per second)}$

$\text{atraso} = 5 \cdot 3 = 15 \text{ s}$

# 1

## Comutação de pacotes: armazena e reenvia



Considere a topologia de rede: Calcule o atraso de 200 pacotes de 1.900 bytes cada um entre os host A e B. Indique os cálculos.

# 1

# Redes de computadores e a Internet

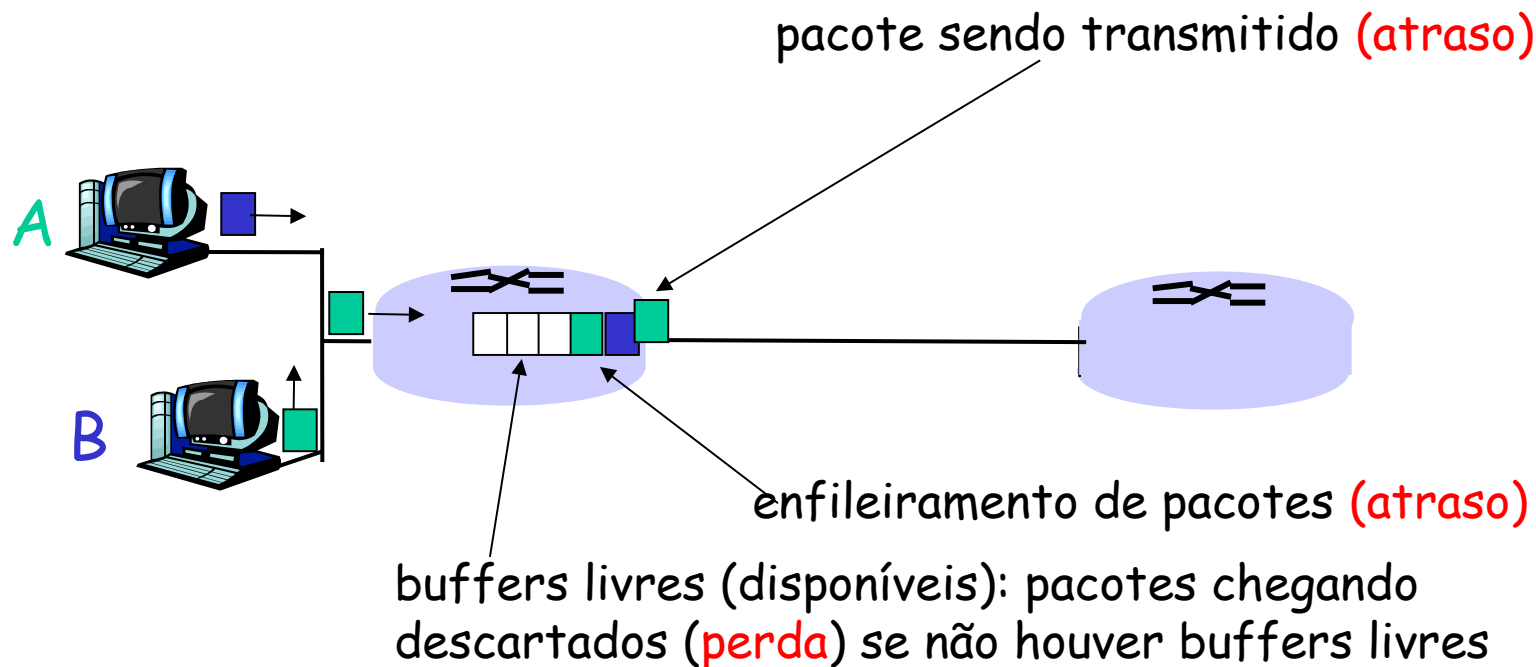
- 1.1 O que é Internet?
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
- 1.4 Acesso à rede e meio físico
- 1.5 Estrutura da Internet e ISPs
- 1.6 Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- 1.7 Camadas de protocolo, modelos de serviço
- 1.8 História

# 1

## Como perdas e atrasos ocorrem?

### Filas de pacotes em buffers de roteadores

- Taxa de chegada de pacotes ao enlace ultrapassa a capacidade do enlace de saída
- Fila de pacotes esperam por sua vez



