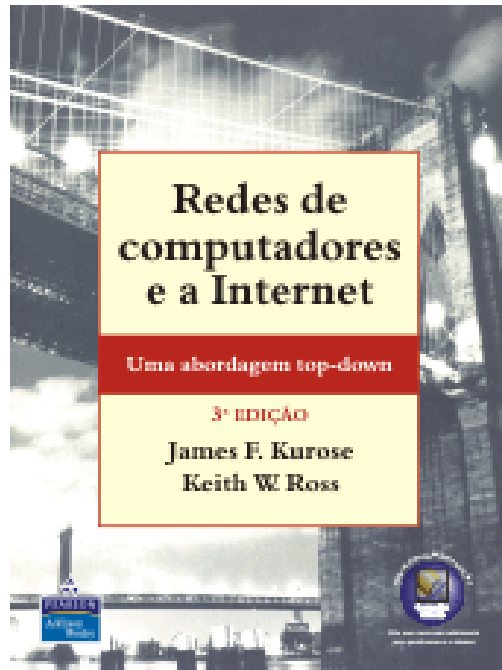




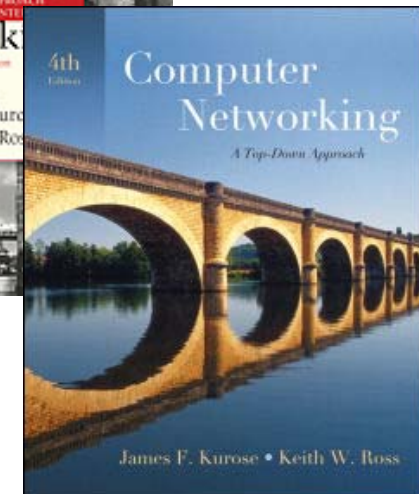
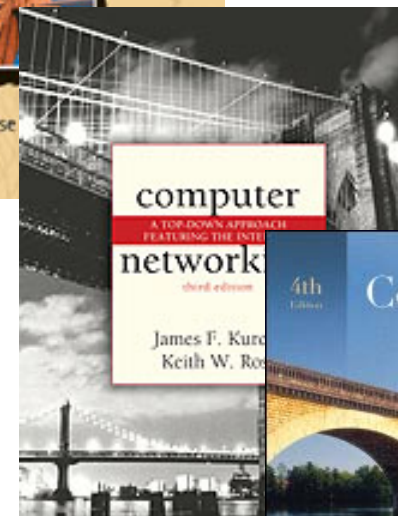
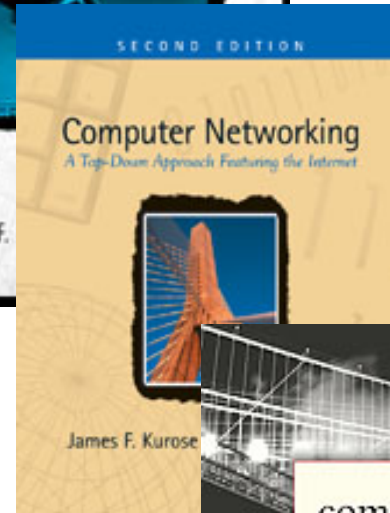
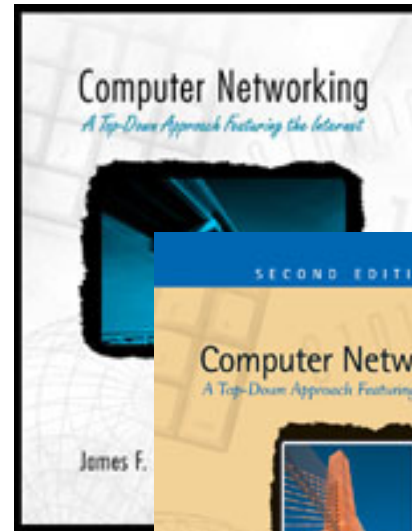
## Redes I

Prof. Donato Marino Jr.  
donato@ugf.br

# Livro-Texto:



**REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET  
UMA ABORDAGEM TOP-DOWN  
3ª Edição**  
James F. Kurose e Keith W. Ross  
Copyright: 2006  
656 páginas - ISBN: 8588639181  
<http://www.pearson.com.br/>



# Parte I: Introdução

## Objetivo:

- ❑ entender o contexto, visão geral, entender o que são redes
- ❑ maior profundidade, detalhes *posteriormente* no curso
- ❑ abordagem:
  - descritiva
  - uso da Internet como exemplo

## Resumo:

- ❑ o que é a Internet
- ❑ o que é um protocolo?
- ❑ a borda da rede
- ❑ o núcleo da rede
- ❑ redes de acesso e meios físicos
- ❑ estrutura da Internet/ISPs
- ❑ desempenho: perda, atraso
- ❑ camadas de protocolos, modelos de serviço
- ❑ história

# Roteiro

## 1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda da Rede

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Redes de acesso e meios físicos

1.5 Estrutura da Internet e ISPs

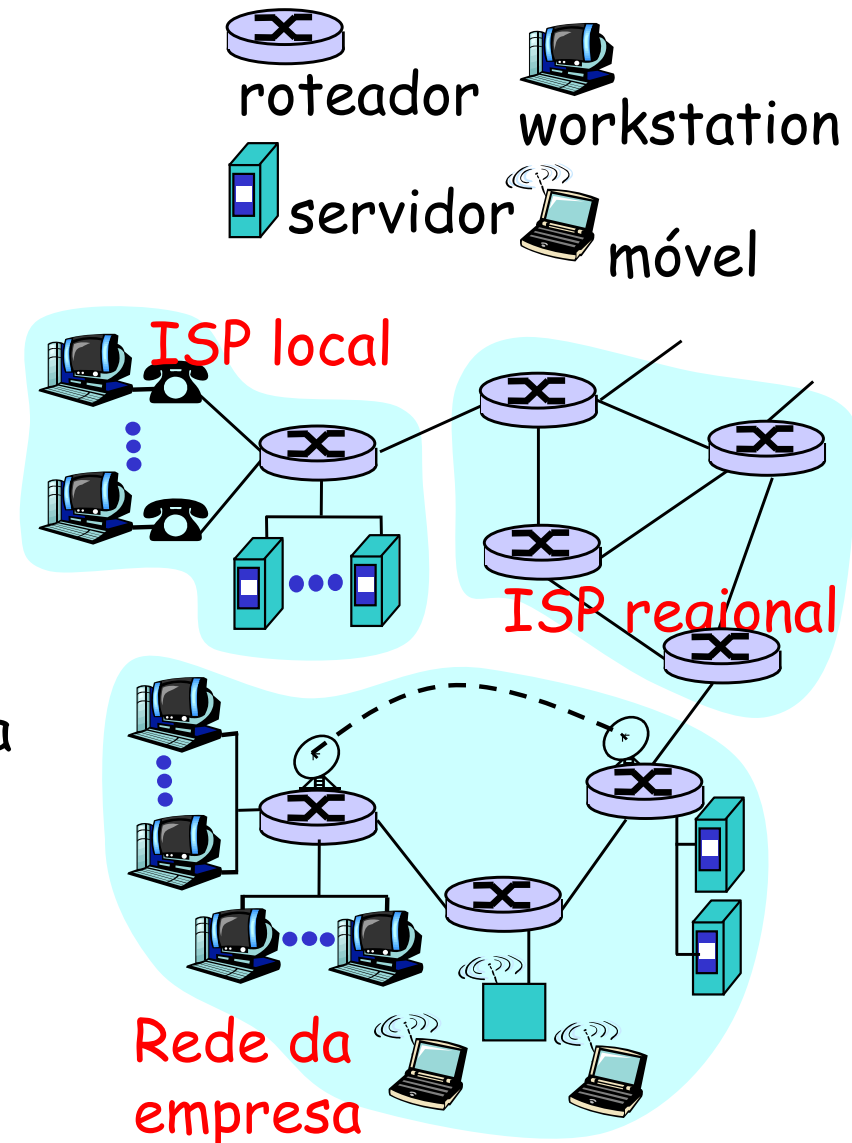
1.6 Atraso e perda em redes comutadas por pacotes

1.7 Camadas de protocolos, modelos de serviços

1.8 História

# O que é a Internet: visão dos componentes

- ❑ milhões de dispositivos de computação conectados:  
*hosts = sistemas finais*
- ❑ rodando *aplicações de rede*
- ❑ *enlaces (canais) de comunicação*
  - fibra, cobre, rádio, satélite
  - Taxa de transmissão = largura de banda (*bandwidth*)
- ❑ *roteadores*: encaminham pacotes (pedaços) de dados através da rede



# Usos interessantes para a Internet

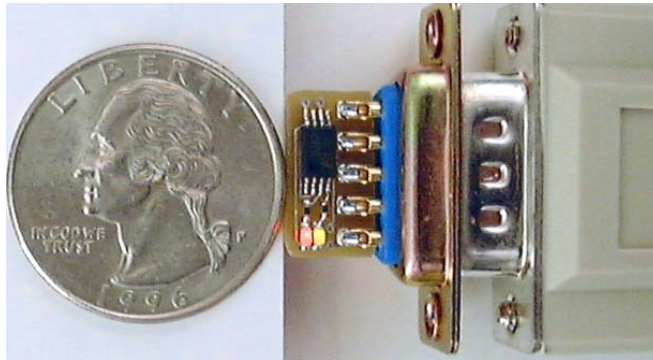


Porta Retratos IP



Torradeira com acesso Web +  
Previsão do tempo

<http://news.bbc.co.uk/1/low/sci/tech/1264205.stm>



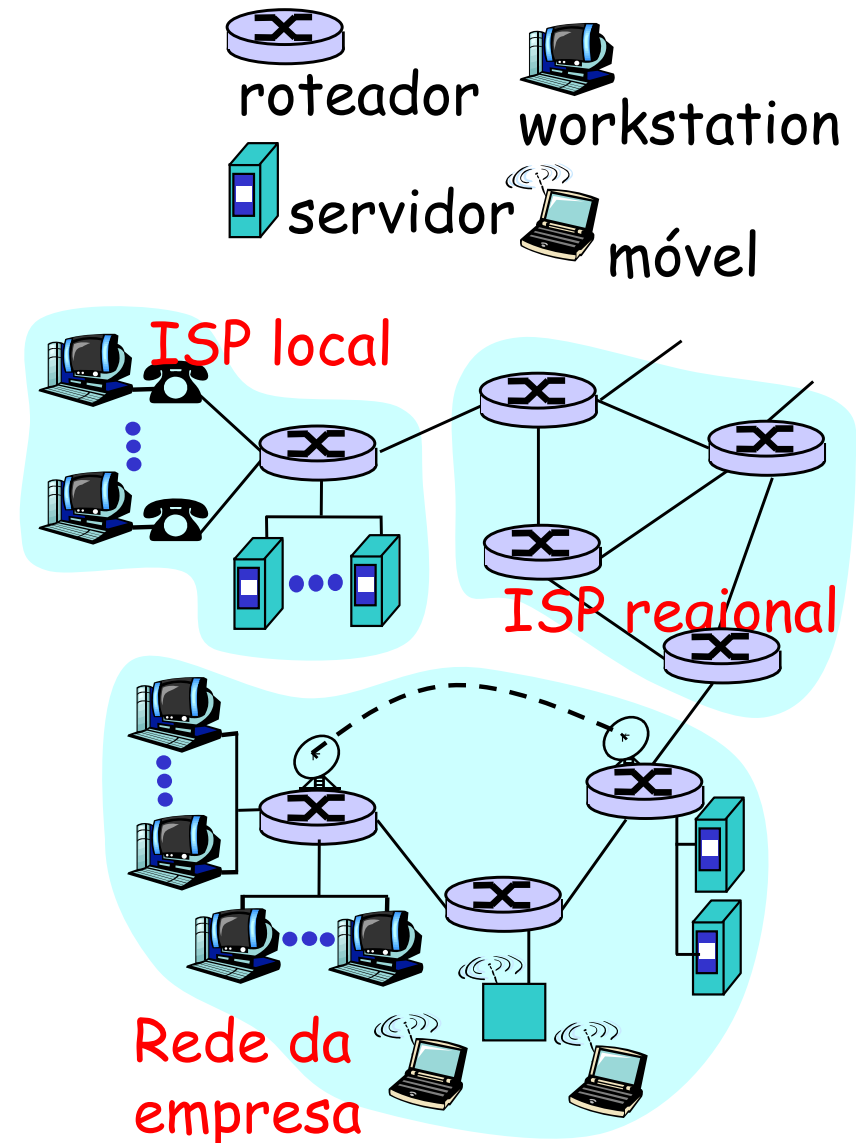
O menor servidor Web do mundo  
<http://d116.com/ace/index.html>



Internet Phones - VoIP

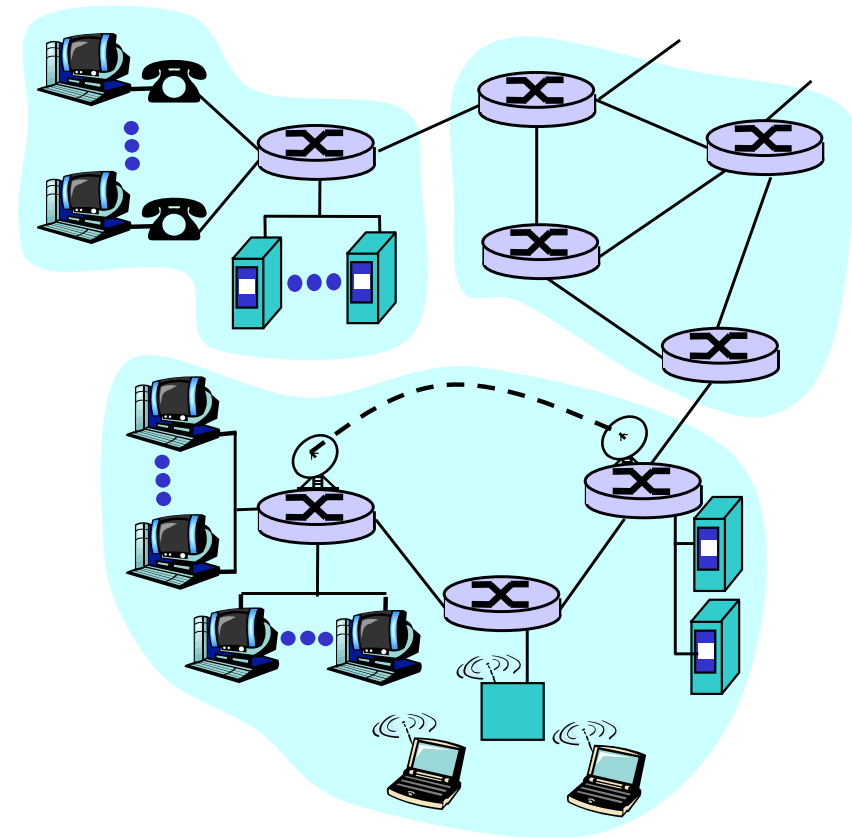
# O que é a Internet: visão dos componentes

- ❑ *protocolos*: controla o envio e recepção de mensagens
  - ex., TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- ❑ *Internet: "rede de redes"*
  - livremente hierárquica
  - Internet pública versus intranet privada
- ❑ Padrões Internet
  - RFC: Request for comments
  - IETF: Internet Engineering Task Force



# O que é a Internet: visão dos serviços

- ❑ a *infraestrutura de comunicação* permite o uso de aplicações distribuídas:
  - WWW, email, jogos, comércio eletrônico, compartilhamento de arquivos
- ❑ *serviços de comunicação disponibilizados*:
  - não orientado a conexão
  - orientado a conexão





# O que é um protocolo?

## Protocolos humanos:

- ❑ "que horas são?"
- ❑ "tenho uma dúvida"
- ❑ apresentações

... msgs específicas são enviadas

... ações específicas são realizadas quando as msgs são recebidas, ou acontecem outros eventos

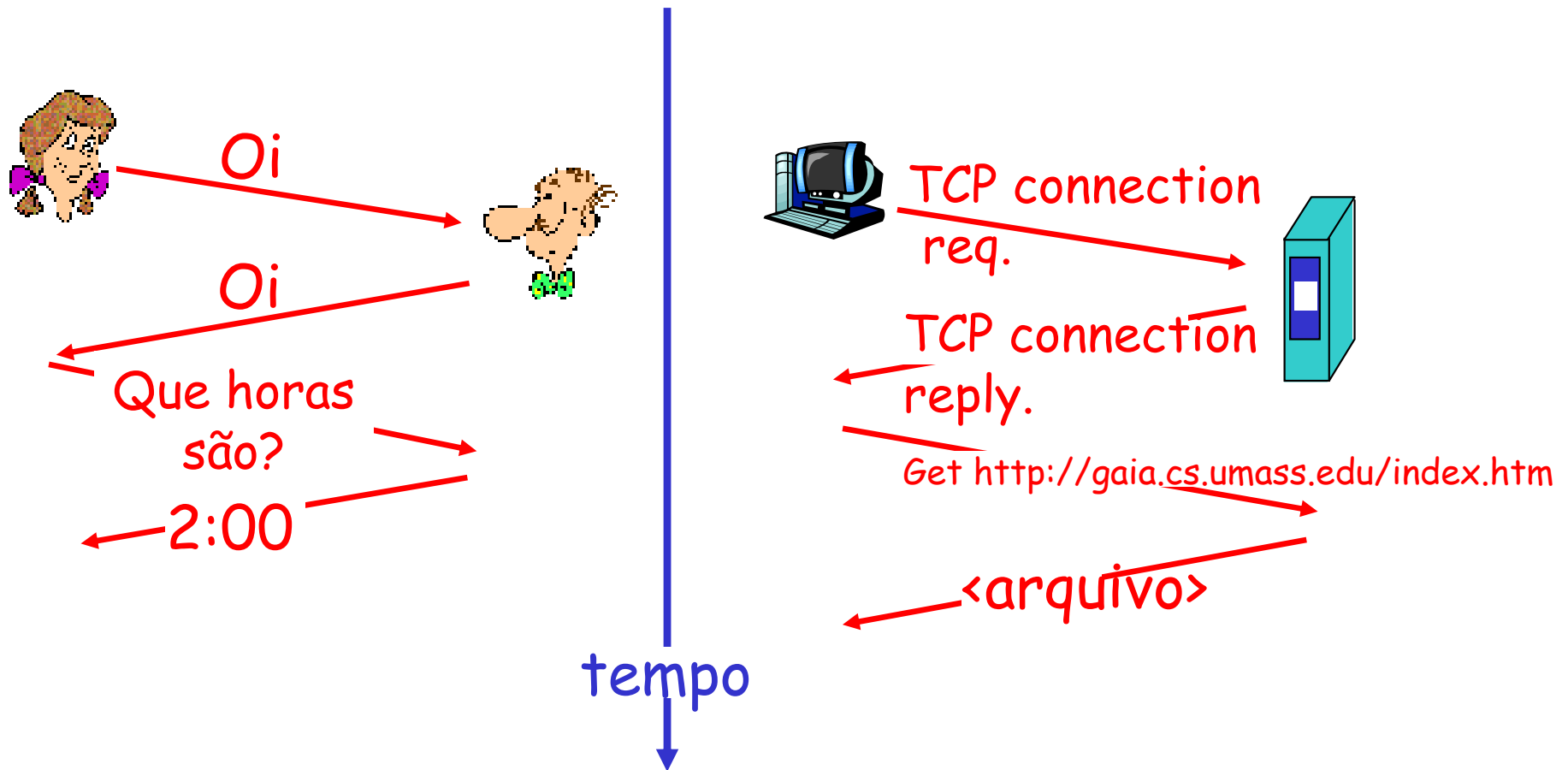
## Protocolos de rede:

- ❑ máquinas ao invés de pessoas
- ❑ todas as atividades de comunicação na Internet são governadas por protocolos

*protocolos definem o formato, ordem das msgs enviadas e recebidas pelas entidades da rede, e ações tomadas quando da transmissão ou recepção de msgs*

# O que é um protocolo?

um protocolo humano e um protocolo de rede:



# Roteiro

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda da Rede

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Redes de acesso e meios físicos

1.5 Estrutura da Internet e ISPs

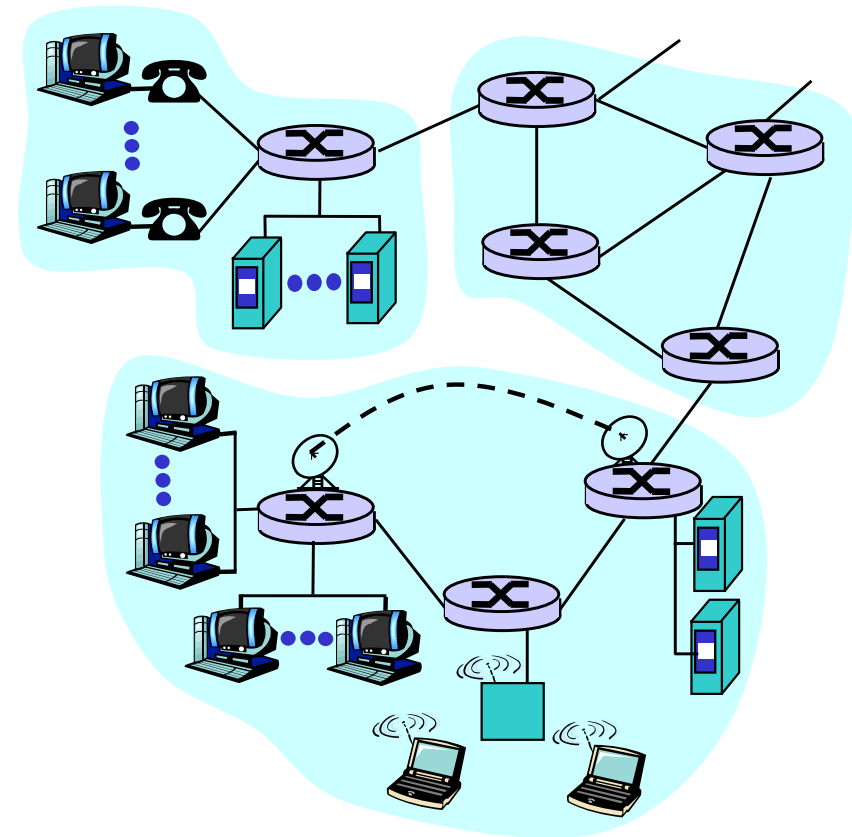
1.6 Atraso e perda em redes comutadas por pacotes