# 1

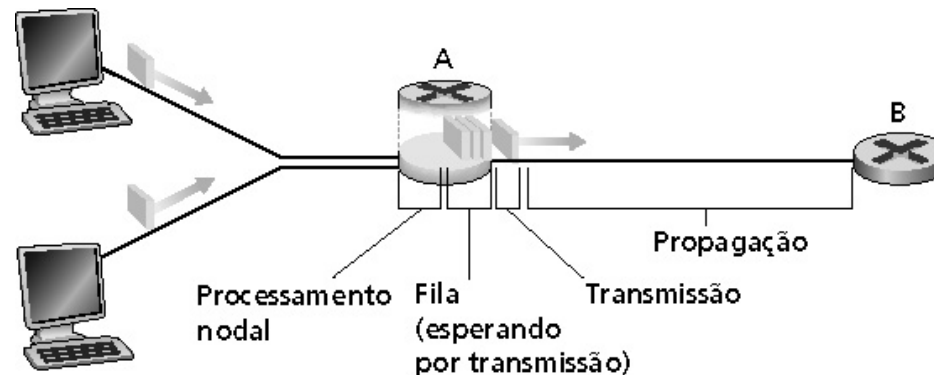
# Quatro fontes de atraso de pacotes

## 1. Processamento nos nós:

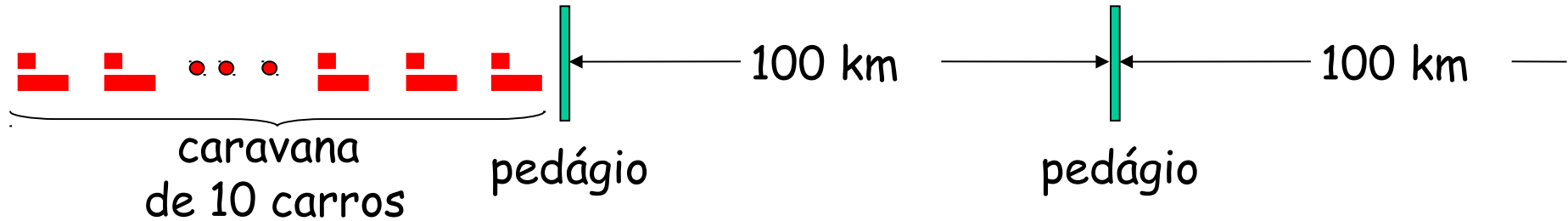
- Verifica erros de bit
- Determina enlace de saída

## 2. Enfileiramento

- Tempo de espera no enlace de saída para transmissão
- Depende do nível de congestionamento do roteador



# 1 Analogia da caravana



- Carros se “propagam” a 100 km/h
- Pedágios levam 12 s para atender um carro (tempo de transmissão)
- Carro = bit; caravana = pacote
- P.: Quanto tempo levará até a caravana ser alinhada antes do 2º pedágio?
- Tempo para “empurrar” a caravana toda pelo pedágio até a estrada =  
 $12 \cdot 10 = 120 \text{ s}$
- Tempo para o último carro se propagar do 1º ao 2º pedágio:  $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1 \text{ h}$
- R.: 62 minutos



# 1

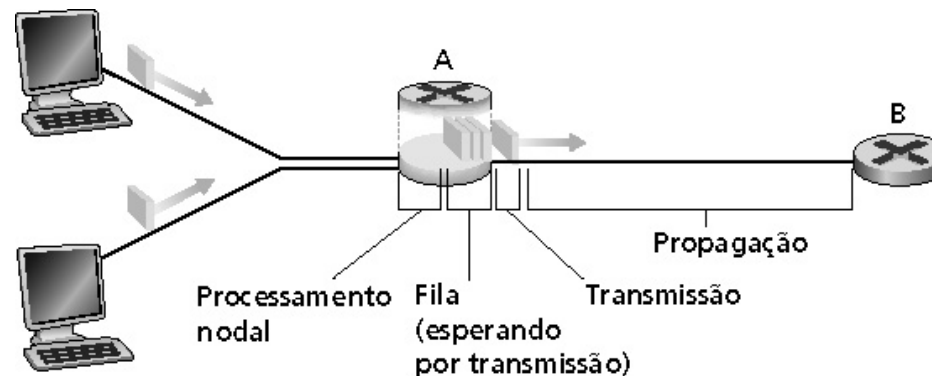
## Atraso em redes de comutação de pacotes

### 3. Atraso de transmissão:

- $R$  = largura de banda do enlace (bps)
- $L$  = tamanho do pacote (bits)
- Tempo para enviar bits ao enlace =  $L/R$

### 4. Atraso de propagação:

- $d$  = comprimento do enlace físico
- $s$  = velocidade de propagação no meio ( $\sim 2 \times 10^8$  m/s)
- Atraso de propagação =  $d/s$



**Nota:** “s” e “R” são medidas muito diferentes!

$$d_{no} = d_{proc} + d_{fila} + d_{trans} + d_{prop}$$

- $d_{proc}$  = atraso de processamento
- Tipicamente uns poucos microssegundos ou menos
- $d_{fila}$  = atraso de fila
- Depende do congestionamento
- $d_{trans}$  = atraso de transmissão
- $= L/R$ , significante para enlaces de baixa velocidade
- $d_{prop}$  = atraso de propagação
- Uns poucos microssegundos a centenas de milissegundos

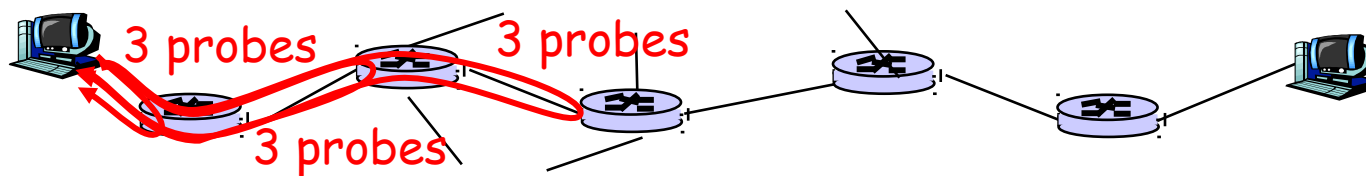
# 1

## Atrasos e rotas da Internet “real”

- Como são os atrasos e perdas na Internet “real”?

**Programa Traceroute:** fornece medidas do atraso da fonte para o roteador ao longo de caminhos fim-a-fim da Internet até o destino. Para todo  $i$ :

- Envia três pacotes que alcançarão o roteador  $i$  no caminho até o destino
- O roteador  $i$  retornará pacotes ao emissor
- O emissor cronometra o intervalo entre transmissão e resposta



## 1

# Atrasos e rotas da Internet “real”

**Traceroute:** gaia.cs.umass.edu to www.eurecom.fr

Três medidas de atraso de  
gaia.cs.umass.edu para cs-gw.cs.umass.edu

```

1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9) 22 ms 18 ms 22 ms
7 nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46) 22 ms 22 ms 22 ms
8 62.40.103.253 (62.40.103.253) 104 ms 109 ms 106 ms
9 de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129) 109 ms 102 ms 104 ms
10 de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50) 113 ms 121 ms 114 ms
11 renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54) 112 ms 114 ms 112 ms
12 nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13) 111 ms 114 ms 116 ms
13 nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102) 123 ms 125 ms 124 ms
14 r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110) 126 ms 126 ms 124 ms
15 eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54) 135 ms 128 ms 133 ms
16 194.214.211.25 (194.214.211.25) 126 ms 128 ms 126 ms
17 * * *
18 * * *
19 fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142) 132 ms 128 ms 136 ms
  
```

link  
transoceânico

\* sem resposta (perda de probe, roteador não responde)