1.7 Camadas de protocolos, modelos de serviços

1.8 História

# Uma olhada mais de perto na estrutura da rede:

- ❑ **Borda da rede:**  
aplicações e  
hospedeiros (*hosts*)
- ❑ **núcleo da rede:**
  - roteadores
  - rede de redes
- ❑ **redes de acesso,**  
**meios físicos:**  
enlaces de  
comunicação



# A borda da rede:

## ❑ Sistemas finais (hosts):

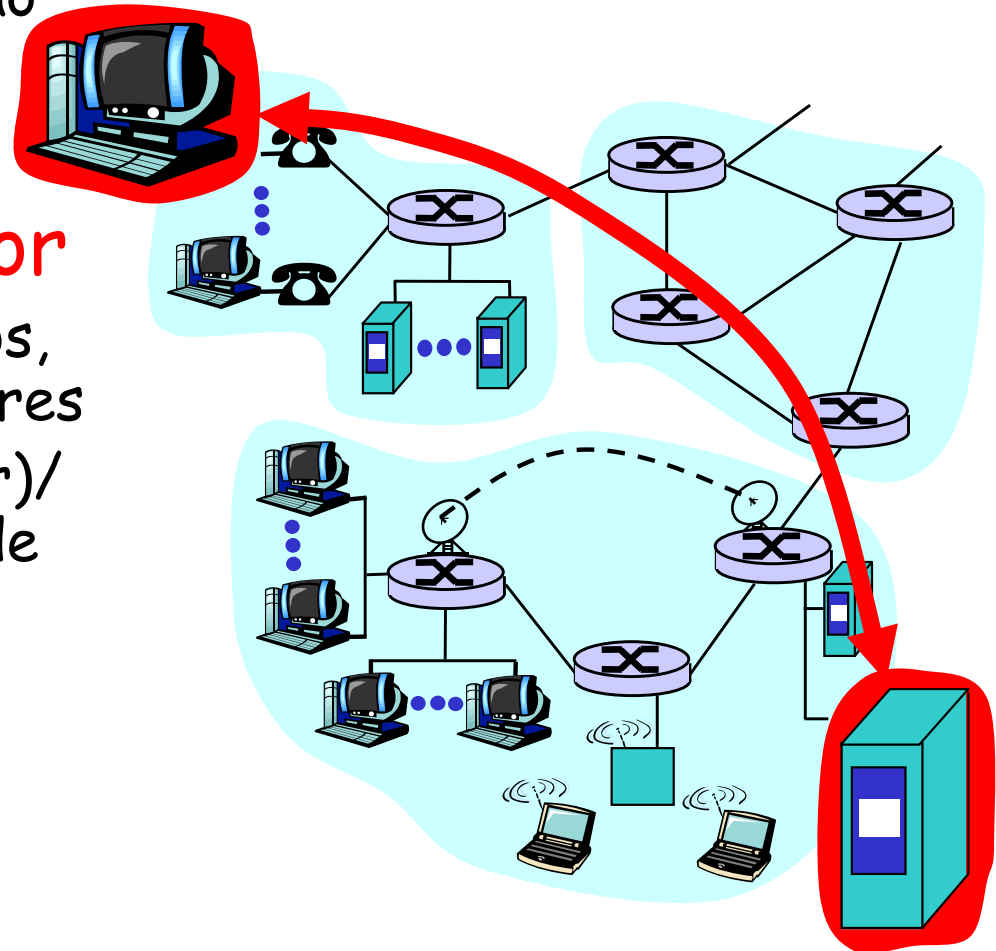
- rodam programs de aplicação
- ex., WWW, email
- na "borda da rede"

## ❑ modelo cliente/servidor

- o host cliente faz os pedidos, são atendidos pelos servidores
- ex., cliente WWW (browser)/servidor; cliente/servidor de email

## ❑ modelo peer-peer:

- uso mínimo (ou nenhum) de servidores dedicados
- ex.: Gnutella, KaZaA, BitTorrent



# Serviço orientado a conexão

Objetivo: transferência de dados entre sistemas finais.

- ❑ *handshaking:* inicialização (prepara para) a transf. de dados
  - Alô, alô protocolo humano
  - *inicializa o "estado"* em dois hosts que desejam se comunicar
- ❑ TCP - Transmission Control Protocol
  - serviço orientado a conexão da Internet

## serviço TCP [RFC 793]

- ❑ transferência de dados através de um fluxo de bytes *ordenados e confiável*
  - perda: reconhecimentos e retransmissões
- ❑ *controle de fluxo :*
  - transmissor não inundará o receptor
- ❑ *controle de congestionamento :*
  - transmissor "diminui a taxa de transmissão" quando a rede está congestionada.

# Serviço não orientado a conexão

Objetivo: transferência de dados entre sistemas finais

- mesmo que antes!

- **UDP** - User Datagram Protocol [RFC 768]:

- serviço sem conexão
- transferência de dados não confiável
- não controla o fluxo
- nem congestionamento

Aplicações que usam TCP:

- HTTP (WWW), FTP (transferência de arquivo), Telnet (login remoto), SMTP (email)

Aplicações que usam UDP:

- streaming media, teleconferência, telefonia Internet

# Roteiro

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda da Rede

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Redes de acesso e meios físicos

1.5 Estrutura da Internet e ISPs

1.6 Atraso e perda em redes comutadas por pacotes

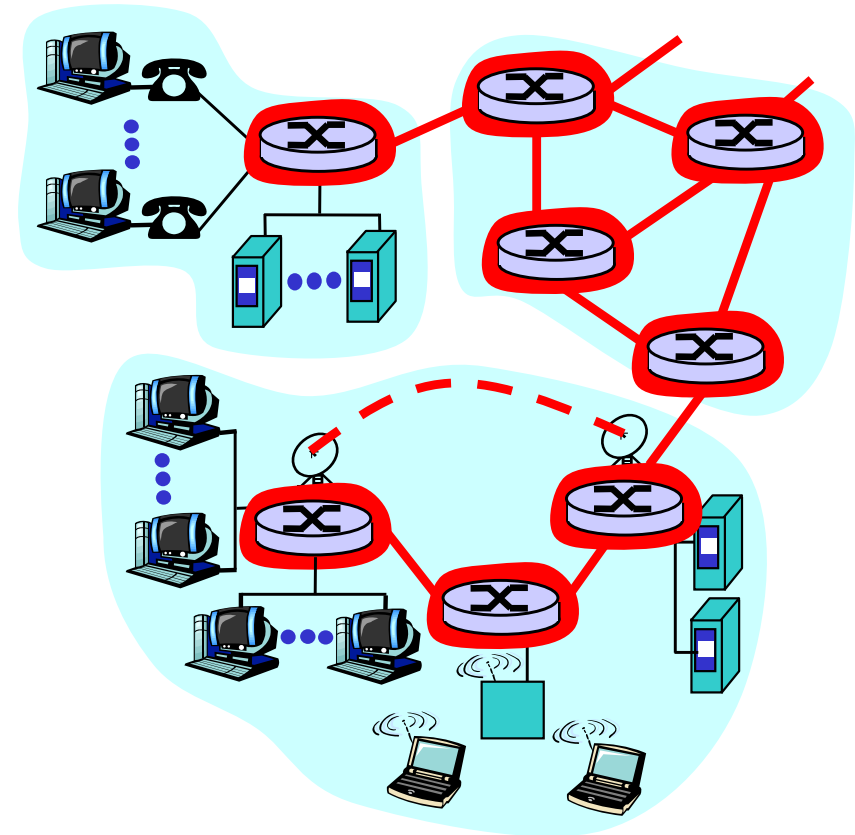
1.7 Camadas de protocolos, modelos de serviços

1.8 História



# O Núcleo da Rede

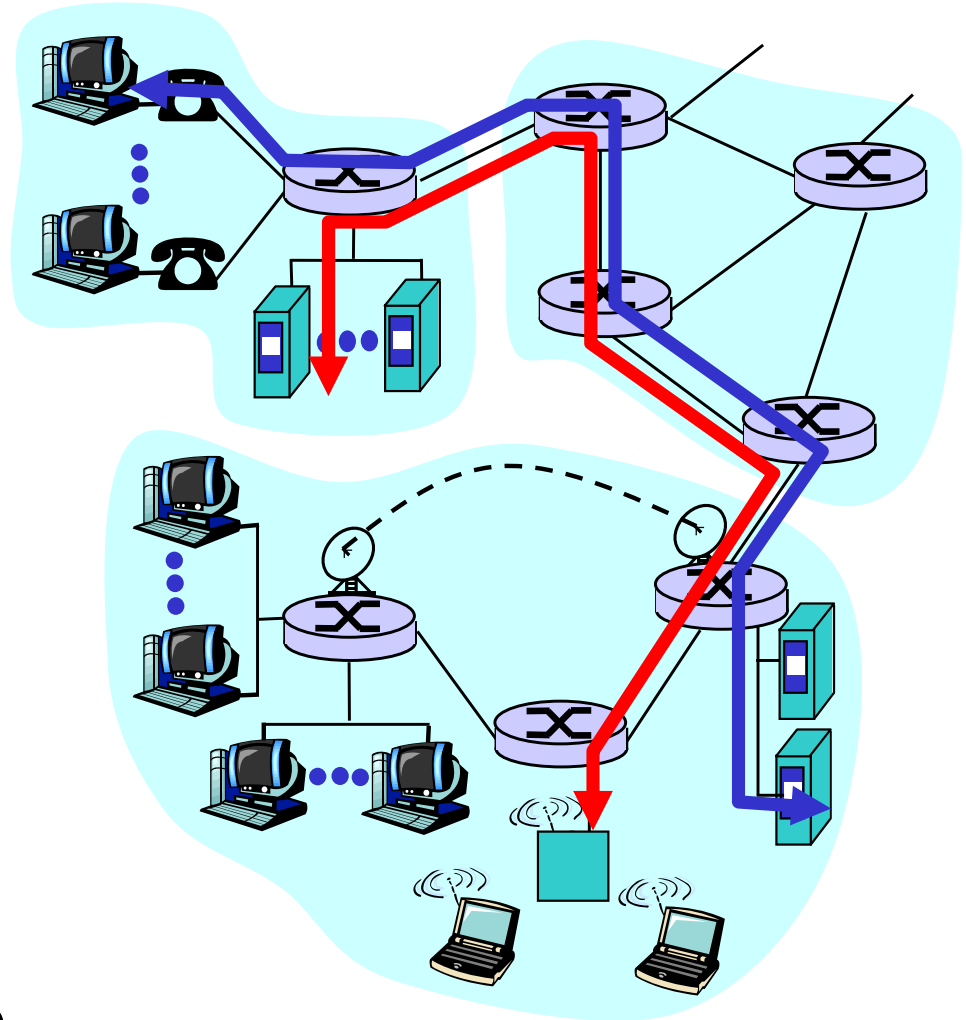
- ❑ Malha de roteadores interconectados
- ❑ **pergunta fundamental:** como os dados são transferidos através da rede?
  - **comutação de circuitos:** circuito dedicado por chamada: rede telefônica
  - **comutação de pacotes:** os dados são enviados através da rede em pedaços discretos.



# Comutação de Circuitos

Recursos fim a fim são reservados para a chamada.

- ❑ Banda do enlace, capacidade dos comutadores
- ❑ recursos dedicados: sem compartilhamento
- ❑ desempenho tipo circuito (garantido)
- ❑ necessita estabelecimento de conexão



# Comutação de Circuitos

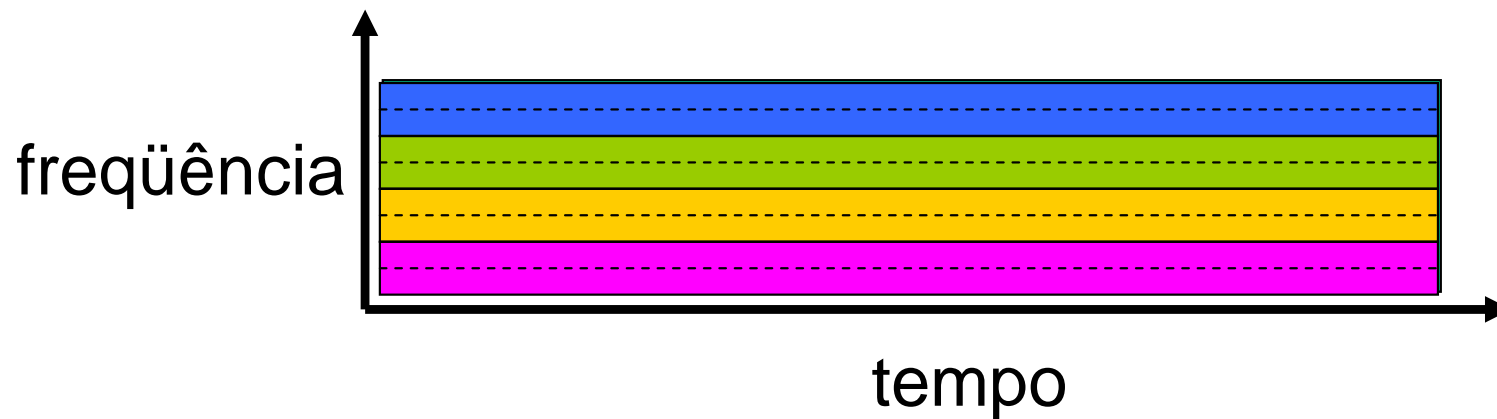
- ❑ recursos da rede (ex., banda) são **divididos em "pedaços"**
- ❑ pedaços alocados às chamadas
- ❑ o pedaço do recurso fica **ocioso** se não for usado pelo seu dono (não há compartilhamento)
- ❑ como é feita a divisão da banda de um canal em "pedaços" (multiplexação)
  - divisão de frequência
  - divisão de tempo

# Comutação de Circuitos: FDM e TDM

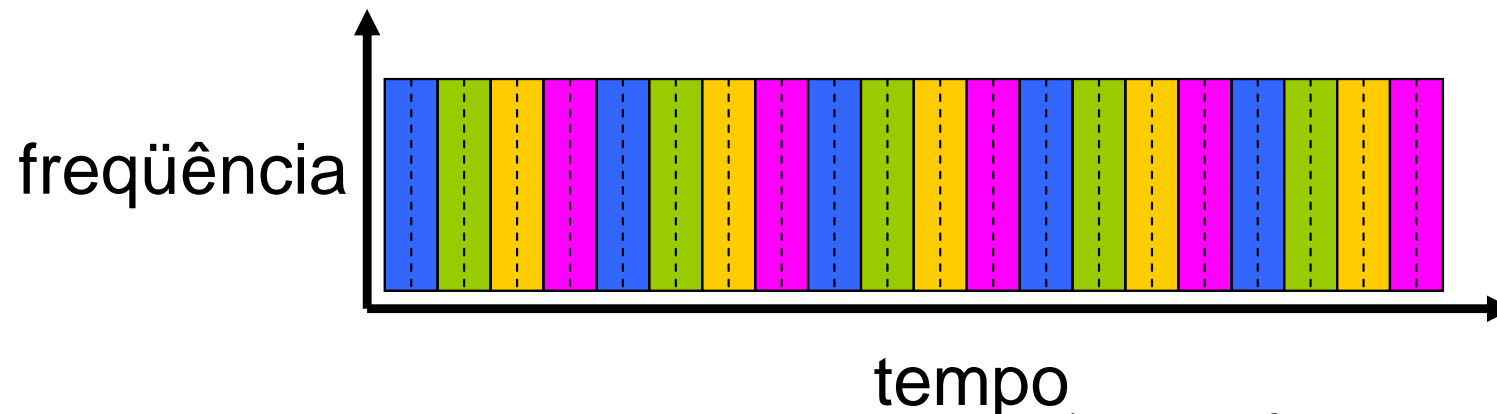
FDM

Exemplo:

4 usuários ■ ■ ■ ■



TDM



# Exemplo numérico

- ❑ Quanto tempo leva para enviar um arquivo de 640.000 bits de um host A para um host B através de uma rede de comutação de circuitos?
  - Todos os enlaces são de 2,048 Mbps
  - Cada enlace usa TDM com 32 *slots* (fatias)
  - 500 mseg para estabelecer um circuito fim-a-fim

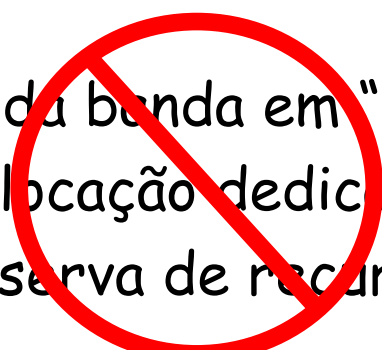
Calcule!

# Comutação de Pacotes

Cada fluxo de dados fim a fim é dividido em *pacotes*

- ❑ pacotes dos usuários A, B *compartilham* os recursos da rede
- ❑ cada pacote usa toda a banda do canal
- ❑ recursos são usados *quando necessário*,

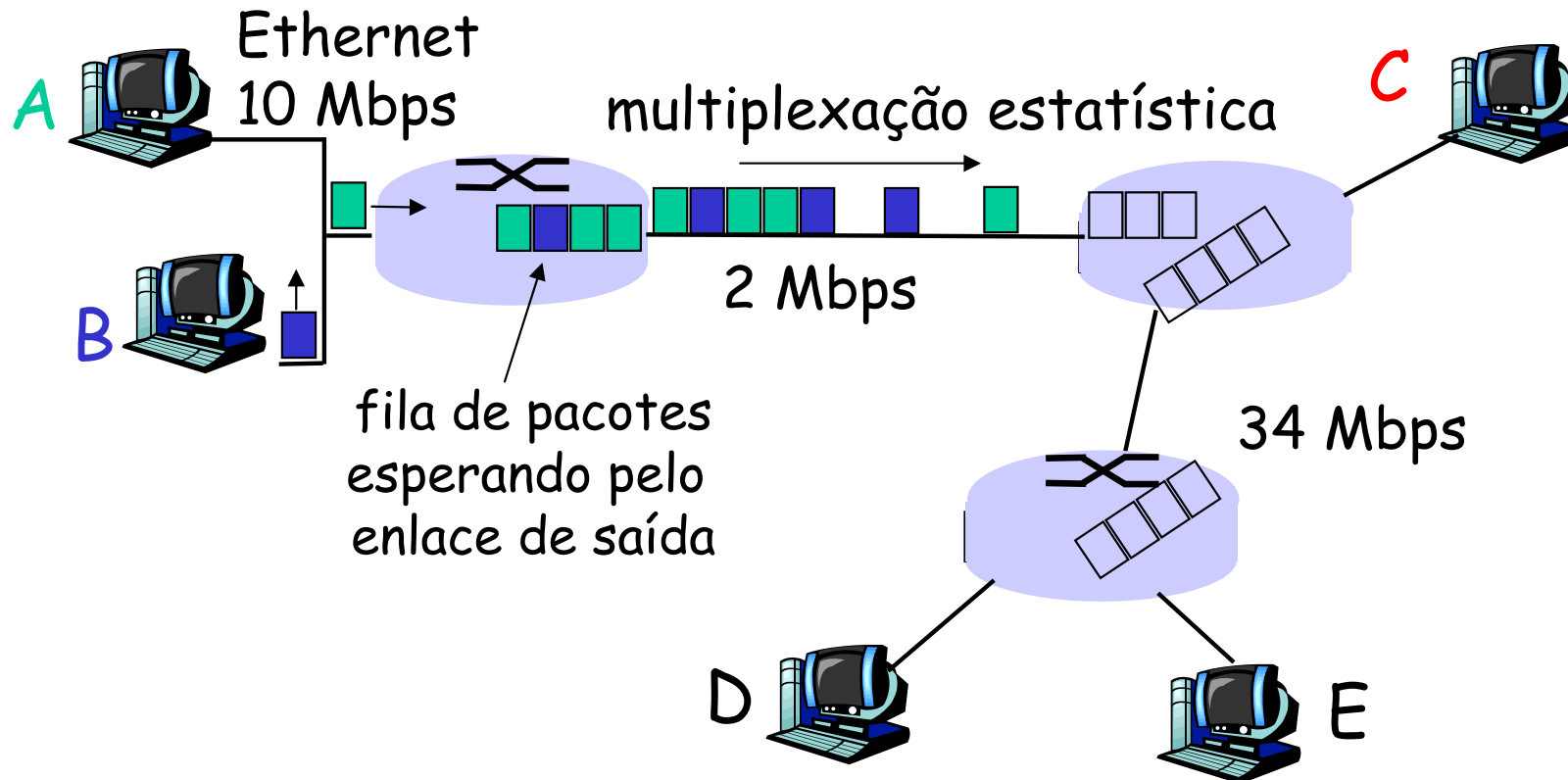
Divisão da banda em "pedaços"  
Alocação dedicada  
Reserva de recursos



Disputa por recursos:

- ❑ a demanda total pelos recursos pode superar a quantidade disponível
- ❑ congestionamento: pacotes são enfileirados, esperam para usar o enlace
- ❑ armazena e retransmite: pacotes se deslocam uma etapa por vez
  - transmite num enlace
  - espera a vez no próximo

# Comutação de Pacotes: Multiplexação Estatística



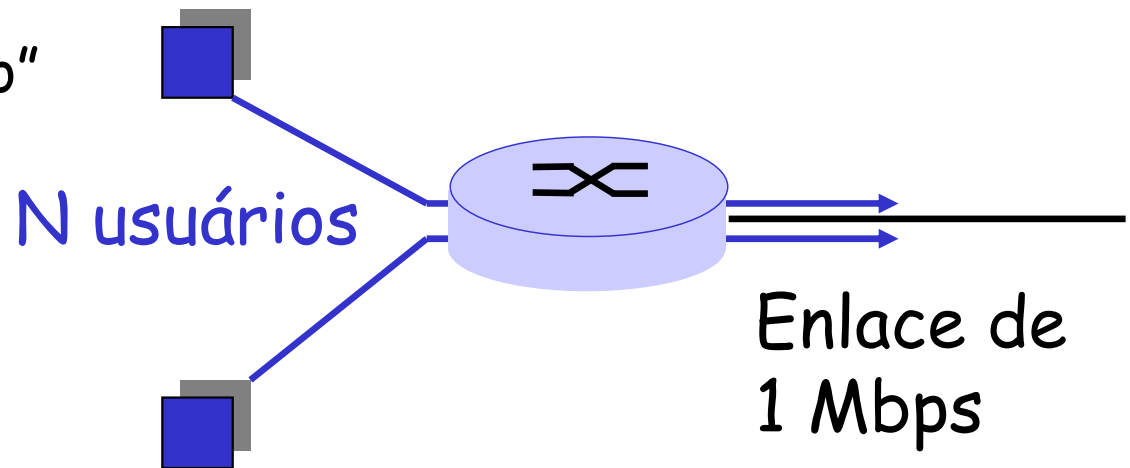
A sequência de pacotes A & B não possuem um padrão constante → ***multiplexação estatística***

Em TDM cada host utiliza o mesmo slot em cada um dos quadros TDM.

# Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

A comutação de pacotes permite que mais usuários usem a rede!

- ❑ Enlace de 1 Mbit
- ❑ cada usuário:
  - 100Kbps quando "ativo"
  - ativo 10% do tempo
- ❑ comutação por circuitos:
  - 10 usuários
- ❑ comutação por pacotes:
  - com 35 usuários, probabilidade  $> 10$  ativos menor que 0,004



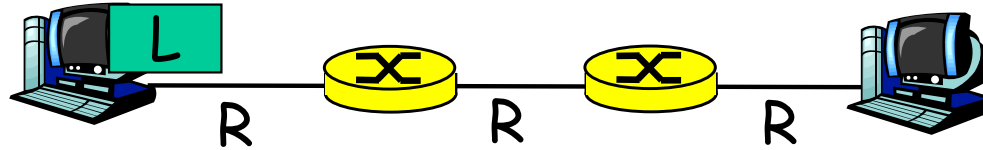


# Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

A comutação de pacotes ganha de lavagem?

- ❑ Ótima para dados em surtos
  - compartilhamento dos recursos
  - não necessita estabelecimento de conexão
- ❑ **Congestionamento excessivo:** atraso e perda de pacotes
  - necessita de protocolos para transferência confiável de dados, controle de congestionamento
- ❑ **P: Como fornecer um comportamento do tipo circuito?**
  - São necessárias garantias de banda para aplicações de áudio e vídeo
  - ainda é um problema não resolvido

# Comutação de Pacotes: armazene-e-retransmita

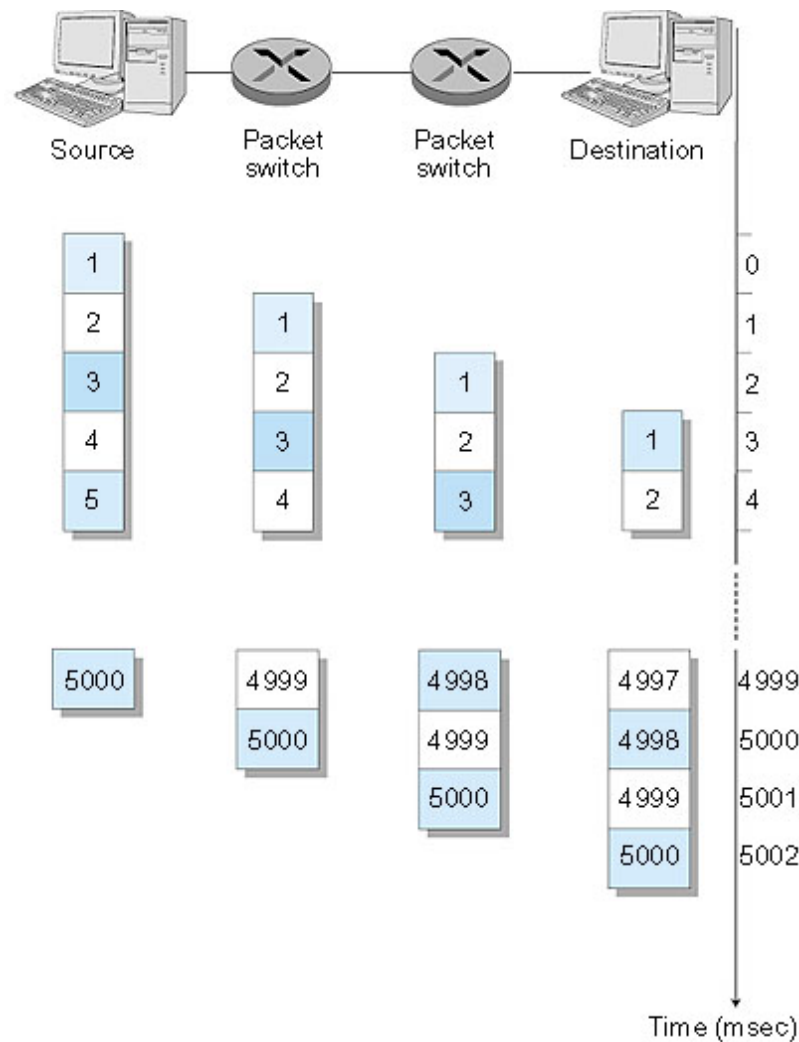


- Leva  $L/R$  segundos para transmitir um pacote de  $L$  bits em um canal de  $R$  bps
- Todo o pacote deve chegar ao roteador antes que possa ser transmitido no próximo canal: *armazene e retransmita*
- atraso =  $3L/R$

## Exemplo:

- $L = 7,5$  Mbits
- $R = 1,5$  Mbps
- atraso = 15 seg

# Comutação de pacotes: Segmentação de mensagens



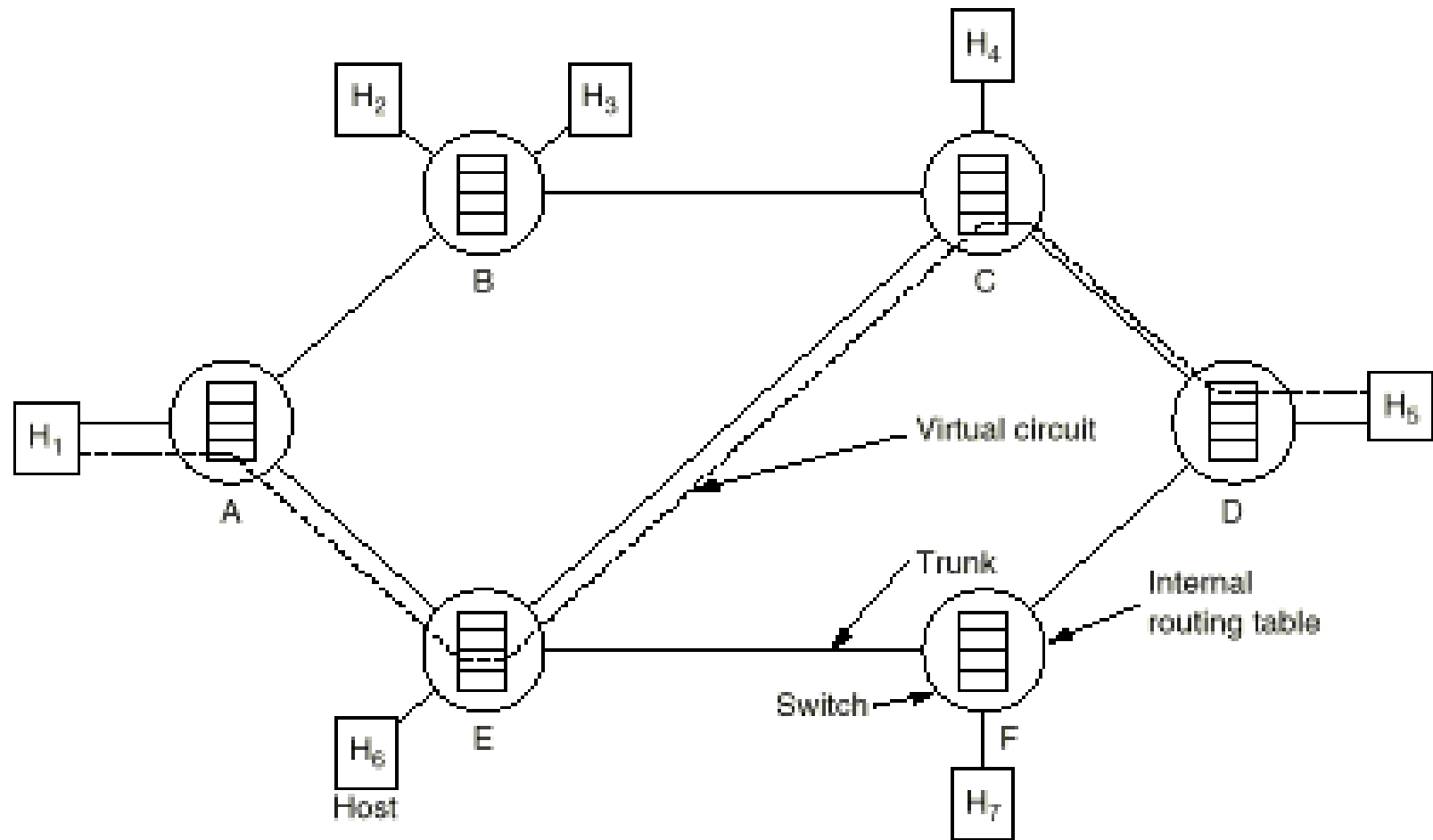
Quebre agora a mensagem em 5000 pacotes

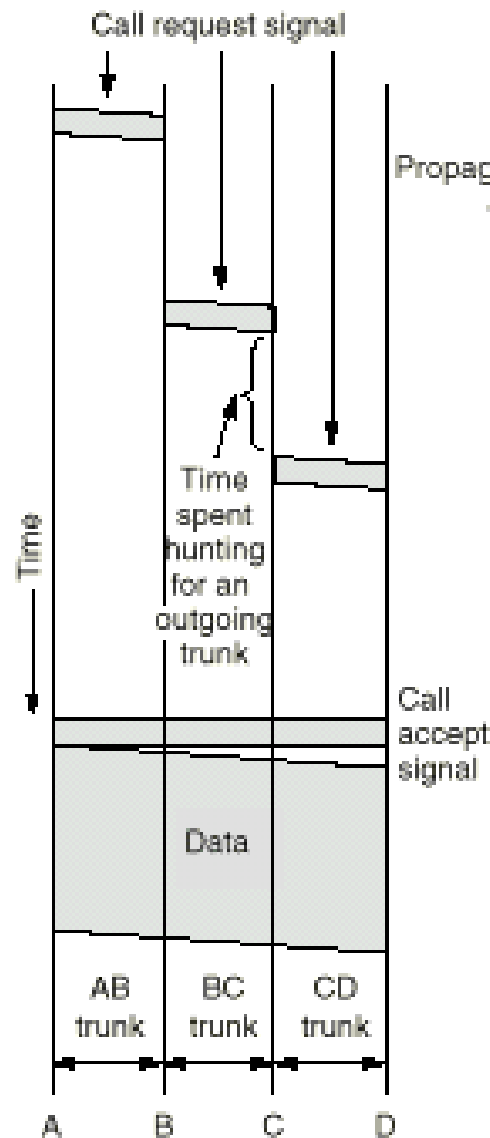
- ❑ Cada pacote de 1.500 bits
- ❑ 1 mseg para transmitir um pacote em um canal
- ❑ *pipelining*: cada canal funciona em paralelo
- ❑ Atraso reduzido de 15 seg para 5,002 seg

# Redes comutadas por pacotes: encaminhamento (*forwarding*)

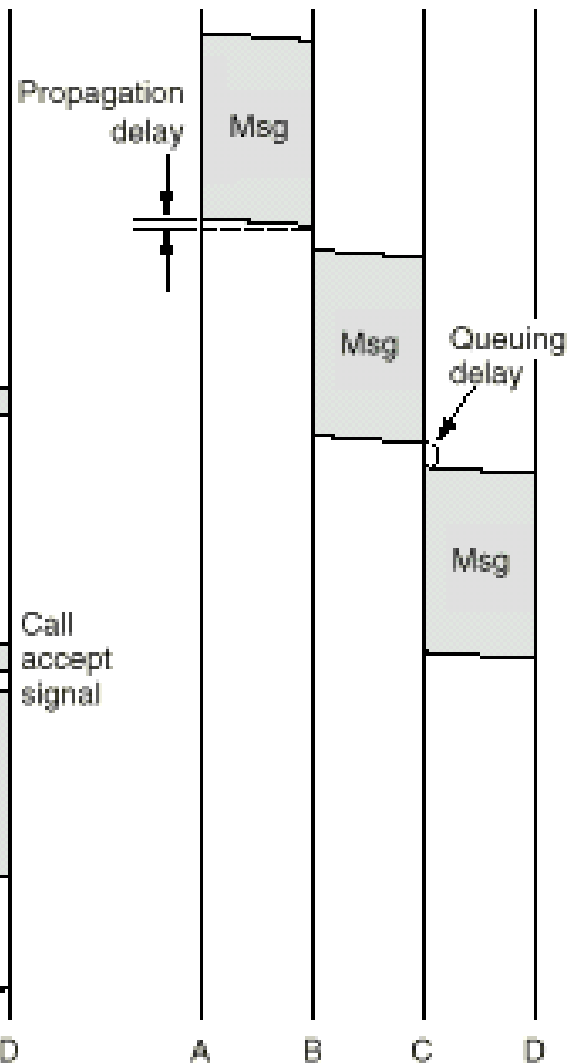
- ❑ *Objetivo:* mover pacotes entre roteadores da origem até o destino
  - serão estudados diversos algoritmos de escolha de caminhos
- ❑ **redes datagrama:**
  - *o endereço do destino* determina próxima etapa
  - rotas podem mudar durante a sessão
  - analogia: dirigir, pedindo informações
- ❑ **redes de circuitos virtuais:**
  - cada pacote contém uma marca (id. do circuito virtual), marca determina próxima etapa
  - caminho fixo determinado no *estabelecimento da chamada*, permanece fixo durante a chamada
  - **os roteadores mantêm estados para cada chamada**

# Circuitos Virtuais

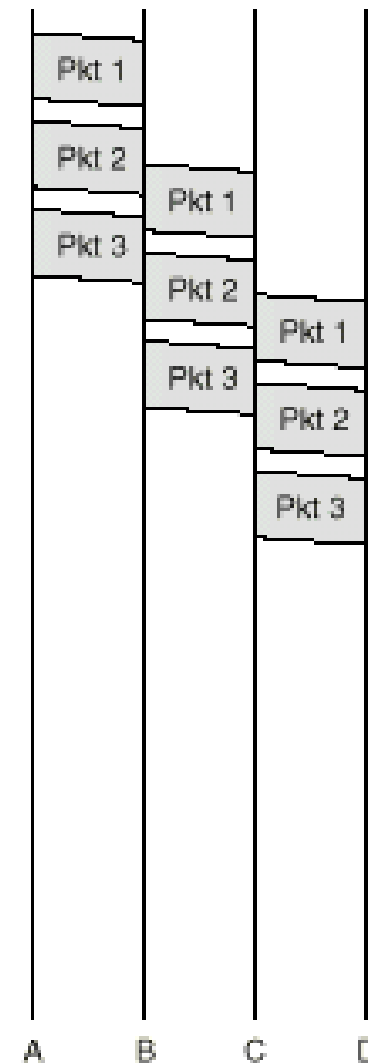




**Comutação  
de  
Circuitos**

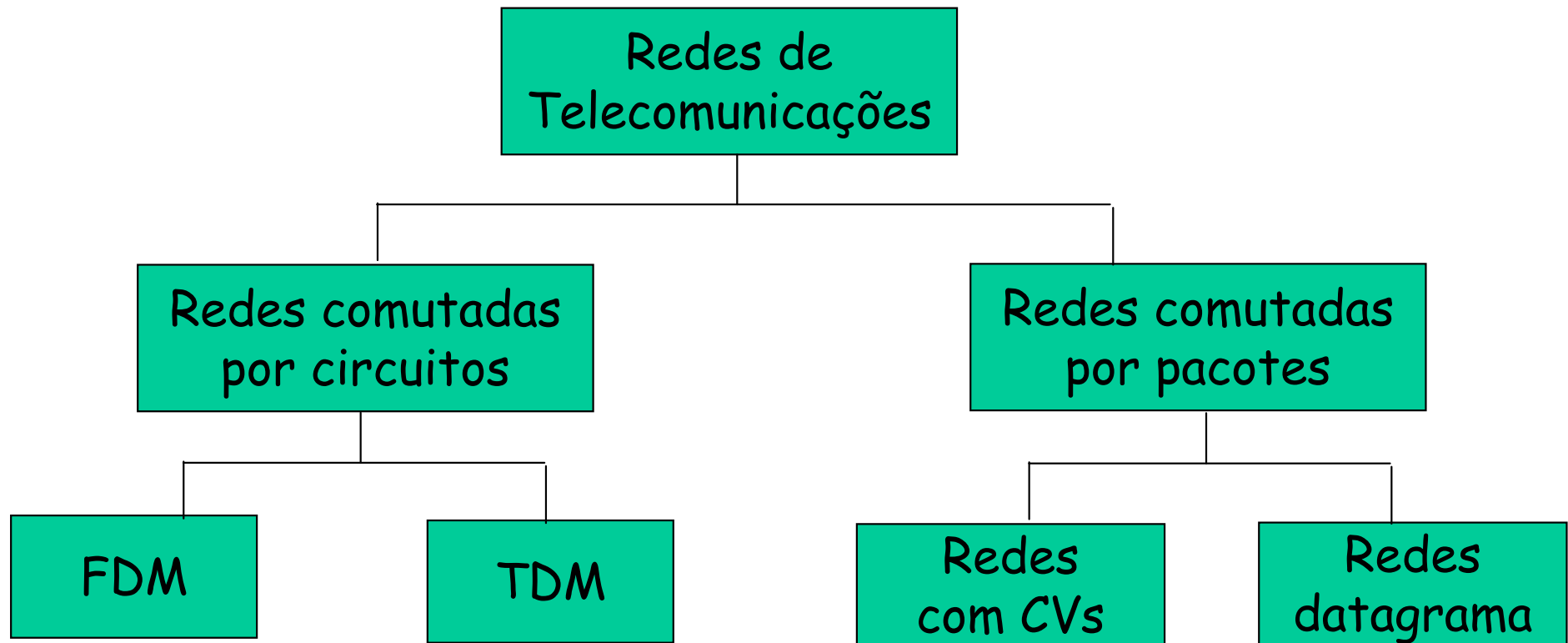


**Comutação  
de  
Mensagens**



**Comutação  
de  
Pacotes**

# Taxonomia de Redes



- Uma rede Datagrama não é orientada a conexão ou sem conexão.
- A Internet provê tanto serviços orientados a conexão (TCP) quanto não-orientados a conexão (UDP) para as aplicações.

# Roteiro

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda da Rede

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Redes de acesso e meios físicos

1.5 Estrutura da Internet e ISPs

1.6 Atraso e perda em redes comutadas por pacotes

1.7 Camadas de protocolos, modelos de serviços

1.8 História



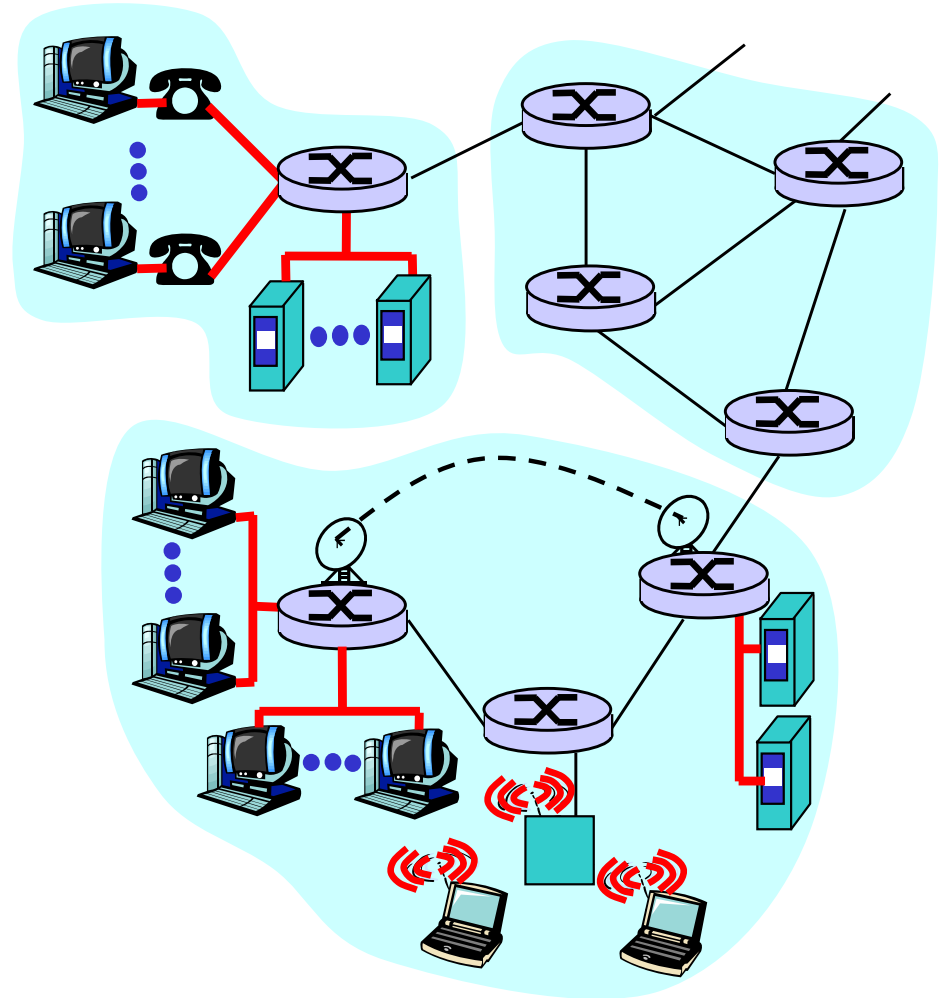
# Redes de acesso e meios físicos

*P: Como conectar os sistemas finais aos roteadores de borda?*

- ☐ redes de acesso residencial
- ☐ redes de acesso institucional (escola, empresa)
- ☐ redes de acesso móvel

*Considere:*

- ☐ largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso?
- ☐ compartilhada ou dedicada?