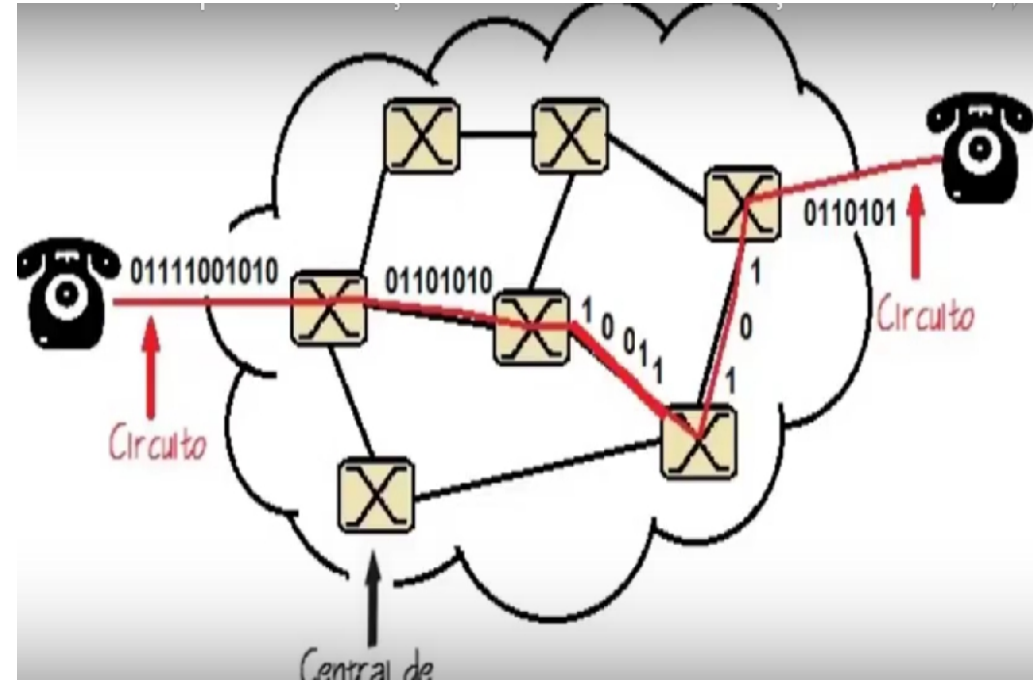
# 1

## O núcleo da rede: comutação de circuitos

Recursos fim-a-fim são reservados por “chamada”

- Década de 60 (mainframes)
- As duas pontas tem que estar online (Transmissão Simétrica)

ON-----ON



# 1

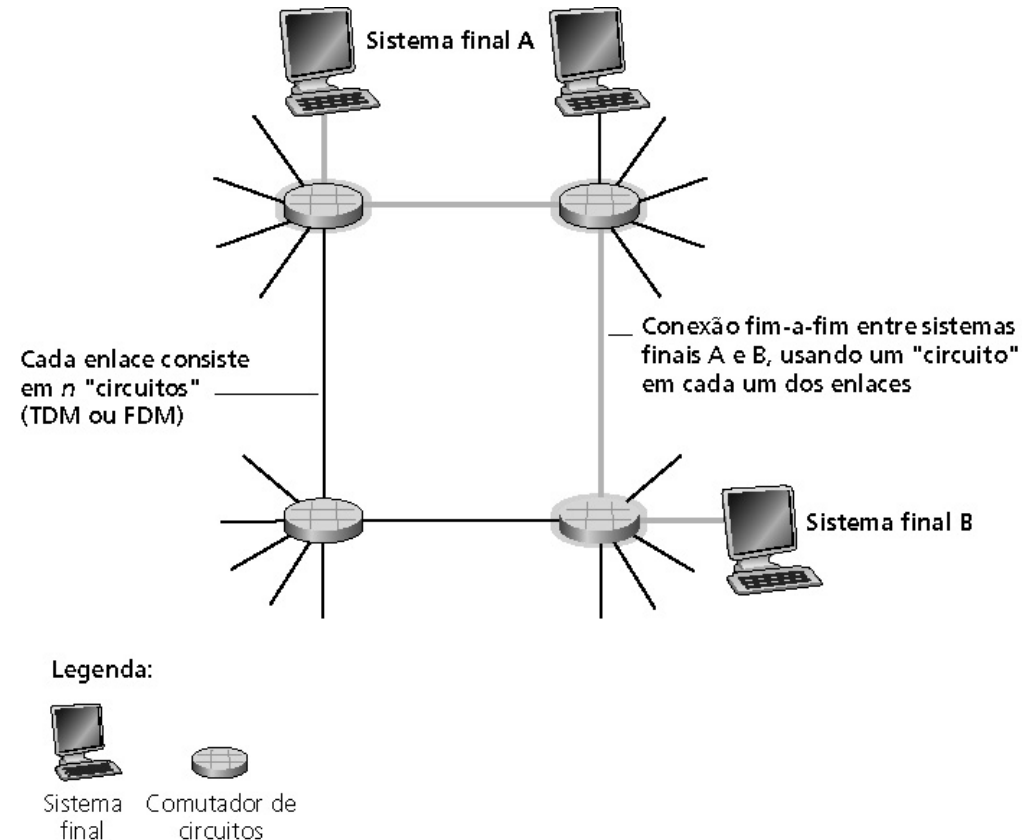
## O núcleo da rede: comutação de circuitos