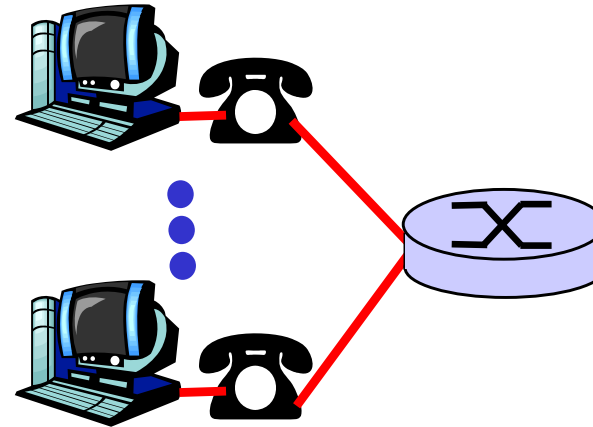
# Acesso residencial: acesso ponto a ponto

## ❑ Discado (Dialup) via modem

- acesso direto ao roteador de até 56Kbps (teoricamente)
- Não dá para usar a Internet e telefonar ao mesmo tempo!

## ❑ RDSI/ISDN:

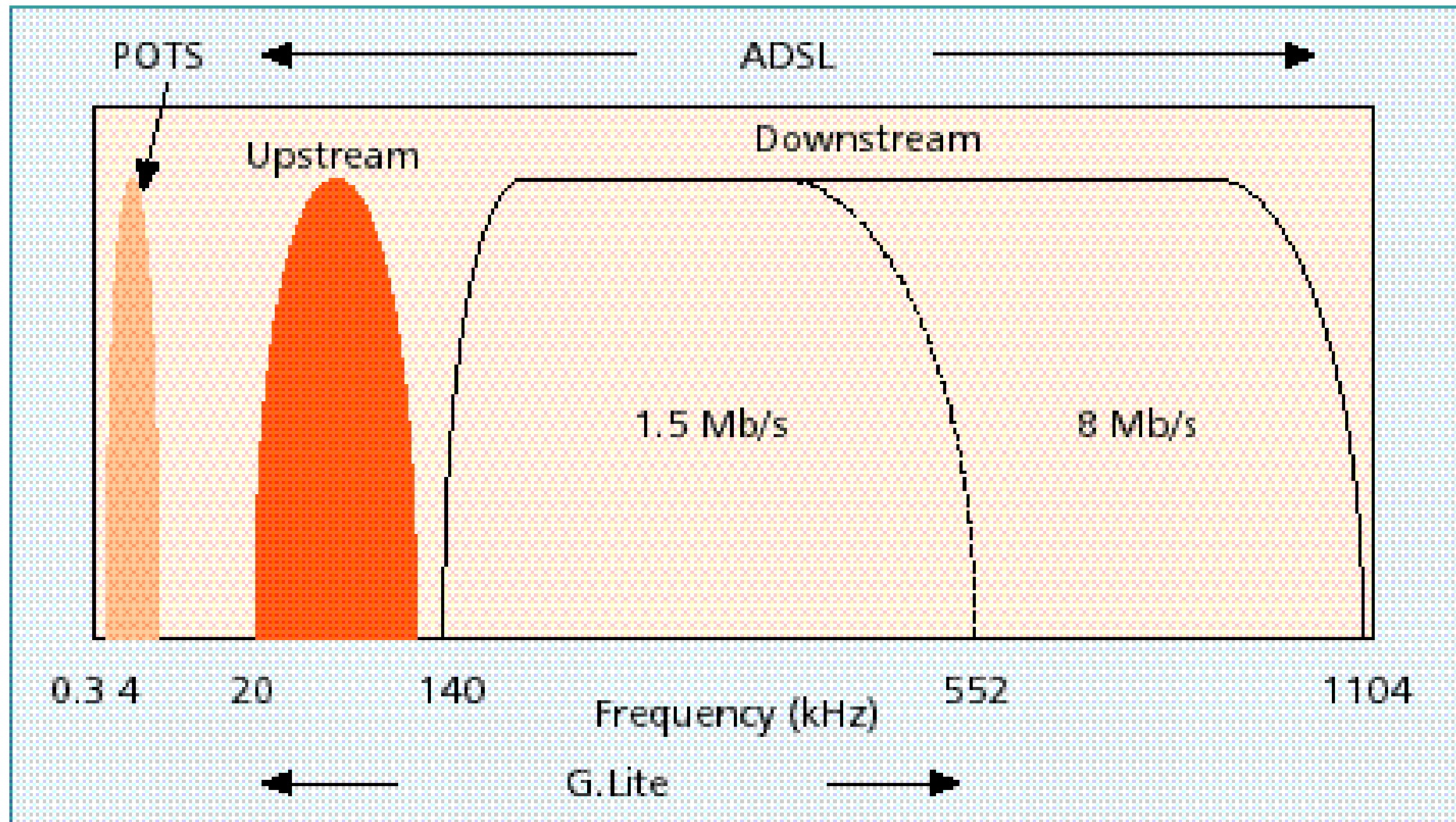
- rede digital de serviços integrados: conexão digital de 128Kbps ao roteador.
- Serviço DVi (Digital Voice Image) da Telemar.



## ❑ ADSL: *asymmetric digital subscriber line*

- até 1 Mbps upstream
- até 8 Mbps downstream
- Velox (Oi/Telemar)
- Virtua (Net)

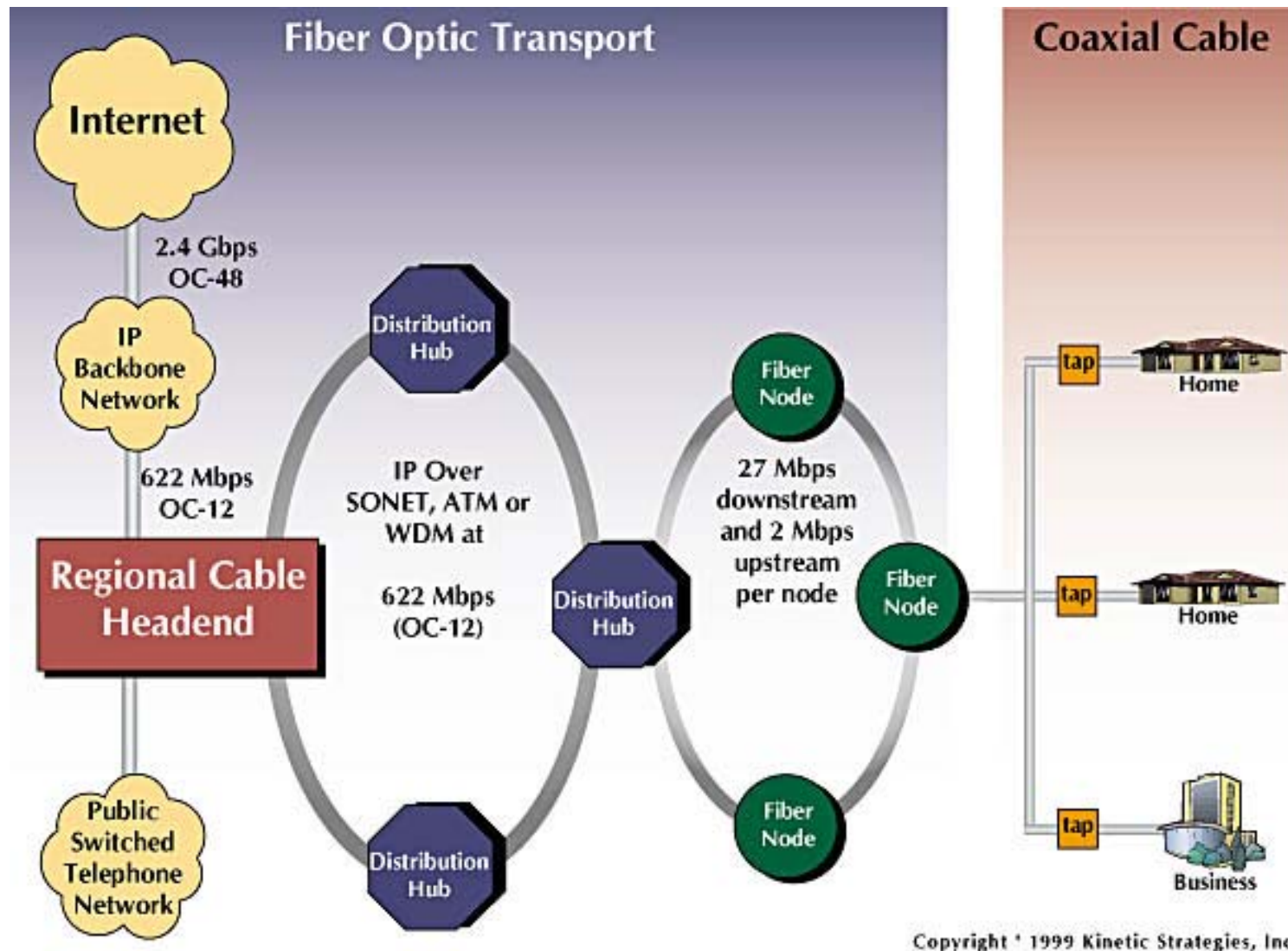
# ADSL: Espectro de frequências



# Acesso residencial: cable modems

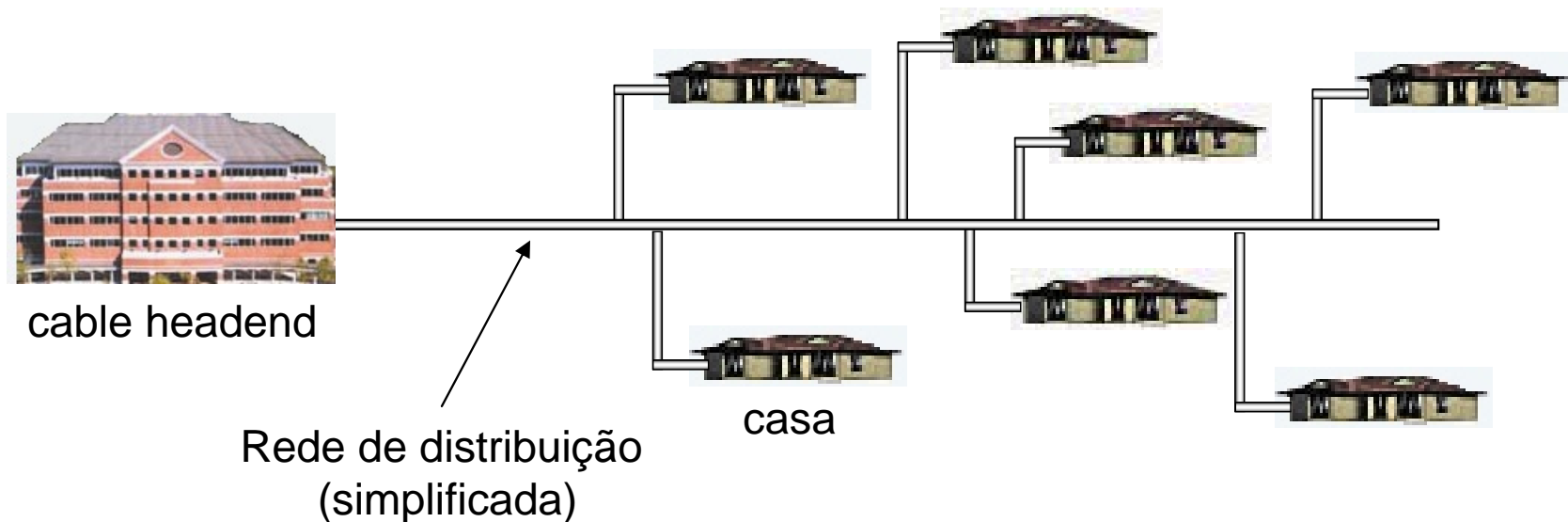
- ❑ **HFC: hybrid fiber coax**
  - assimétrico: até 30Mbps descida (downstream), 2 Mbps subida (upstream).
- ❑ **rede** de cabos e fibra conectam as residências ao roteador do ISP
  - acesso compartilhado ao roteador pelas residências
  - questões: congestionamento, dimensionamento
- ❑ implantação: disponível através de empresas de TV a cabo, ex.: **AJATO (TVA) e VIRTUA (Net)**

# Acesso residencial: cable modems

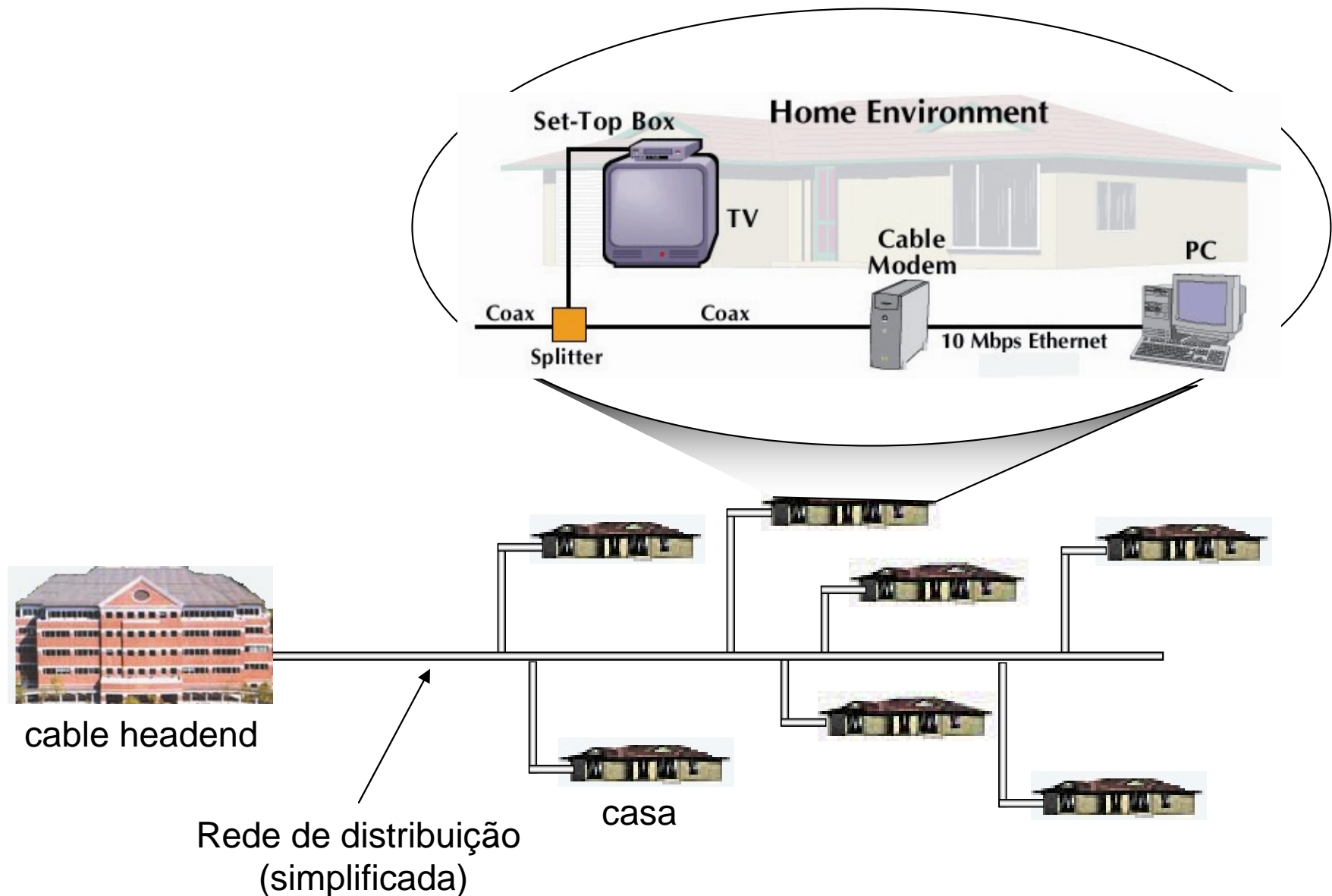


# Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral

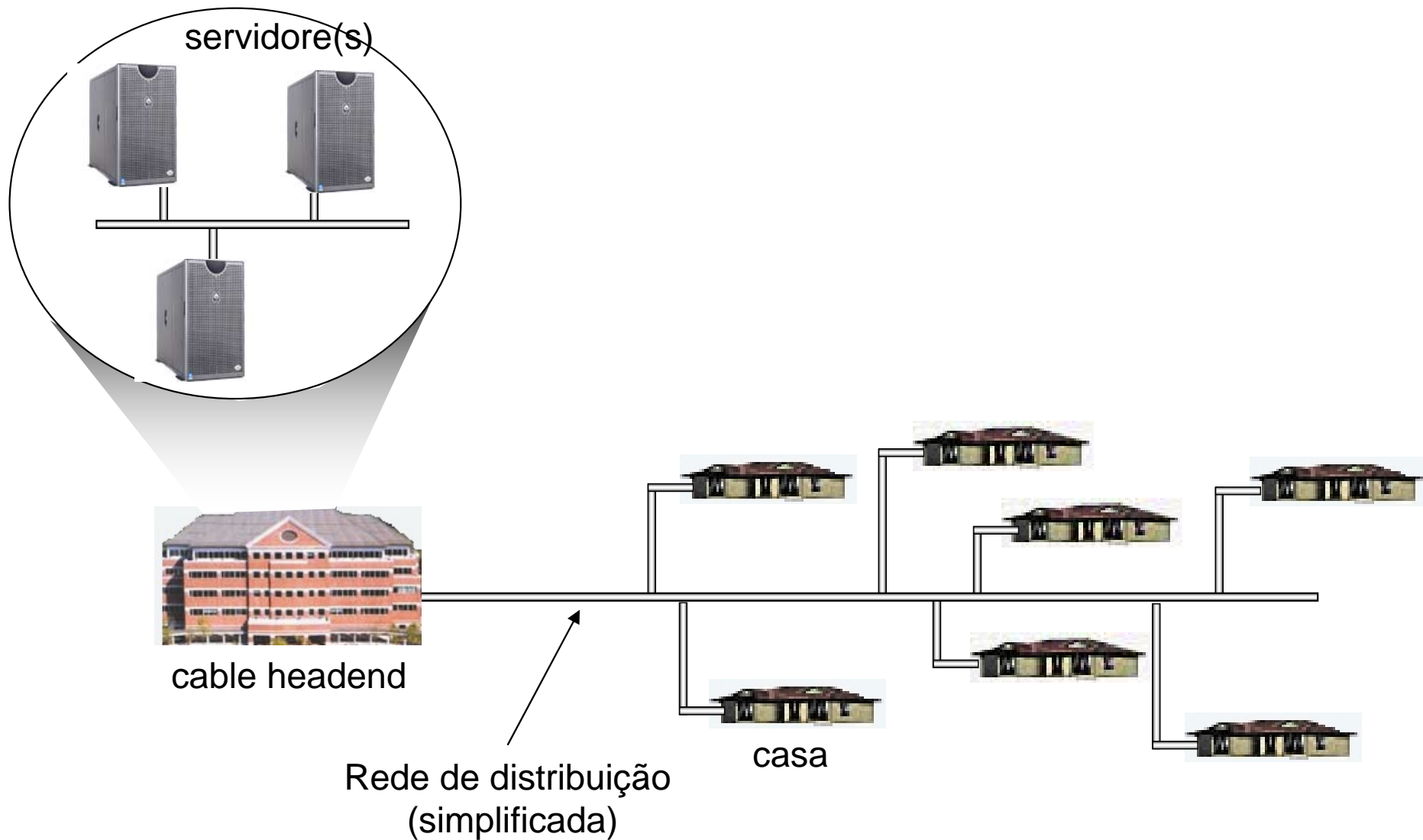
Tipicamente entre 500 a 5.000 casas



# Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral

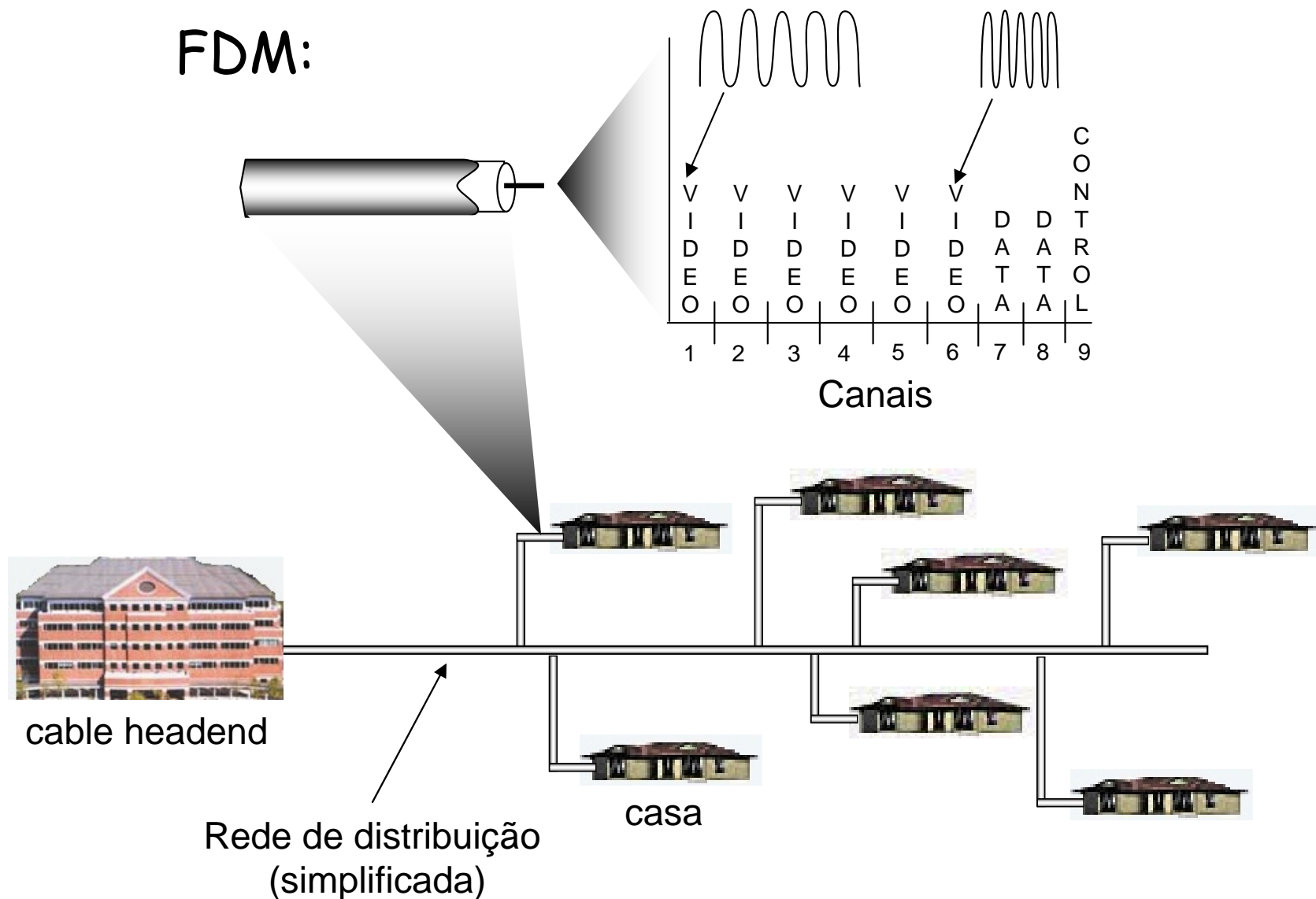


# Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral



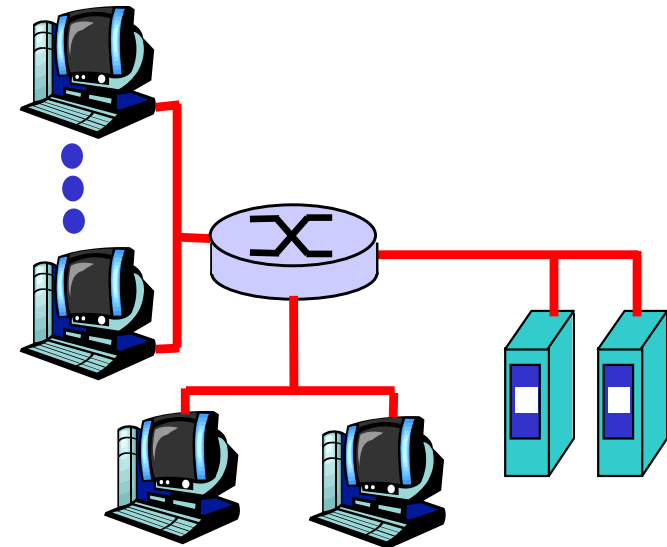


# Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral



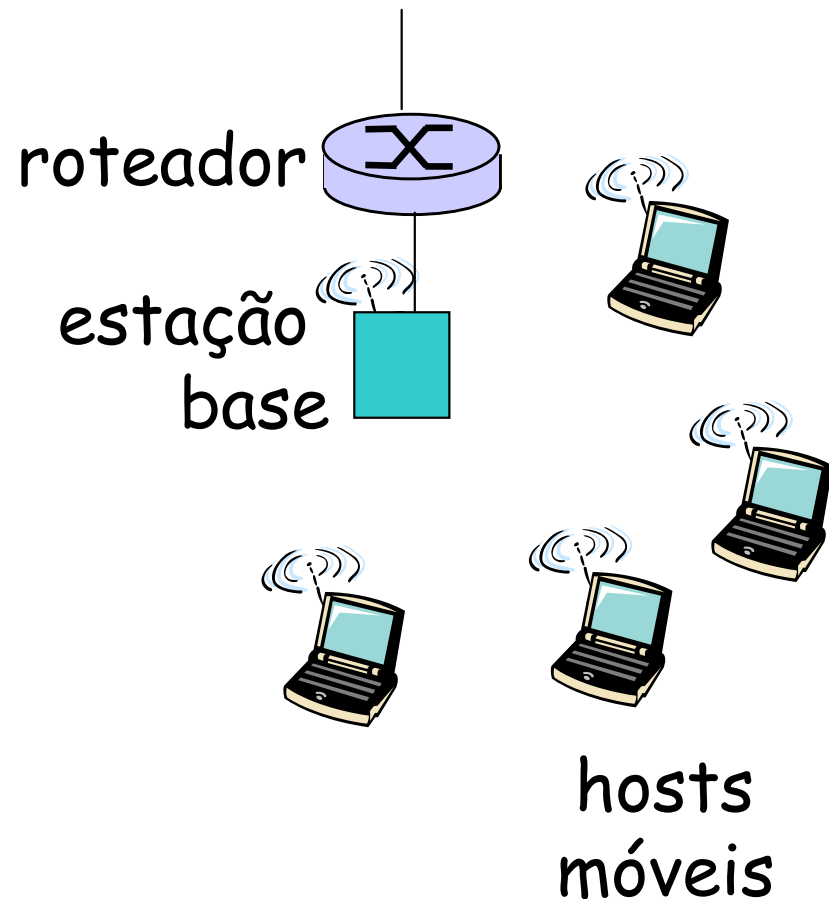
# Acesso institucional: rede local

- ❑ **Rede Local** (LAN - *Local Area Network*) da empresa/univ. conecta sistemas finais ao roteador de borda
- ❑ **Ethernet:**
  - cabos compartilhados ou dedicados conectam o sistema final ao roteador
  - 10 Mbs, 100Mbps, Gigabit Ethernet



# Redes de acesso sem fio (*wireless*)

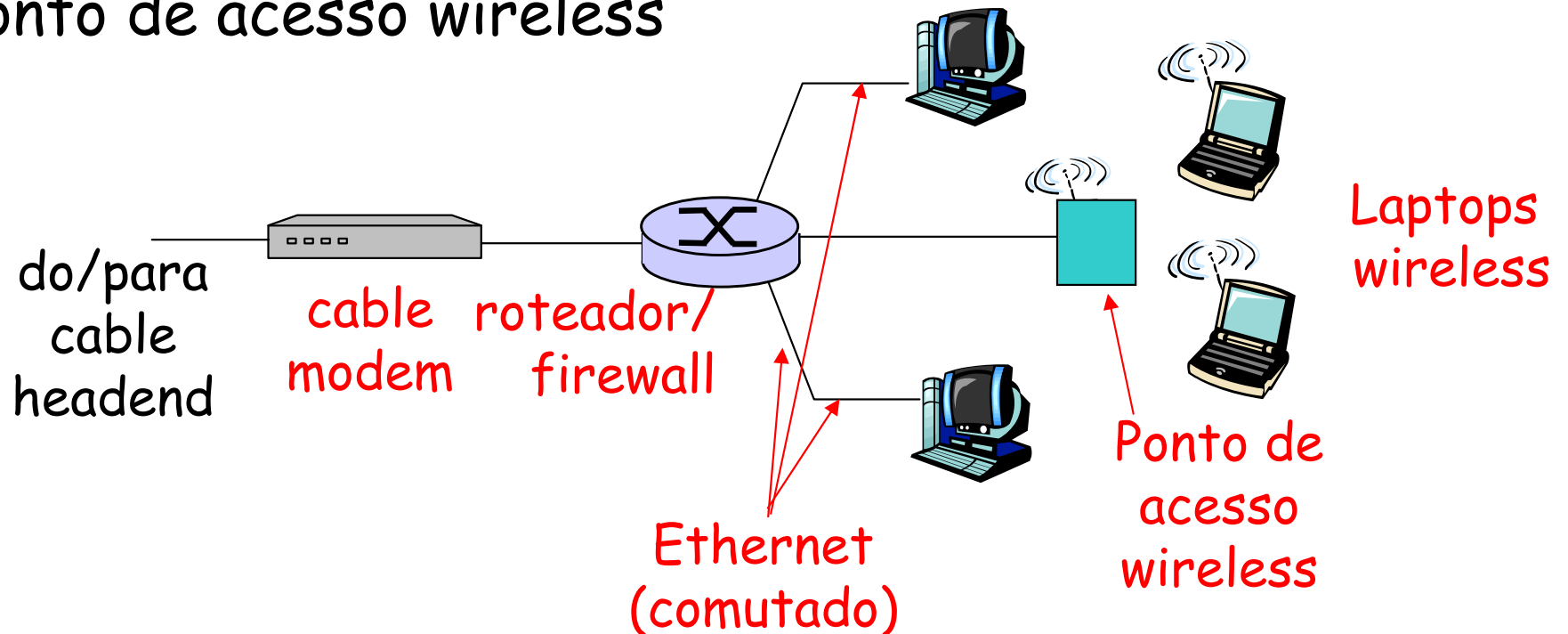
- ❑ rede de acesso compartilhado *sem fio* conecta o sistema final ao roteador
  - Via estação base = “ponto de acesso”
- ❑ LANs sem fio:
  - ondas de rádio substituem os fios
  - 802.11b : 11 Mbps
  - 802.11g : 54 Mbps
  - 802.11n (draft) : 300 Mbps
- ❑ acesso sem fio com maior cobertura
  - Provido por uma operadora
  - 3G ~ 1 Mbps
  - WAP/GPRS



# Redes domésticas

## Componentes típicos da rede doméstica:

- ❑ ADSL ou cable modem
- ❑ roteador/firewall/NAT
- ❑ Ethernet
- ❑ Ponto de acesso wireless



# Meios Físicos

- ❑ **Bit:** Propaga-se entre o transmissor e o receptor
- ❑ **enlace físico:** o que está entre o transmissor e o receptor
- ❑ **meios guiados:**
  - os sinais se propagam em meios sólidos: cobre, fibra
- ❑ **meios não guiados:**
  - os sinais se propagam livremente, ex. rádio

## Par Trançado (TP - *Twisted Pair*)

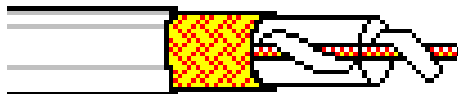
- ❑ dois fios de cobre isolados
  - Categoria 3: fios tradicionais de telefonia, 10 Mbps Ethernet
  - Categoria 5: 100Mbps Ethernet



# Meios físicos: cabo coaxial, fibra

## Cabo coaxial:

- ❑ fio (transporta o sinal) dentro de outro fio (blindagem)
  - banda básica (*baseband*): canal único no cabo
  - banda larga (*broadband*): múltiplos canais num cabo
- ❑ bidirecional
- ❑ uso comum em Ethernet 10Mbps



## Cabo de fibra óptica:

- ❑ fibra de vidro transporta pulsos de luz
- ❑ opera em alta velocidade:
  - transmissão ponto a ponto de alta velocidade (ex., 10 Gbps)
- ❑ baixa taxa de erros: repetidores mais afastados; imune a ruído eletromagnético

# Meios físicos: rádio

- ❑ sinal transportado em ondas eletromagnéticas
- ❑ não há "fio" físico
- ❑ bidirecional
- ❑ efeitos do ambiente de propagação:
  - reflexão
  - obstrução por objetos
  - interferência

## Tipos de enlaces de rádio:

- ❑ **microondas**
  - ex.: canais de até 45 Mbps
- ❑ **LAN** (ex., Wifi)
  - 11Mbps, 54Mbps
- ❑ **longa distância** (ex., celular)
  - ex. 3G, 100's kbps
- ❑ **satélite**
  - canal de até 50Mbps (ou múltiplos canais menores)
  - atraso fim a fim de 270 mseg
  - GEOS versus LEOS

# Roteiro

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda da Rede

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Redes de acesso e meios físicos

1.5 Estrutura da Internet e ISPs

1.6 Atraso e perda em redes comutadas por pacotes

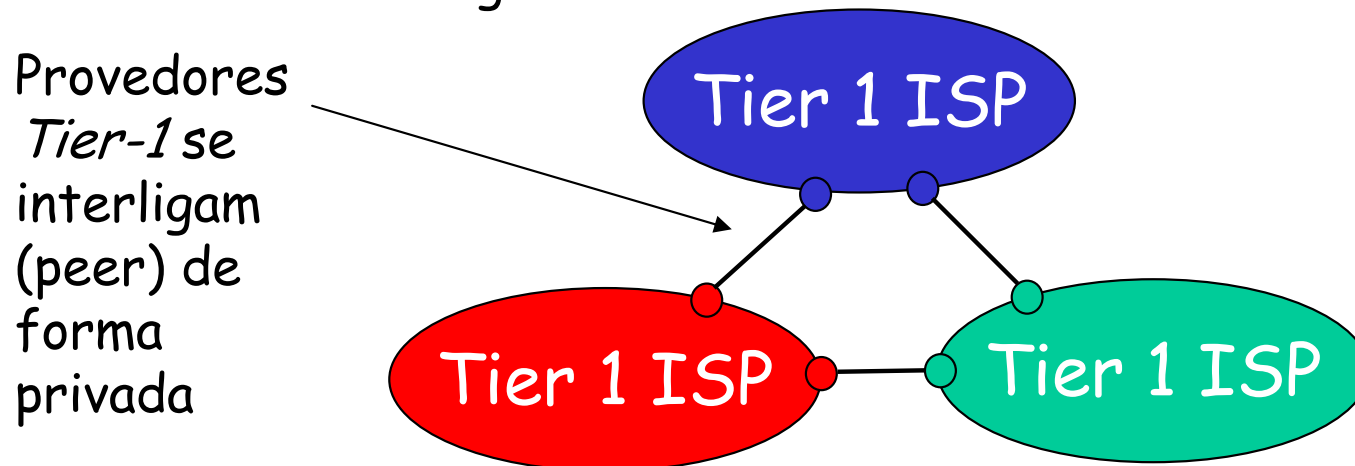
1.7 Camadas de protocolos, modelos de serviços

1.8 História



# Estrutura da Internet: rede de redes

- ❑ Quase hierárquica, seu crescimento segue um certo padrão
- ❑ **No centro: ISPs "tier-1"** - cobertura nacional/internacional
  - **Redes comerciais**(ex. Embratel, Oi, Intelig, Brasil Telecom, Diveo, Mundivox, Global Crossing, Cogent, Sprint, AT&T)
  - Redes voltadas para Educação e Pesquisa (consórcio): RNP, CLARA (Cooperação Latino-Americana de Redes Avançadas), Internet2 (EUA), Géant2 (Europa), Alice (America Latina)
  - trata os demais como iguais



# Provedor de Backbone Nacional

<http://www.embratel.net.br>

## Giga PoPs

CR-RJO  
CR-RJO-MKZ  
CR-RJO-ARC  
CR-SPO-IG  
CR-SPO-LP  
CR-SPO-MB  
CR-CAS  
CR-CTA  
CR-PAE  
CR-SDR  
CR-BHE  
CR-BSA

- \* 38 centros de roteamento
- \* + 550 PoPs
- \* rotas duais
- \* diversidade de transmissão

## Maior

- \* diversidade
- \* capacidade
- \* qualidade
- \* confiabilidade

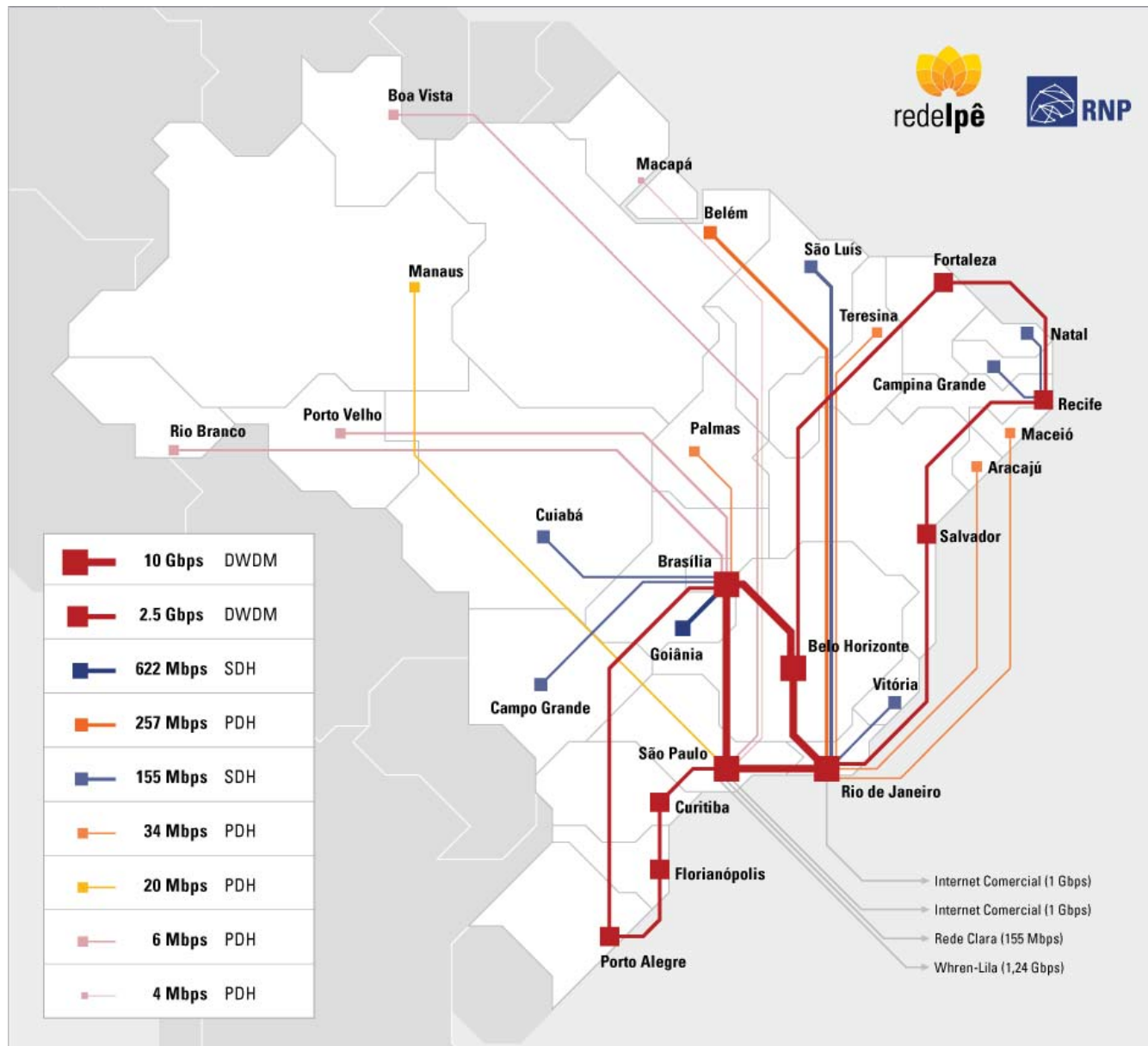
 ATM 155 Mbps/622 Mbps



# Conexões Internacionais - Embratel



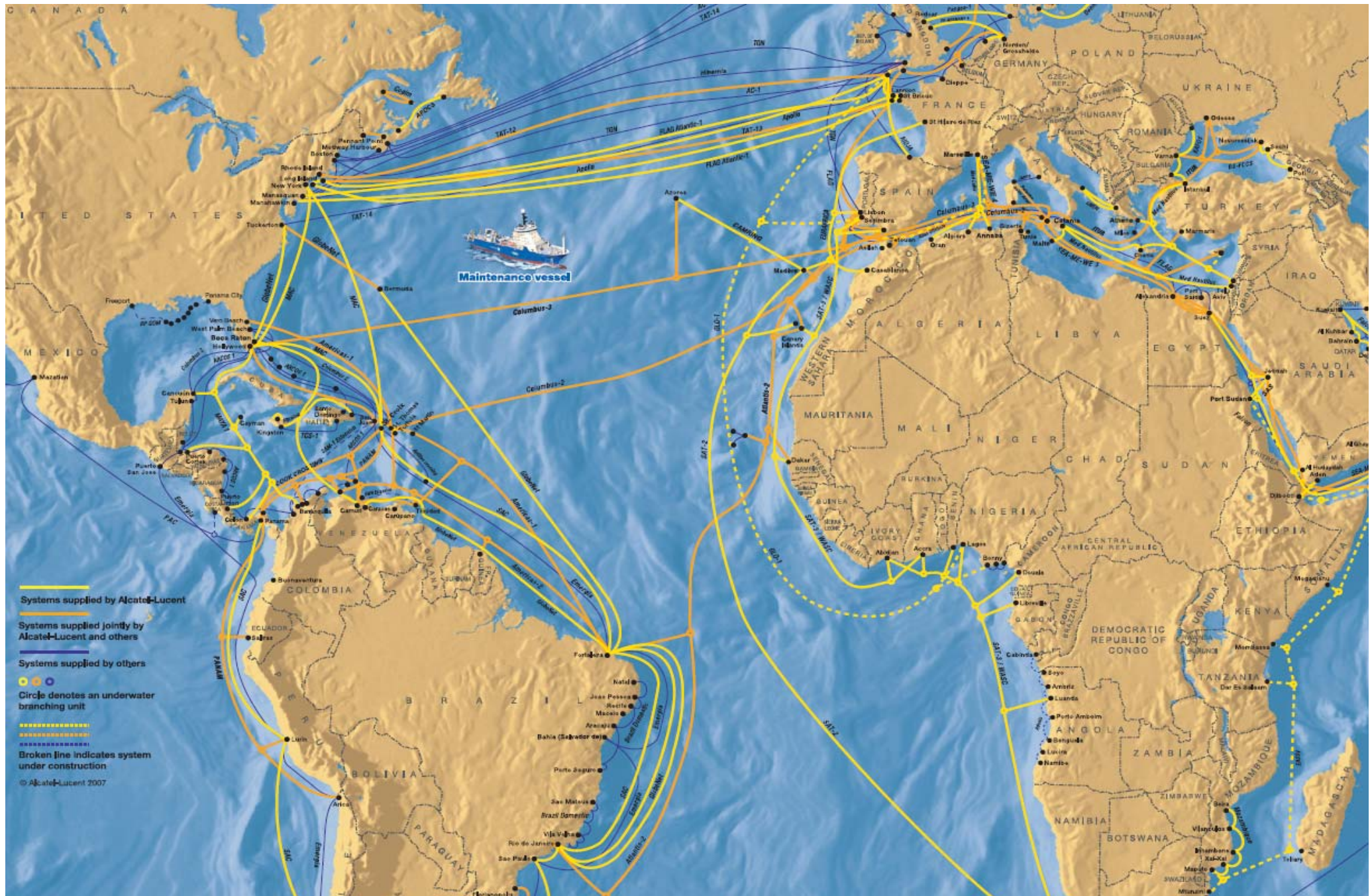
# RNP - ISP Tier 1 (Nível 1)



A RNP possui conectividade internacional própria. Um canal de 400 Mbps e um de 1 Gbps são usados para tráfego Internet de produção. Uma outra conexão, de 155 Mbps, está ligada à Rede Clara, rede avançada da América Latina. Através da Clara, a RNP está conectada a outras redes avançadas no mundo, como a européia Géant e a norte-americana Internet2.