# O núcleo da rede: comutação de circuitos

## Recursos fim-a-fim são reservados por “chamada”

- Taxa de transmissão, capacidade dos comutadores
- Recursos dedicados: não há compartilhamento
- Desempenho análogo aos circuitos físicos (QOS garantido)
- Exige estabelecimento de conexão
- Exemplo: dois restaurantes->
  - Um que exige reserva e outro que não

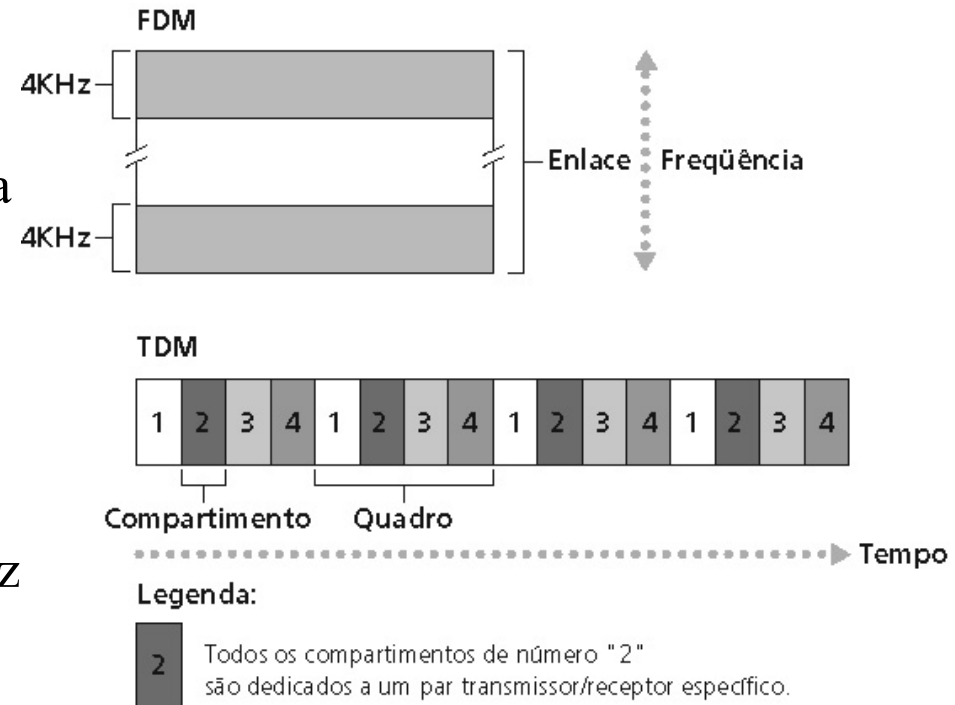


# 1

## Comutação de circuitos: FDMA e TDMA

- **FDM: *Frequency-Division Multiplexing***
- o enlace reserva uma banda de frequência para cada conexão durante o período de frequência
- cada circuito dispõe continuamente de uma fração da largura de banda.

Ex: largura de banda de redes telefônicas -> 4kHz  
Estações de rádio FM-> 88 MHz a 108 MHz

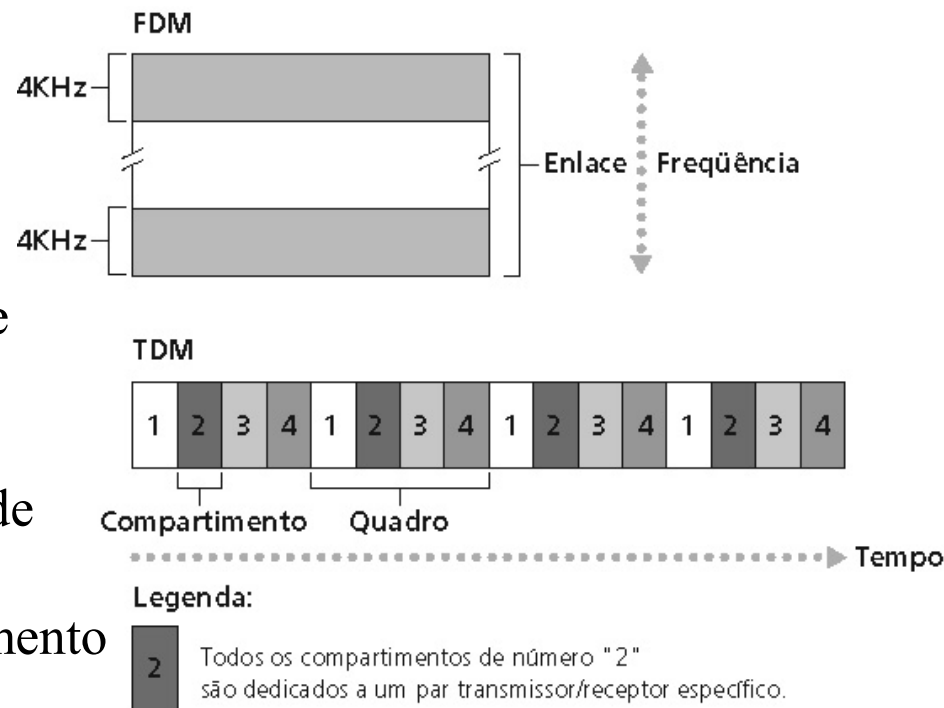




## 1

# Comutação de circuitos: FDMA e TDMA

- **TDM: *Time-Division Multiplexing***  
o tempo é dividido em quadros de duração fixa
- Cada quadro é dividido em um número fixo de compartimentos (slots).
- Quando se estabelece uma conexão por meio de um enlace:
  - A rede dedica a conexão um compartimento de tempo em cada quadro.



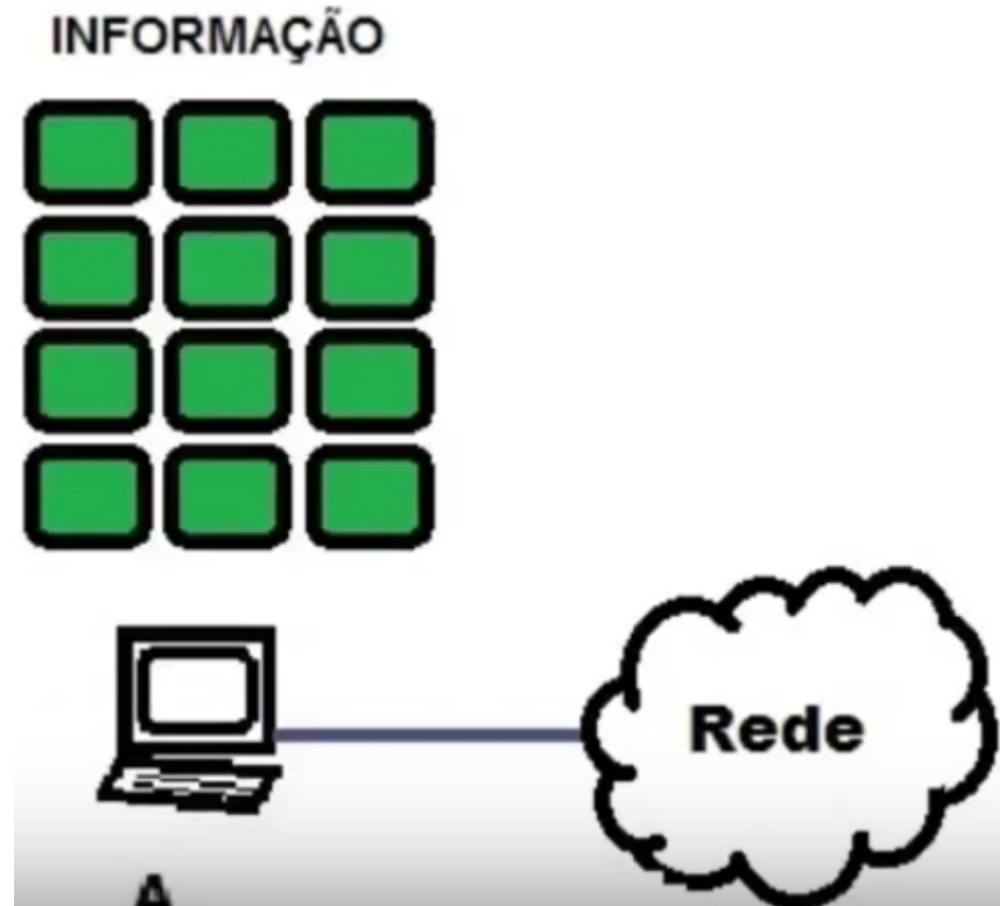
# 1

## Comutação de circuitos: FDMA e TDMA

Comutação de pacotes (Década de 80):