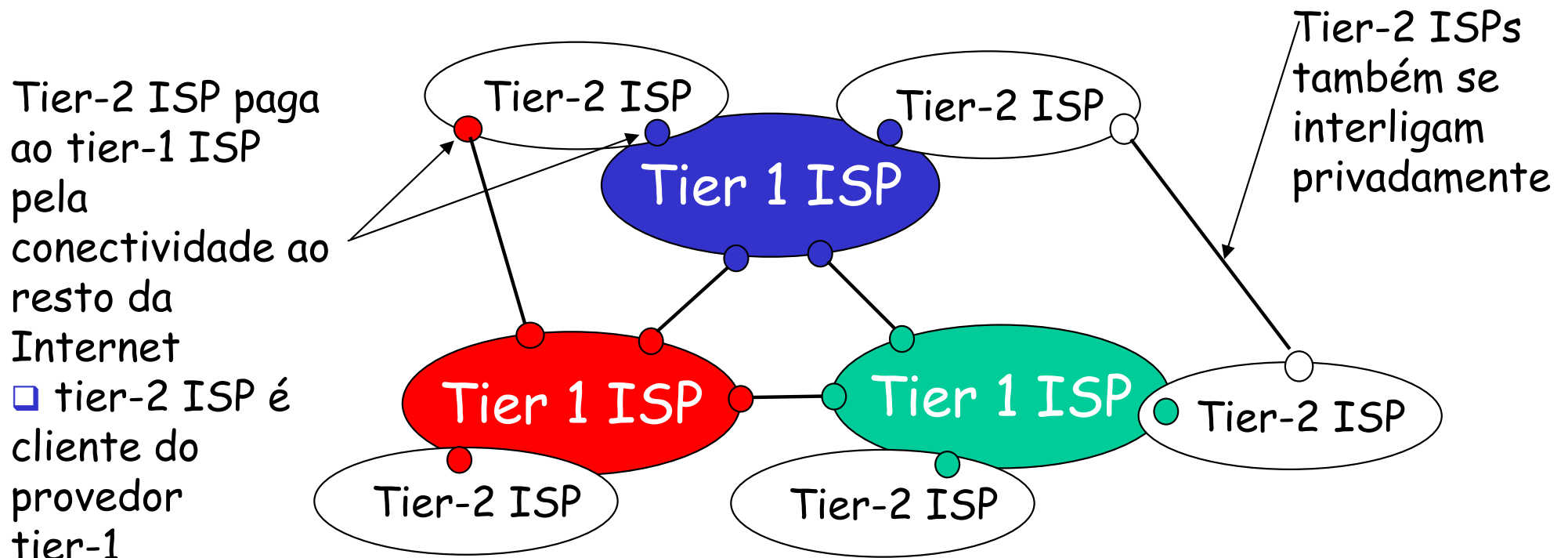


# Mapa de Redes de Fibra Ótica Submarinas



# Estrutura da Internet: rede de redes

- "Tier-2" ISPs: ISPs menores (frequentemente regionais)
  - Conexão a um ou mais ISPs tier-1, possivelmente a outros ISPs tier-2

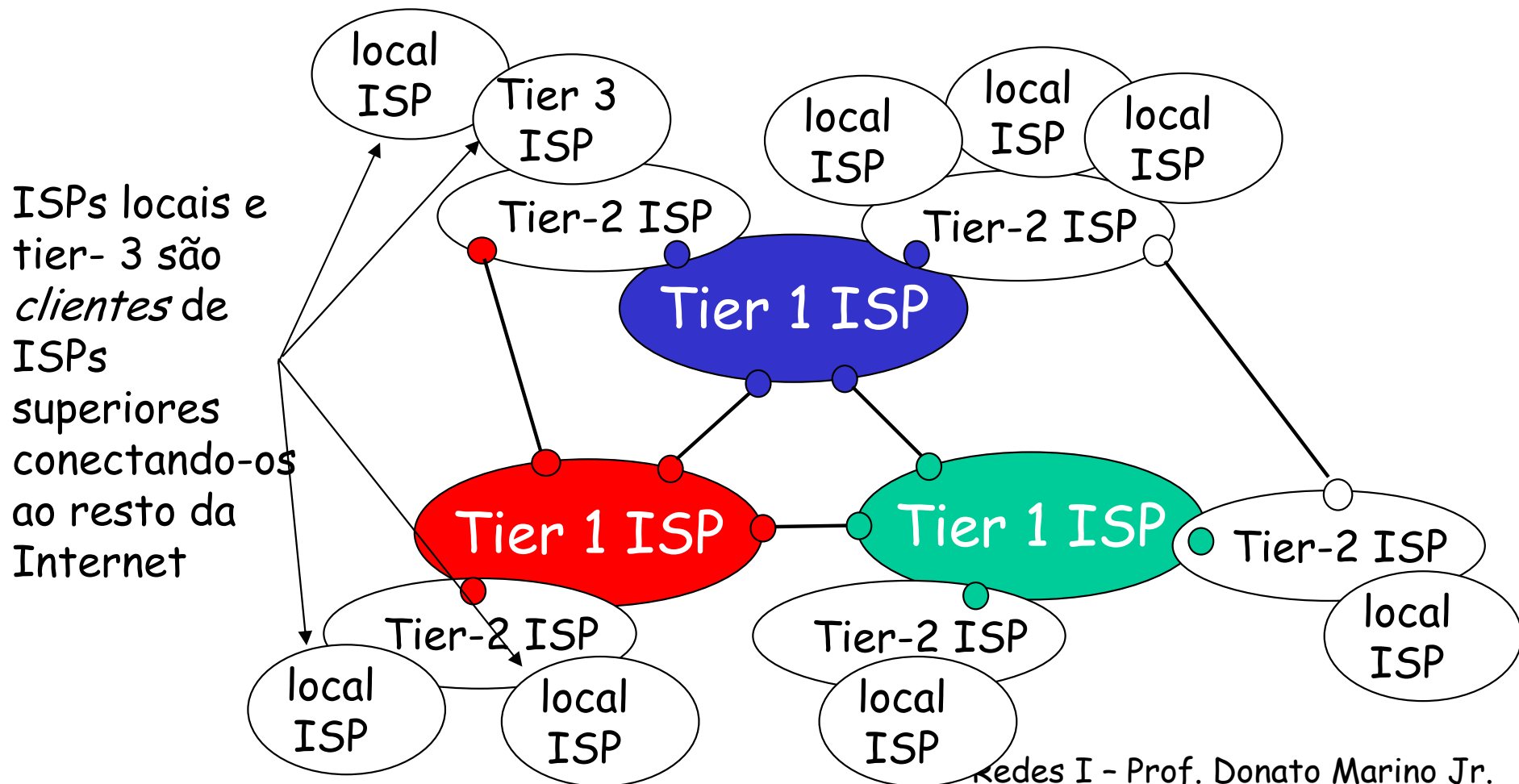




# Estrutura da Internet: rede de redes

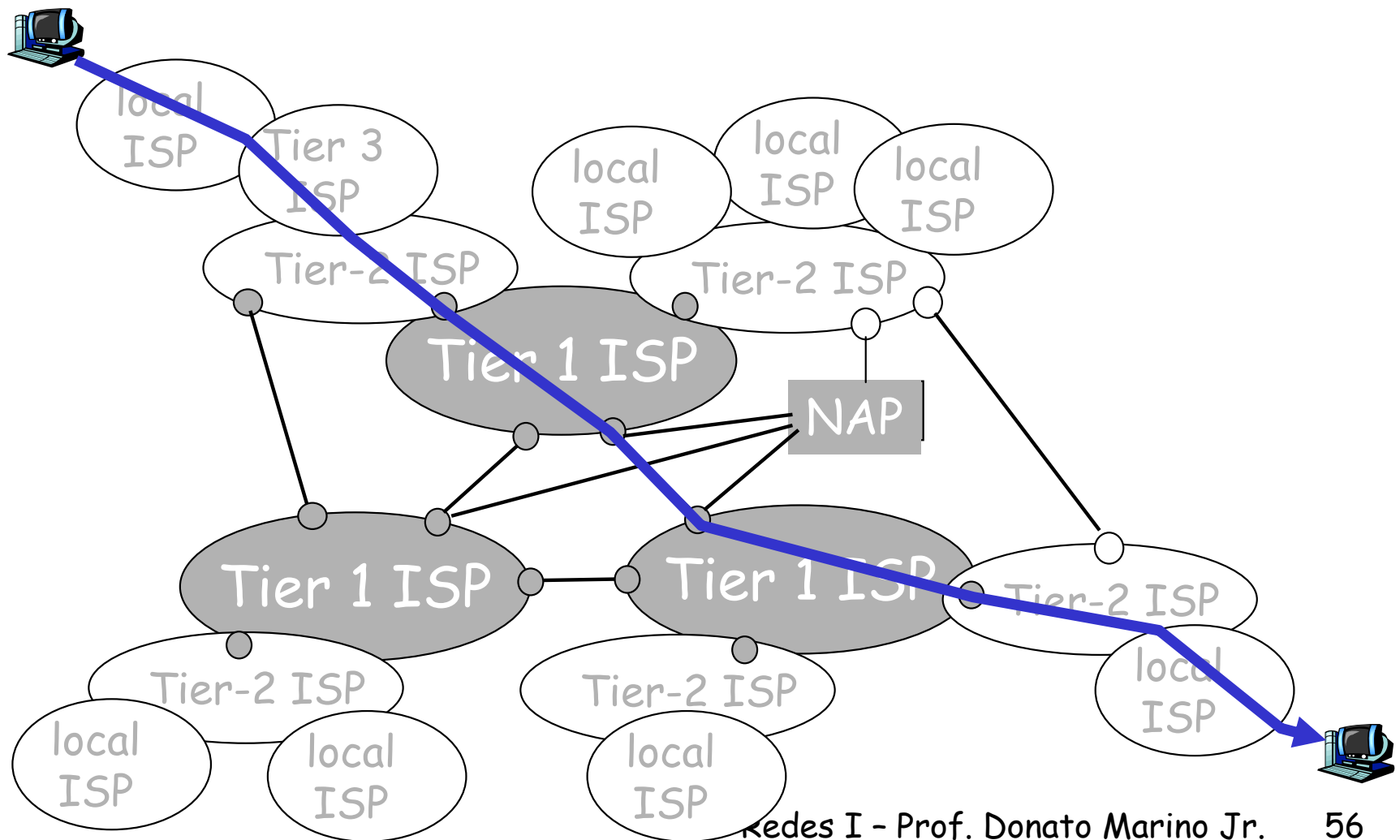
## ❑ "Tier-3" ISPs e ISPs locais

- rede de última milha ("acesso") (próximo aos sistemas finais)



# Estrutura da Internet: rede de redes

- um pacote passa através de diversas redes!





# Roteiro

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda da Rede

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Rede de acesso e meios físicos

1.5 Estrutura da Internet e ISPs

1.6 Atraso e perda em redes comutadas por pacotes

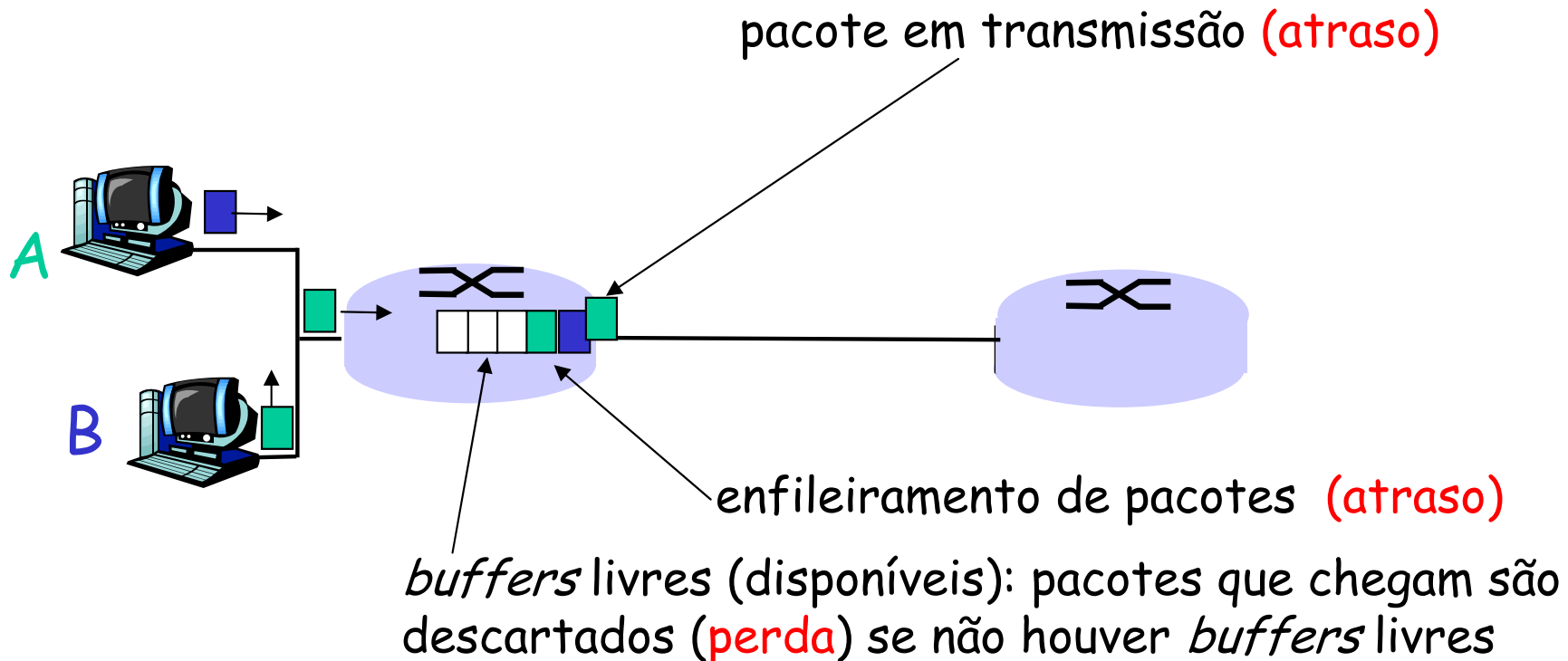
1.7 Camadas de protocolos, modelos de serviços

1.8 História

# Como ocorrem as perdas e atrasos?

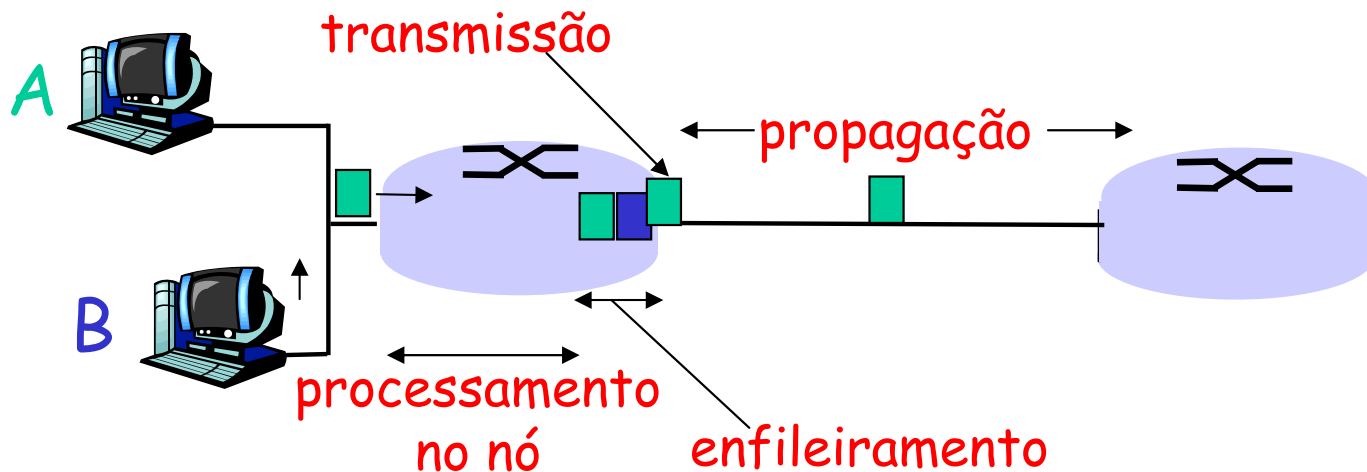
Pacotes enfileiram nos buffers do roteador

- ❑ taxa de chegada de pacotes ao enlace excede a capacidade do link de saída.
- ❑ pacotes enfileiram, esperam pela vez



# Quatro fontes de atraso dos pacotes

- 1. processamento no nó:
  - verificação de bits errados
  - identificação do enlace de saída
- 2. enfileiramento
  - tempo de espera no enlace de saída até a transmissão
  - depende do nível de congestionamento do roteador



# Atraso em redes comutadas por pacotes

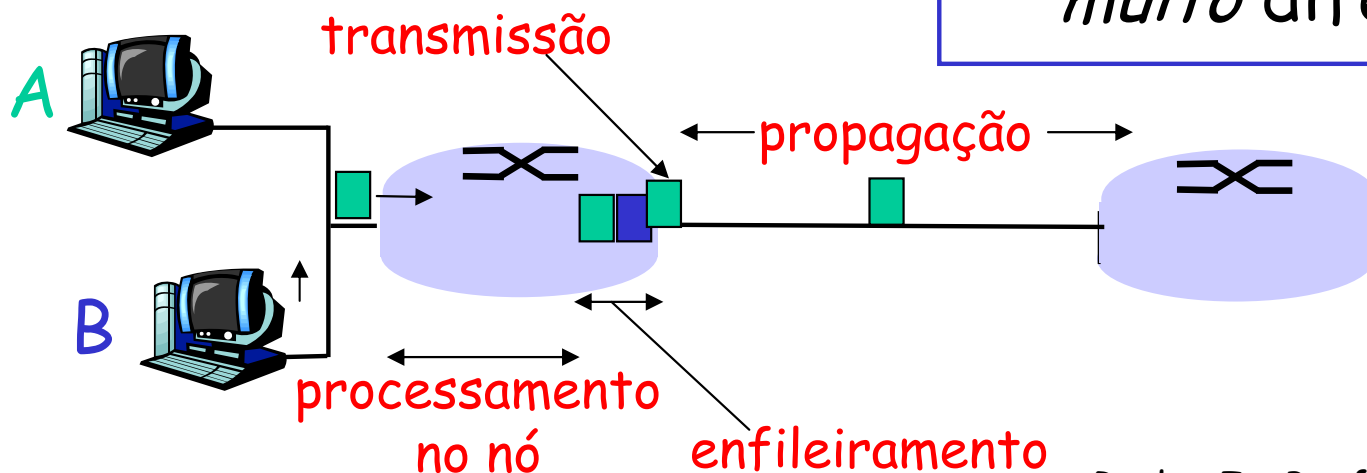
## 3. Atraso de transmissão:

- $R$  = largura de banda do enlace (bps)
- $L$  = compr. do pacote (bits)
- tempo para enviar os bits no enlace =  $L/R$

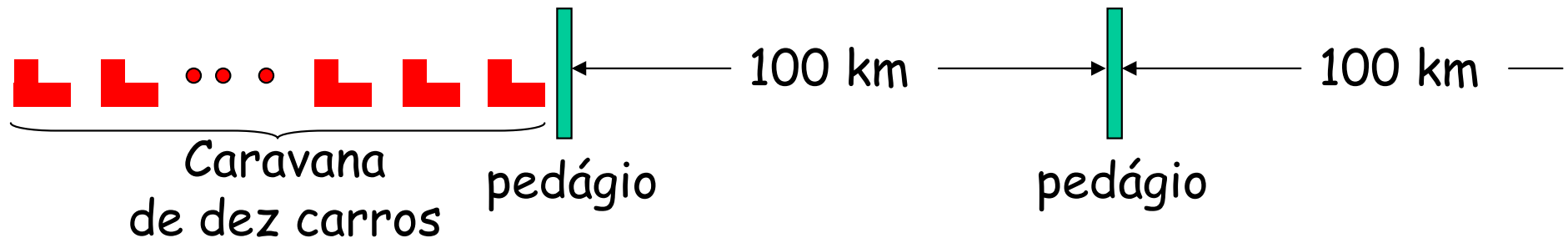
## 4. Atraso de propagação:

- $d$  = compr. do enlace
- $s$  = velocidade de propagação no meio ( $\sim 2 \times 10^8$  m/seg)
- atraso de propagação =  $d/s$

**Nota:**  $s$  e  $R$  são valores *muito* diferentes!

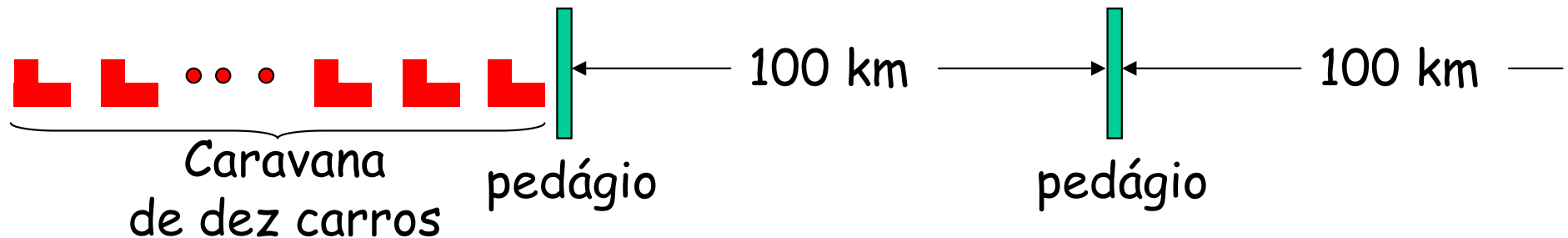


# Analogia com uma Caravana



- Os carros se "propagam" a 100 km/h
- O pedágio leva 12 seg para atender um carro (tempo de transmissão)
- carro~bit; caravana ~ pacote
- P: Quanto tempo leva até que a caravana esteja enfileirada antes do segundo pedágio?
- Tempo para "atravessar" toda a caravana através do pedágio para a estrada =  $12 \times 10 = 120$  sec
- Tempo para que o último carro se propaga do primeiro para o segundo pedágio:  
 $100\text{km} / (100\text{km/h}) = 1 \text{ h}$
- R: 62 minutos

# Analogia com uma Caravana (mais)



- ❑ Os carros agora se "propagam" a 1000 km/h
- ❑ Os pedágios agora levam em torno de 1 min para atender um carro
- ❑ P: Os carros chegarão ao segundo pedágio antes que todos os carros tenham sido atendidos no primeiro pedágio?

- ❑ Sim! Após 7 min, o 1o. Carro chega ao 2o. Pedágio e ainda há 3 carros no 1o. pedágio.
- ❑ O 1o. bit do pacote pode chegar ao 2o. Roteador antes que o pacote tenha sido totalmente transmitido no 1o. roteador!
  - Veja o applet Ethernet no site da AWL :  
[http://media.pearsoncmg.com/aw/aw\\_kurose\\_network\\_2/applets/transmission/delay.html](http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/transmission/delay.html)

# Atraso no nó

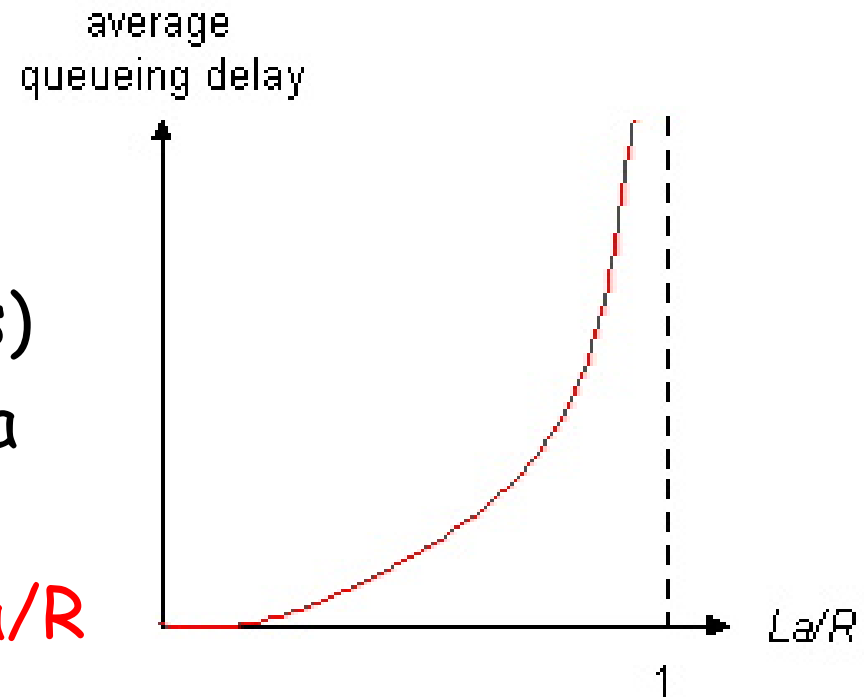
$$d_{\text{nó}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{enfil}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- ❑  $d_{\text{proc}}$  = atraso de processamento
  - tipicamente de poucos microsecs ou menos
- ❑  $d_{\text{queue}}$  = atraso de enfileiramento
  - depende do congestionamento
- ❑  $d_{\text{trans}}$  = atraso de transmissão
  - $= L/R$ , significativo para canais de baixa velocidade
- ❑  $d_{\text{prop}}$  = atraso de propagação
  - poucos microsecs a centenas de msecs

# Atraso de enfileiramento

- $R$  = largura de banda do enlace (bps)
- $L$  = compr. do pacote (bits)
- $a$  = taxa média de chegada de pacotes

intensidade de tráfego =  $\lambda a / R$

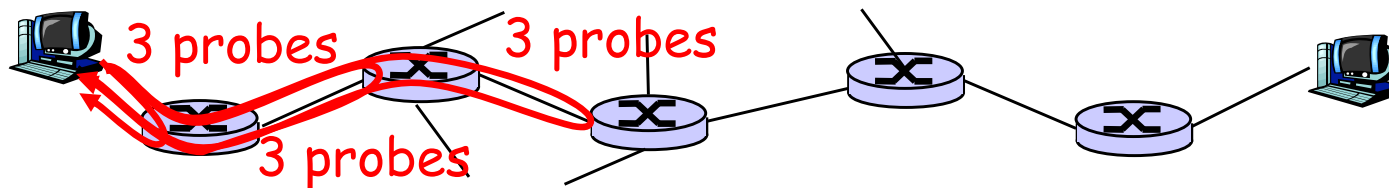


- $\lambda a / R \sim 0$ : pequeno atraso de enfileiramento
- $\lambda a / R \rightarrow 1$ : grande atraso
- $\lambda a / R > 1$ : chega mais "trabalho" do que a capacidade de atendimento, atraso médio infinito!



# Atrasos e rotas "reais" da Internet

- ❑ Como são os atrasos e as perdas reais da Internet?
- ❑ Programa Traceroute: fornece medições de atraso da fonte até os diversos roteadores ao longo do caminho fim-a-fim até o destino. Para cada  $i$ :
  - Envia três pacotes que alcançarão o roteador  $i$  no caminho até o destino.
  - O roteador  $i$  devolverá os pacotes ao transmissor
  - O transmissor calcula o intervalo de tempo decorrido entre a transmissão e a chegada da resposta.



# Atrasos e rotas "reais"

**traceroute:** roteadores, atrasos de ida e volta no caminho da origem até o destino source-dest path  
também: pingplotter, vários programas windows (tracert)

```
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
```

# Traceroute (www.traceroute.org)

```
1  thing-i.sdsc.edu (198.202.76.40)  0.415 ms  1.364 ms  0.478 ms
2  thunder.sdsc.edu (198.202.75.5)   1.027 ms  1.959 ms  0.845 ms
3  piranha.sdsc.edu (132.249.30.8)   1.392 ms  0.971 ms  1.256 ms
4  sdg-hpr--sdsc-sdsc2-ge.cenic.net (137.164.27.53) 1.107 ms  0.833 ms  1.646 ms
5  lax-hpr1--sdg-hpr1-10ge-l3.cenic.net (137.164.25.4) 12.299 ms  5.222 ms  4.129 ms
6  abilene-LA--hpr-lax-gsr1-10ge.cenic.net (137.164.25.3) 52.650 ms  5.328 ms  5.327 ms
7  snvang-losang.abilene.ucaid.edu (198.32.8.95) 13.085 ms  12.992 ms  13.272 ms
8  dnvrng-snvang.abilene.ucaid.edu (198.32.8.2) 42.376 ms  43.627 ms  36.447 ms
9  kscyng-dnvrng.abilene.ucaid.edu (198.32.8.14) 47.407 ms  *  60.791 ms
10 iplsnng-kscyng.abilene.ucaid.edu (198.32.8.80) 301.250 ms  298.888 ms  *
11 chinng-iplsnng.abilene.ucaid.edu (198.32.8.76) 61.772 ms  60.848 ms  71.536 ms
12 abilene.nl1.nl.geant.net (62.40.103.165) 161.640 ms  161.587 ms  161.617 ms
13 nl.del.de.geant.net (62.40.96.101) 167.426 ms  167.697 ms  167.412 ms
14 del-1.de2.de.geant.net (62.40.96.130) 167.437 ms  167.747 ms  167.421 ms
15 de.it1.it.geant.net (62.40.96.62) 176.583 ms  177.143 ms  176.567 ms
16 it.es1.es.geant.net (62.40.96.185) 198.889 ms  198.929 ms  198.888 ms
17 clara-br-gw.es1.es.geant.net (62.40.105.14) 398.838 ms  398.819 ms  398.783 ms
18 200.0.204.194 (200.0.204.194) 399.577 ms  399.352 ms  399.363 ms
19 rj-pos2-0.bb3.rnp.br (200.143.253.102) 405.552 ms  405.193 ms  405.176 ms
20 rj7507-fastethernet6-1.bb3.rnp.br (200.143.254.93) 406.627 ms  405.902 ms  405.965
   ms
21 ba-serial4-1-0.bb3.rnp.br (200.143.253.90) 436.836 ms  437.363 ms  437.128 ms
22 200.128.6.147 (200.128.6.147) 437.582 ms  438.540 ms  440.072 ms
23 200.128.80.130 (200.128.80.130) 440.742 ms  439.366 ms  438.056 ms
```

# Traceroute (www.traceroute.org)

```
1  thing-i.sdsc.edu (198.202.76.40)  0.441 ms  1.275 ms  1.295 ms
2  thunder.sdsc.edu (198.202.75.5)   1.656 ms  1.941 ms  1.955 ms
3  piranha.sdsc.edu (132.249.30.8)   1.027 ms  1.931 ms  9.723 ms
4  inet-lax-isp--sdsc-sdsc2-ge.cenic.net (137.164.24.205)  4.849 ms  9.652 ms  3.988 ms
5  64.156.191.9 (64.156.191.9)   5.430 ms  4.533 ms  4.683 ms
6  att-level3-oc48.LosAngeles1.Level3.net (4.68.127.134)  4.862 ms  att-level3-
   oc48.LosAngeles1.Level3.net (4.68.127.138)  5.680 ms  att-level3-
   oc48.LosAngeles1.Level3.net (4.68.127.134)  5.242 ms
7  tbr1-p014001.la2ca.ip.att.net (12.123.29.2)  6.042 ms  5.723 ms  6.641 ms
8  tbr1-cl2.dlstx.ip.att.net (12.122.10.49)  40.245 ms  38.811 ms  39.966 ms
9  tbr2-cl1.attga.ip.att.net (12.122.2.90)  57.603 ms  56.266 ms  55.908 ms
10 tbr1-p012501.attga.ip.att.net (12.122.9.157)  56.429 ms  56.023 ms  55.684 ms
11 gbr4-p10.ormfl.ip.att.net (12.122.12.122)  64.324 ms  63.756 ms  64.373 ms
12 gar1-p360.miuf1.ip.att.net (12.123.200.237)  71.912 ms  71.795 ms  71.749 ms
13 12.118.175.78 (12.118.175.78)  73.160 ms  74.312 ms  73.686 ms
14 200.223.131.193 (200.223.131.193)  185.843 ms  186.183 ms  185.561 ms
15 200.223.131.213 (200.223.131.213)  184.640 ms  186.209 ms  184.655 ms
16 200.223.254.154 (200.223.254.154)  201.814 ms  203.325 ms  203.368 ms
17 PO2-0.BDEA-BA-ROTN-01.telemar.net.br (200.223.131.57)  203.069 ms  202.266 ms
   203.498 ms
18 PO5-0.BDEA-BA-ROTD-02.telemar.net.br (200.223.131.62)  212.575 ms  204.653 ms
   203.047 ms
19 Po2.BDEA-BA-ROTD-01.telemar.net.br (200.164.60.2)  202.571 ms  203.086 ms  203.347 ms
20 200.223.254.34 (200.223.254.34)  203.084 ms  204.007 ms  202.899 ms
21 200.223.64.90 (200.223.64.90)  205.225 ms  206.013 ms  212.787 ms
22 200.223.74.249 (200.223.74.249)  204.567 ms  204.883 ms  204.545 ms
23 * * *
```

# Perda de pacotes

- ❑ fila (buffer) anterior a um canal possui capacidade finita
- ❑ quando um pacote chega numa fila cheia, o pacote é descartado (perdido)
- ❑ o pacote perdido pode ser retransmitido pelo nó anterior, pelo sistema origem, ou não ser retransmitido

# Roteiro

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda da Rede

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Redes de acesso e meios físicos

1.5 Estrutura da Internet e ISPs

1.6 Atraso e perda em redes comutadas por pacotes

1.7 Camadas de protocolos, modelos de serviços

1.8 História

# "Camadas" de Protocolos

As redes são complexas!

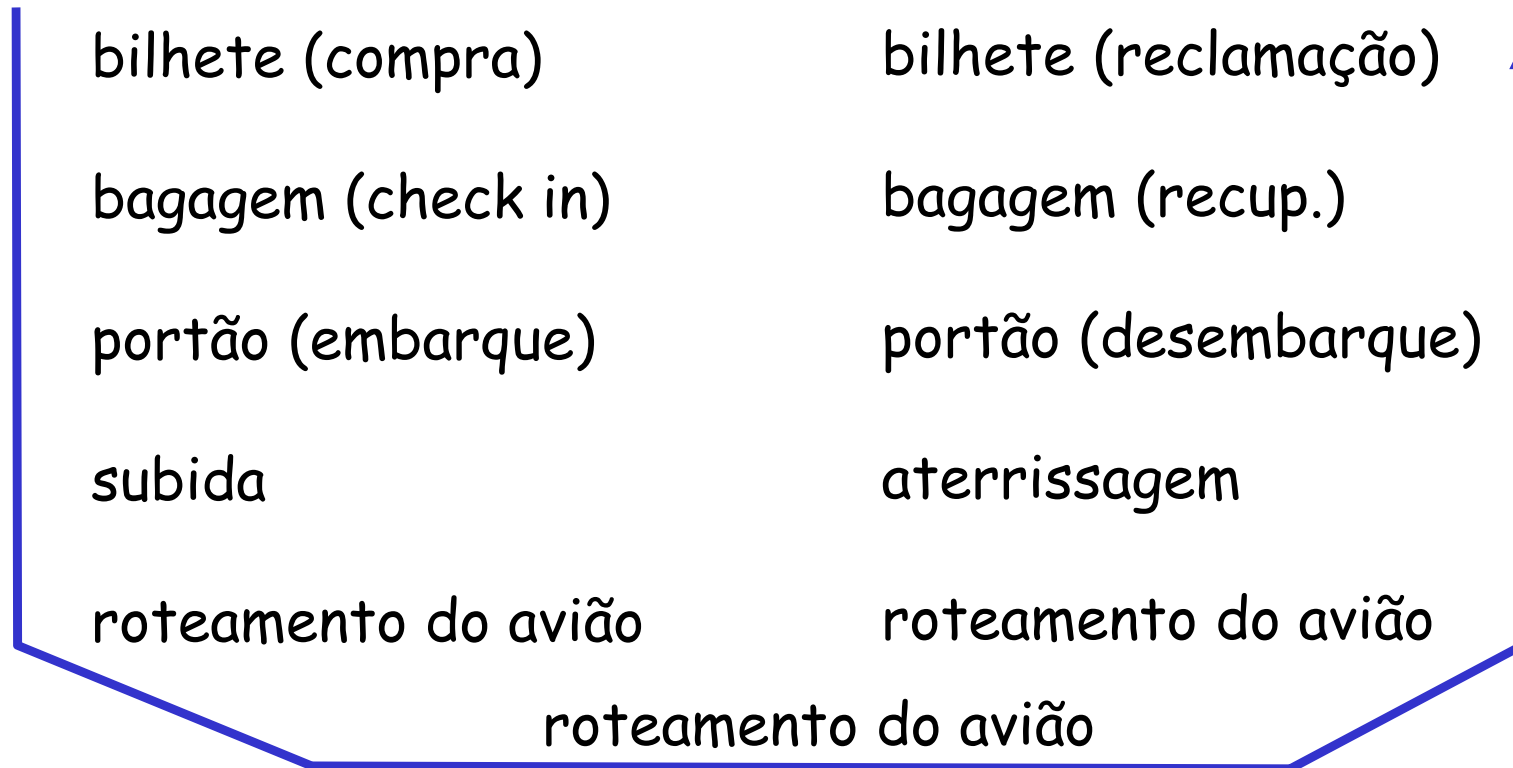
- muitos "pedaços":
  - hosts
  - roteadores
  - enlaces de diversos meios
  - aplicações
  - protocolos
  - hardware, software

Pergunta:

Há alguma esperança em conseguirmos *organizar* a estrutura da rede?

Ou pelo menos a nossa discussão sobre redes?

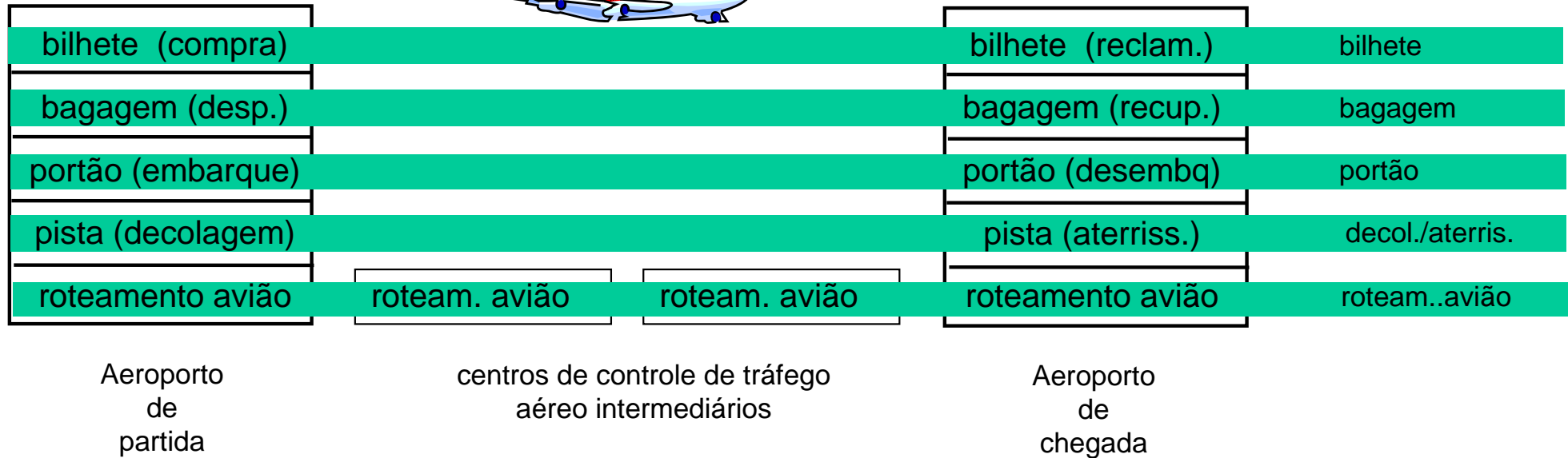
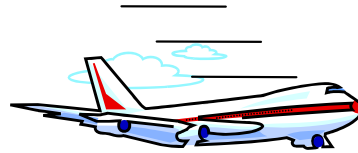
# Organização de uma viagem aérea



□ uma série de etapas



# Funcionalidade de uma empresa aérea em camadas



**Camadas:** cada camada implementa um serviço

- através de ações internas à camada
- depende dos serviços providos pela camada inferior

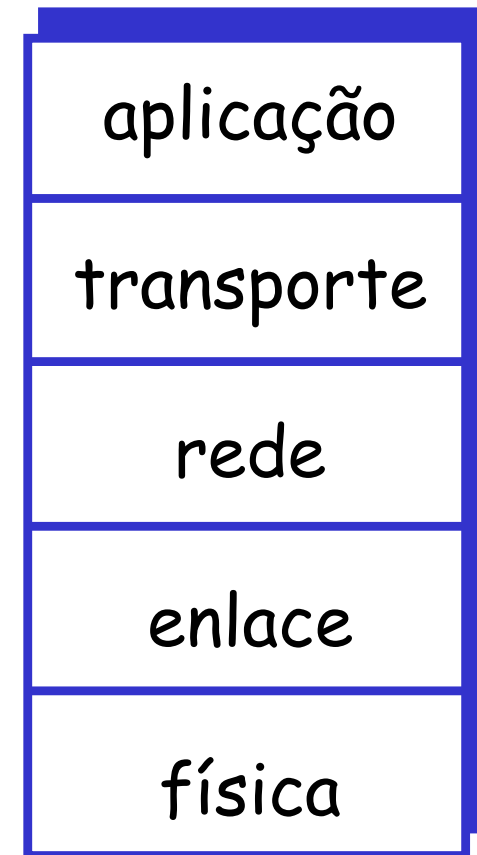
# Por que dividir em camadas?

Lidar com sistemas complexos:

- ❑ estrutura explícita permite a identificação e relacionamento entre as partes do sistema complexo
  - modelo de referência em camadas para discussão
- ❑ modularização facilita a manutenção e atualização do sistema
  - mudança na implementação do serviço da camada é transparente para o resto do sistema
  - ex., mudança no procedimento no portão não afeta o resto do sistema
- ❑ divisão em camadas é considerada prejudicial?