Transmissão Assimétrica:

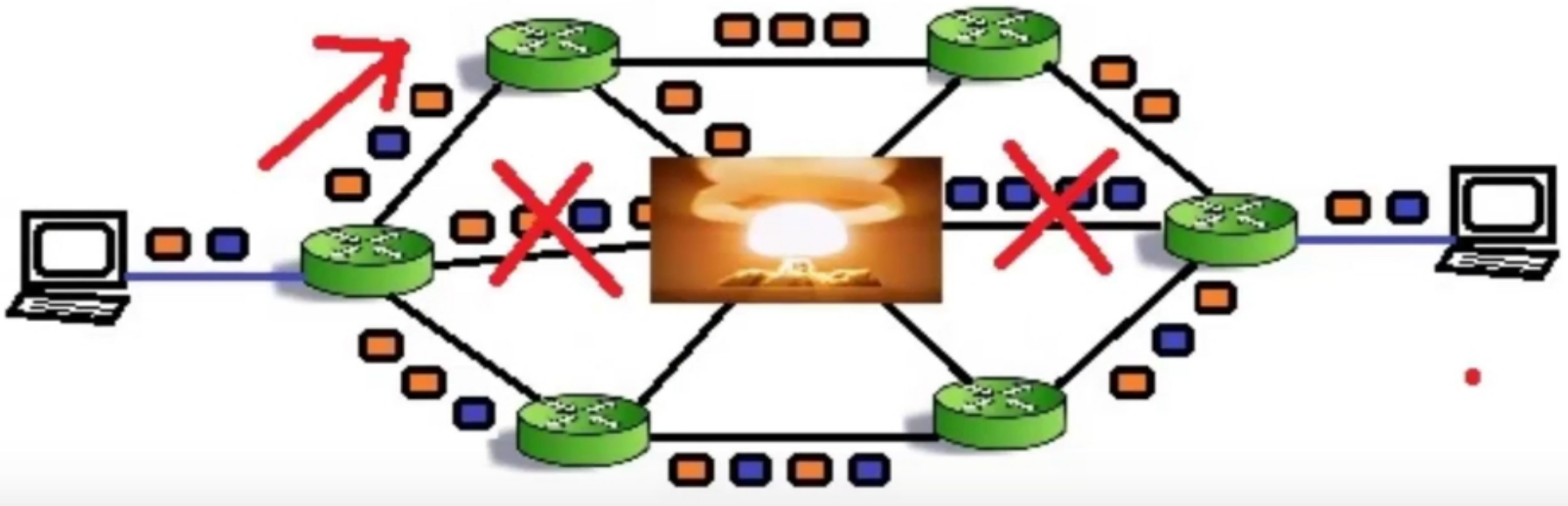
ON-----OFF



# 1

# Comutação de circuitos: FDMA e TDMA

## Comutação de pacotes



## A comutação de pacotes é melhor sempre?

- Ótima para dados esporádicos
  - Melhor compartilhamento de recursos
  - Não há estabelecimento de chamada
- 
- **Congestionamento excessivo:** atraso e perda de pacotes
  - Protocolos são necessários para transferência confiável, controle de congestionamento

# 1

# Pilha de protocolos da Internet

- **Aplicação:** suporta as aplicações de rede  
FTP, SMTP, HTTP
- **Transporte:** transferência de dados hospedeiro-hospedeiro
  - TCP, UDP
- **Rede:** roteamento de datagramas da origem ao destino
  - IP, protocolos de roteamento
- **Enlace:** transferência de dados entre elementos vizinhos da rede
  - PPP, Ethernet
- **Física:** bits “nos fios dos canais”

Aplicação
Transporte
Rede
Enlace
Física

# 1

# Encapsulamento