# Pilha de protocolos Internet

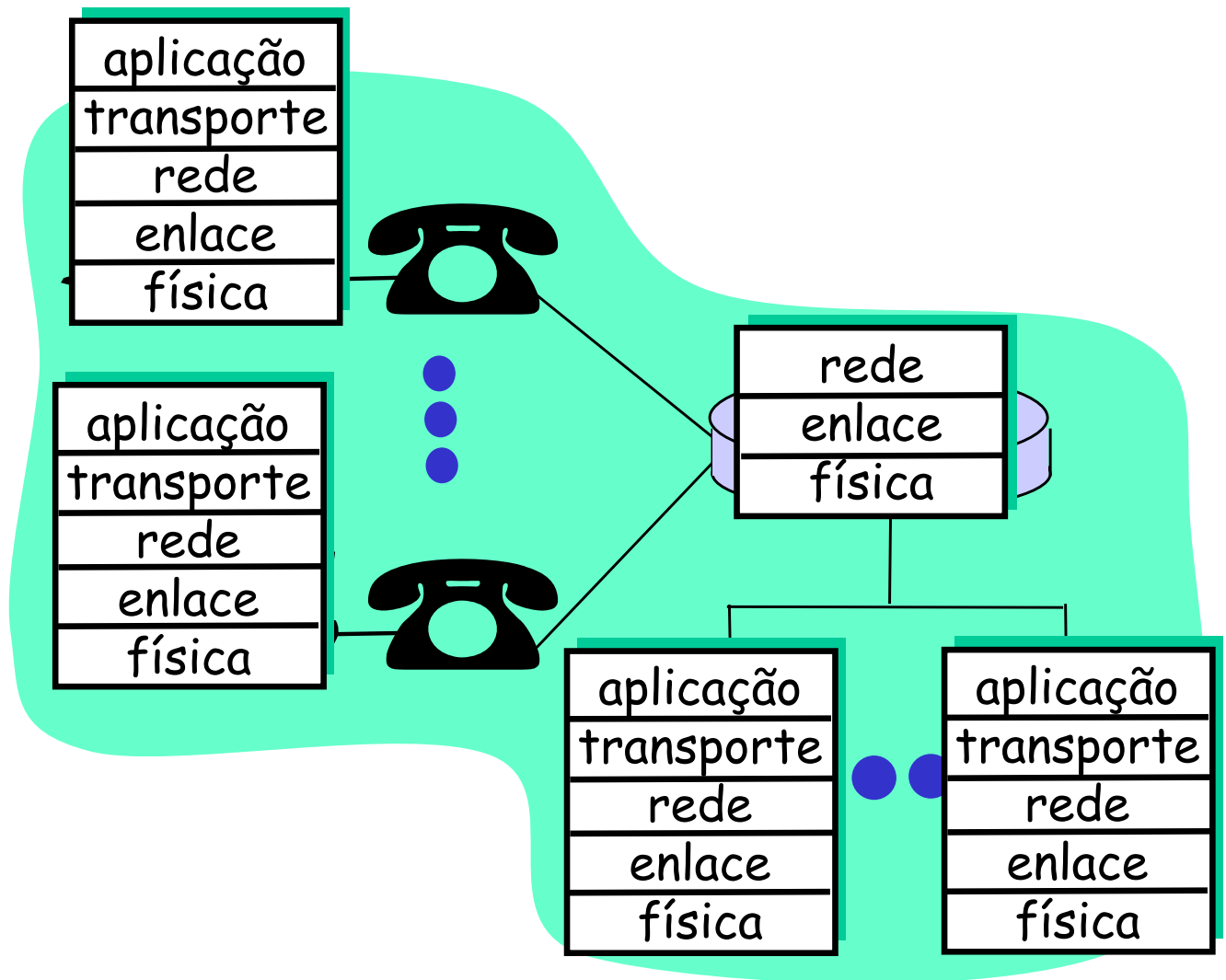
- ❑ **aplicação:** dá suporte a aplicações de rede
  - FTP, SMTP, HTTP
- ❑ **transporte:** transferência de dados host-a-host
  - TCP, UDP
- ❑ **rede:** roteamento de datagramas da origem até o destino
  - IP, protocolos de roteamento
- ❑ **enlace:** transferência de dados entre elementos de rede vizinhos
  - PPP, Ethernet
- ❑ **física:** bits "no fio"



# Camadas: comunicação lógica

Cada camada:

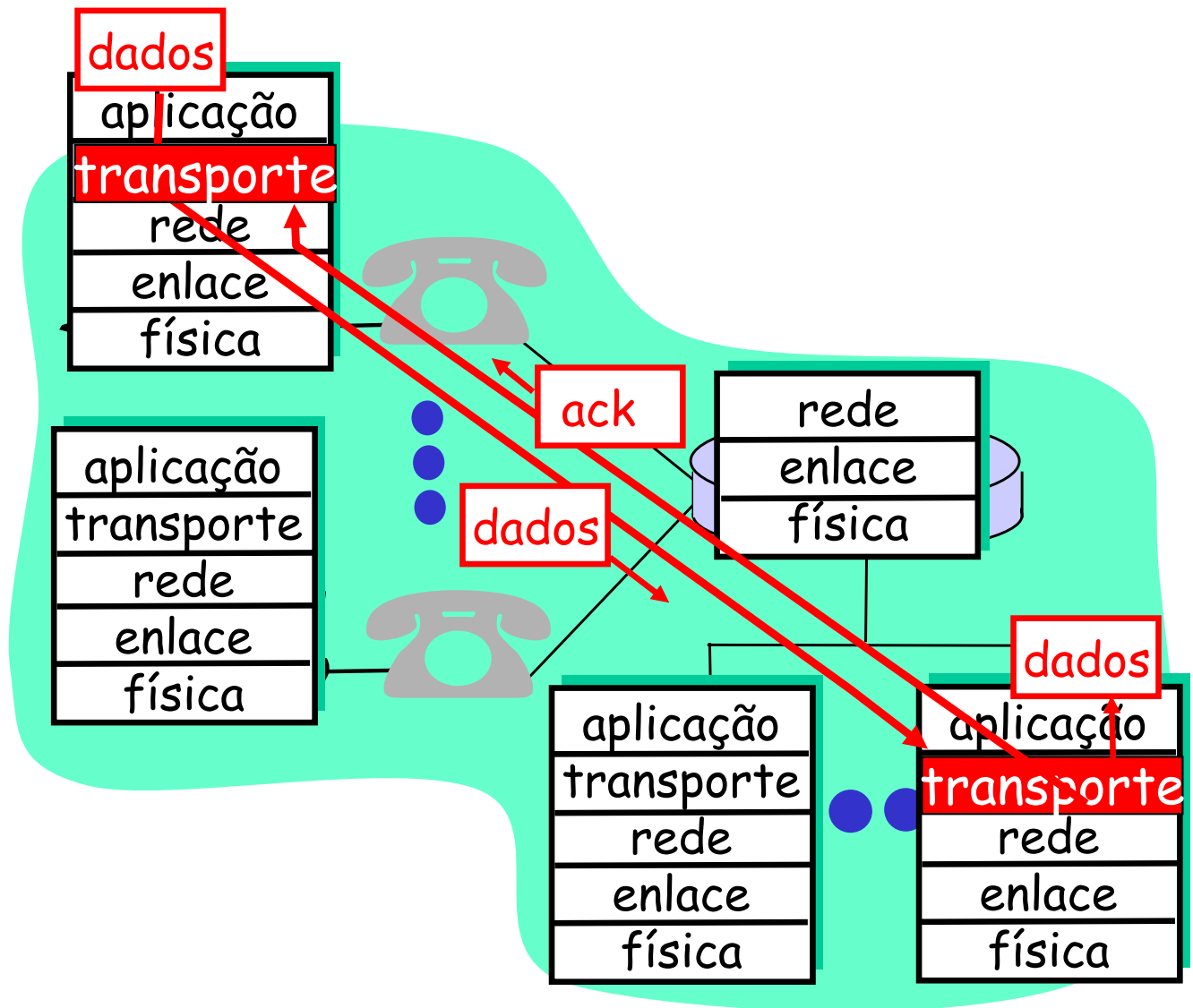
- ❑ distribuída
- ❑ as "entidades" implementam as funções das camadas em cada nó
- ❑ as entidades executam ações, trocam mensagens entre parceiras



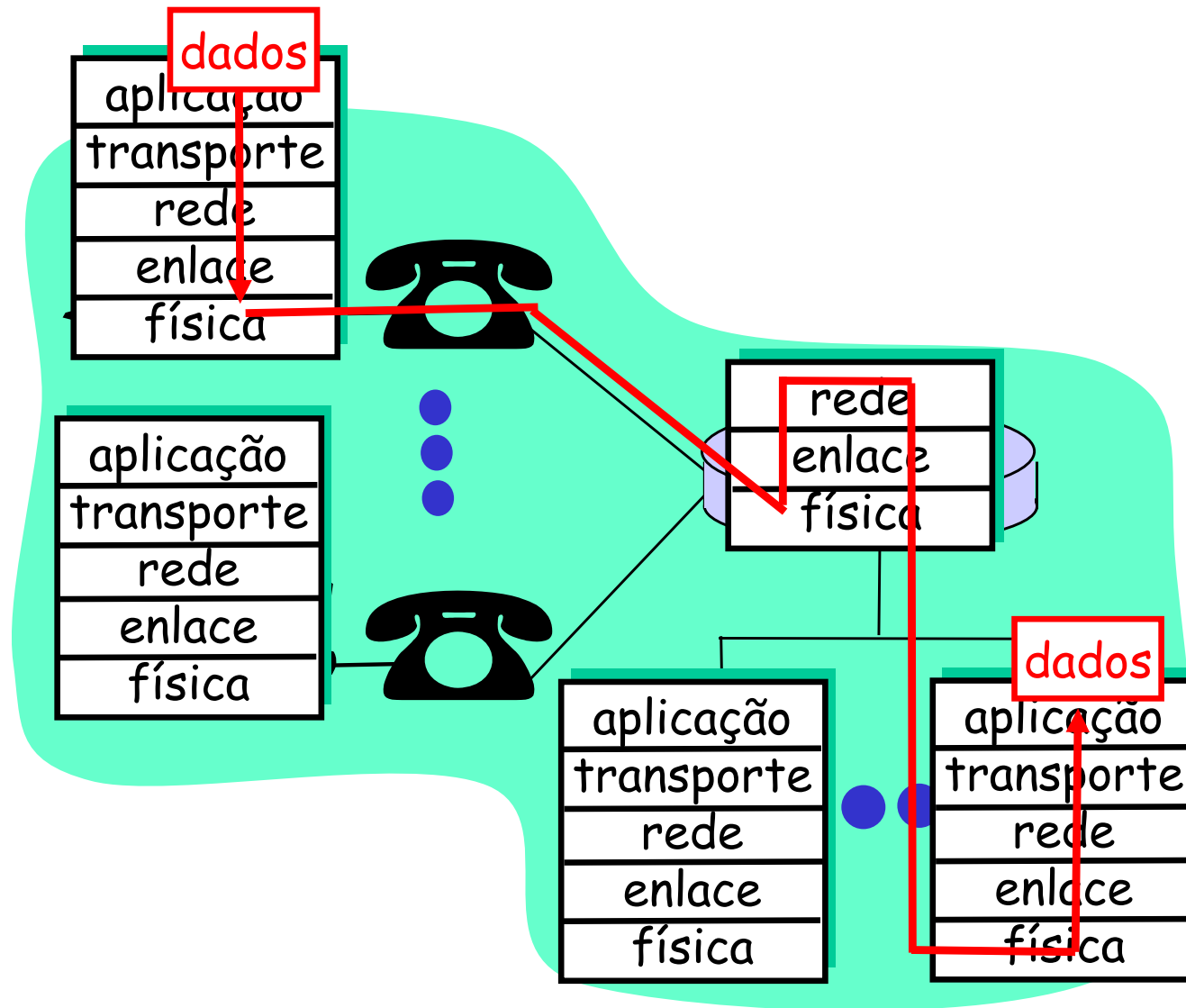
# Camadas: comunicação lógica

## Ex.: transporte

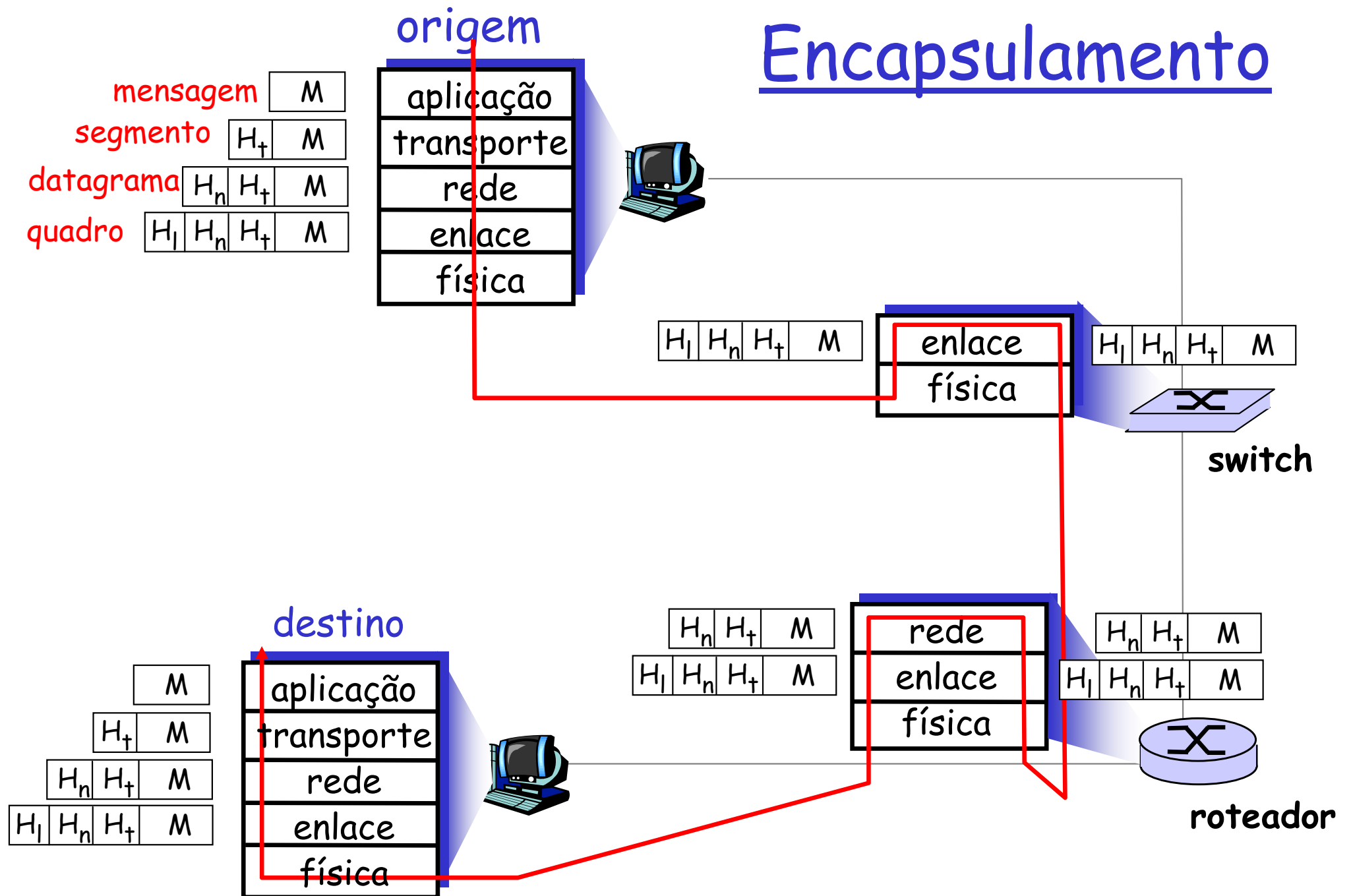
- ❑ recebe dados da aplicação
- ❑ adiciona endereço e verificação de erro para formar o "datagrama"
- ❑ envia o datagrama para a parceira
- ❑ espera que a parceira acuse o recebimento (ack)
- ❑ analogia: correio



# Camadas: comunicação física



# Encapsulamento



# Roteiro

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda da Rede

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Redes de acesso e meios físicos

1.5 Estrutura da Internet e ISPs

1.6 Atraso e perda em redes comutadas por pacotes

1.7 Camadas de protocolos, modelos de serviços

1.8 História



# História da Internet

## *1961-1972: Estréia da comutação de pacotes*

- ❑ 1961: Kleinrock - teoria das filas demonstra eficiência da comutação por pacotes
- ❑ 1964: Baran - comutação de pacotes em redes militares
- ❑ 1967: concepção da ARPAnet pela ARPA (*Advanced Research Projects Agency*)
- ❑ 1969: entra em operação o primeiro nó da ARPAnet
- ❑ 1972:
  - demonstração pública da ARPAnet
  - NCP (*Network Control Protocol*) primeiro protocolo host-host
  - primeiro programa de e-mail
  - ARPAnet com 15 nós

# História da Internet

## *1972-1980: Interconexão de redes novas e proprietárias*

- ❑ 1970: rede de satélite ALOHAnet no Havaí
- ❑ 1973: Metcalfe propõe a Ethernet em sua tese de doutorado
- ❑ 1974: Cerf e Kahn - arquitetura para a interconexão de redes
- ❑ fim dos anos 70: arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- ❑ fim dos anos 70: comutação de pacotes de comprimento fixo (precursor do ATM)
- ❑ 1979: ARPAnet com 200 nós

### Princípios de interconexão de Cerf e Kahn:

- minimalismo, autonomia  
- não é necessária nenhuma mudança interna para interconectar redes
- modelo de serviço *best effort*
- roteadores sem estados
- controle descentralizado

*definem a arquitetura atual da Internet*

# História da Internet

## *1980-1990: novos protocolos, proliferação de redes*

- ❑ 1983: implantação do TCP/IP
- ❑ 1982: definição do protocolo SMTP para e-mail
- ❑ 1983: definição do DNS para tradução de nome para endereço IP
- ❑ 1985: definição do protocolo FTP
- ❑ 1988: controle de congestionamento do TCP
- ❑ novas redes nacionais: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- ❑ 100.000 hosts conectados numa confederação de redes

# História da Internet

## *Anos 90: comercialização, a WWW*

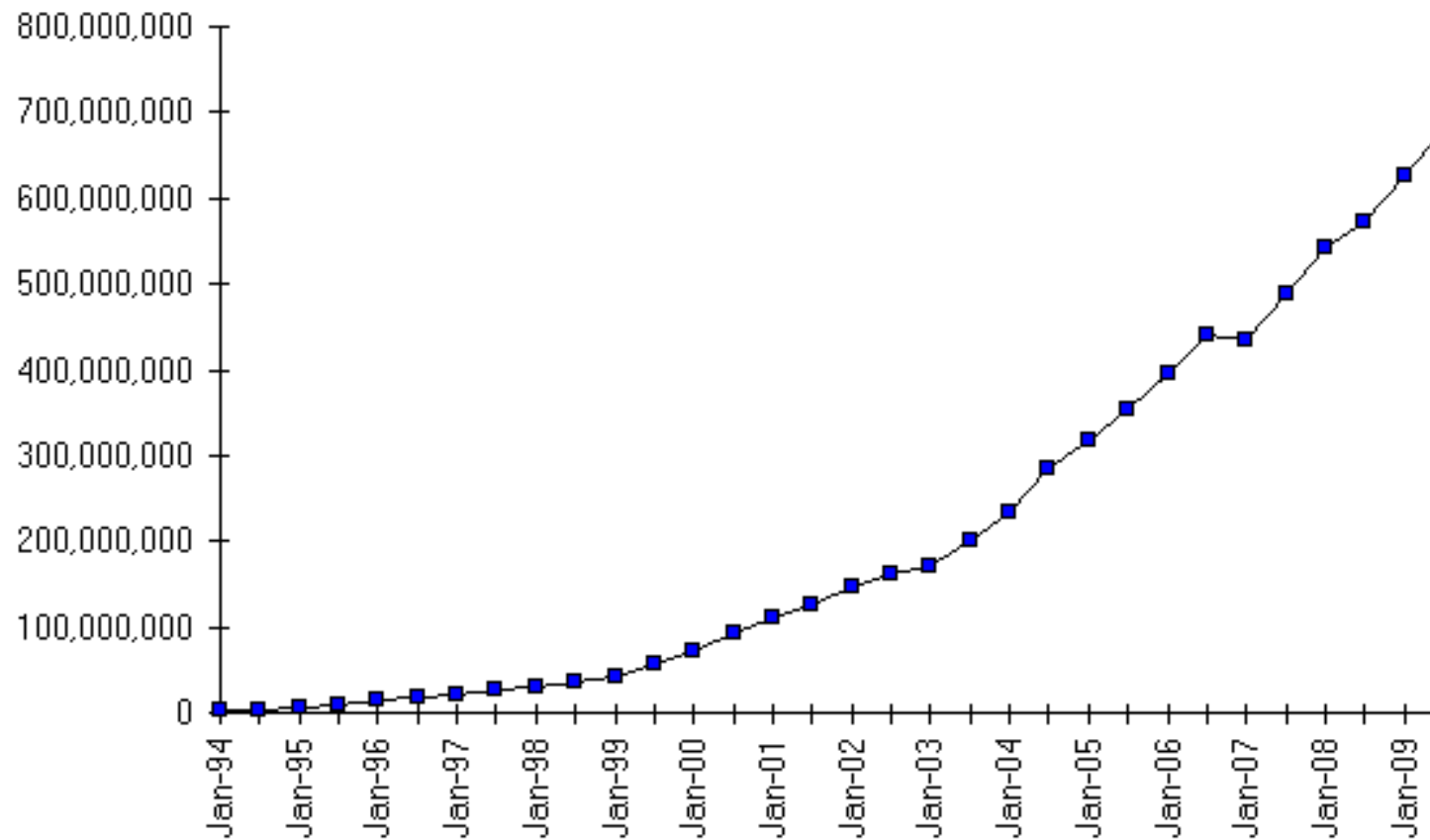
- ❑ início dos anos 90: ARPAnet desativada
- ❑ 1991: NSF remove restrições ao uso comercial da NSFnet (desativada em 1995)
- ❑ início dos anos 90 : Web
  - hipertexto [Bush 1945, Nelson 1960's]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, posteriormente Netscape
  - fim dos anos 90: comercialização da Web

## Final dos anos 90:

- ❑ est. 50 milhões de computadores na Internet
- ❑ est. mais de 100 milhões de usuários
- ❑ enlaces de backbone a 1 Gbps
- ❑ 1996: criação do projeto INTERNET2
- ❑ novas aplicações: mensagens instantâneas, compartilhamento de arquivos P2P

# Evolução do Número de Hosts no Mundo

Internet Domain Survey Host Count



Source: Internet Systems Consortium ([www.isc.org](http://www.isc.org))

# Internet/BR

- ❑ A Rede Nacional de Pesquisa (RNP) teve início em 1989 pelo MCT.
  - Conexão gratuita para instituições de ensino e pesquisa
- ❑ Aberta para uso comercial em 1994
- ❑ Posição absoluta (cetic.br, Jan/2009)
  - Número de hosts: 14.678.982
  - 5º do Mundo
  - 2º das Américas
  - 1º da América do Sul
- ❑ Uso da Internet no Brasil (Ibope/Netratings, Out/2008)
  - 36,3 milhões de internautas domésticos ativos
  - 43,1 milhões de usuários de Internet

# Resumo

## Foi coberta uma tonelada de material!

- ❑ visão geral da Internet
- ❑ o que é um protocolo?
- ❑ borda da rede, núcleo, rede de acesso
  - Comutação de pacotes vs. Comutação de circuitos
- ❑ estrutura da Internet/ISPs
- ❑ desempenho: perda, atraso
- ❑ modelos de camadas e de serviços
- ❑ história

## Esperamos que agora você possua:

- ❑ contexto, visão geral, "sentimento" do que sejam redes
- ❑ maior profundidade, detalhes *posteriormente no curso*