

Prof. esp. Thalles Canela

- **Graduado:** Sistemas de Informação - Wyden Facimp
- **Pós-graduado:** Segurança em redes de computadores - Wyden Facimp
- **Professor (contratado):**
- **Pós-graduação:** Segurança em redes de computadores - Wyden Facimp
- **Professor (Efetivado):**
- **Graduação:** Todo núcleo de T.I. - Wyden Facimp
- **Tech Lead na Motoca Systems**

Redes sociais:

- **LinkedIn:** <https://www.linkedin.com/in/thalles-canela/>
- **YouTube:** <https://www.youtube.com/aXR6CyberSecurity>
- **Facebook:** <https://www.facebook.com/axr6PenTest>
- **Instagram:** https://www.instagram.com/thalles_canela
- **Github:** <https://github.com/ThallesCanela>
- **Github:** <https://github.com/aXR6>
- **Twitter:** <https://twitter.com/Axr6S>

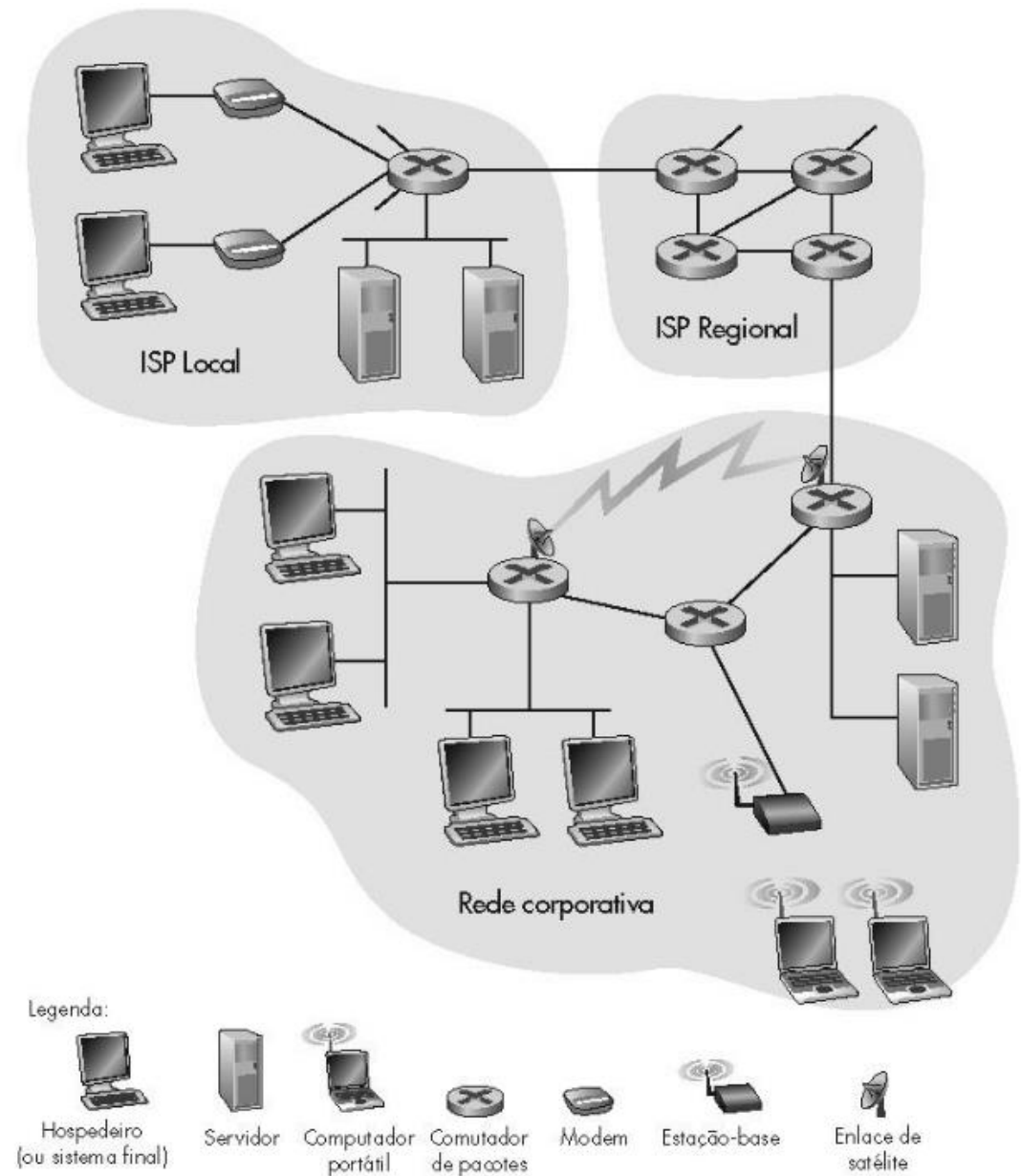
Conhecendo um pouco mais

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 Provedores de serviços para Internet ISPs
- 1.6 Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- 1.7 Camadas de protocolo, modelos de serviço
- 1.8 História

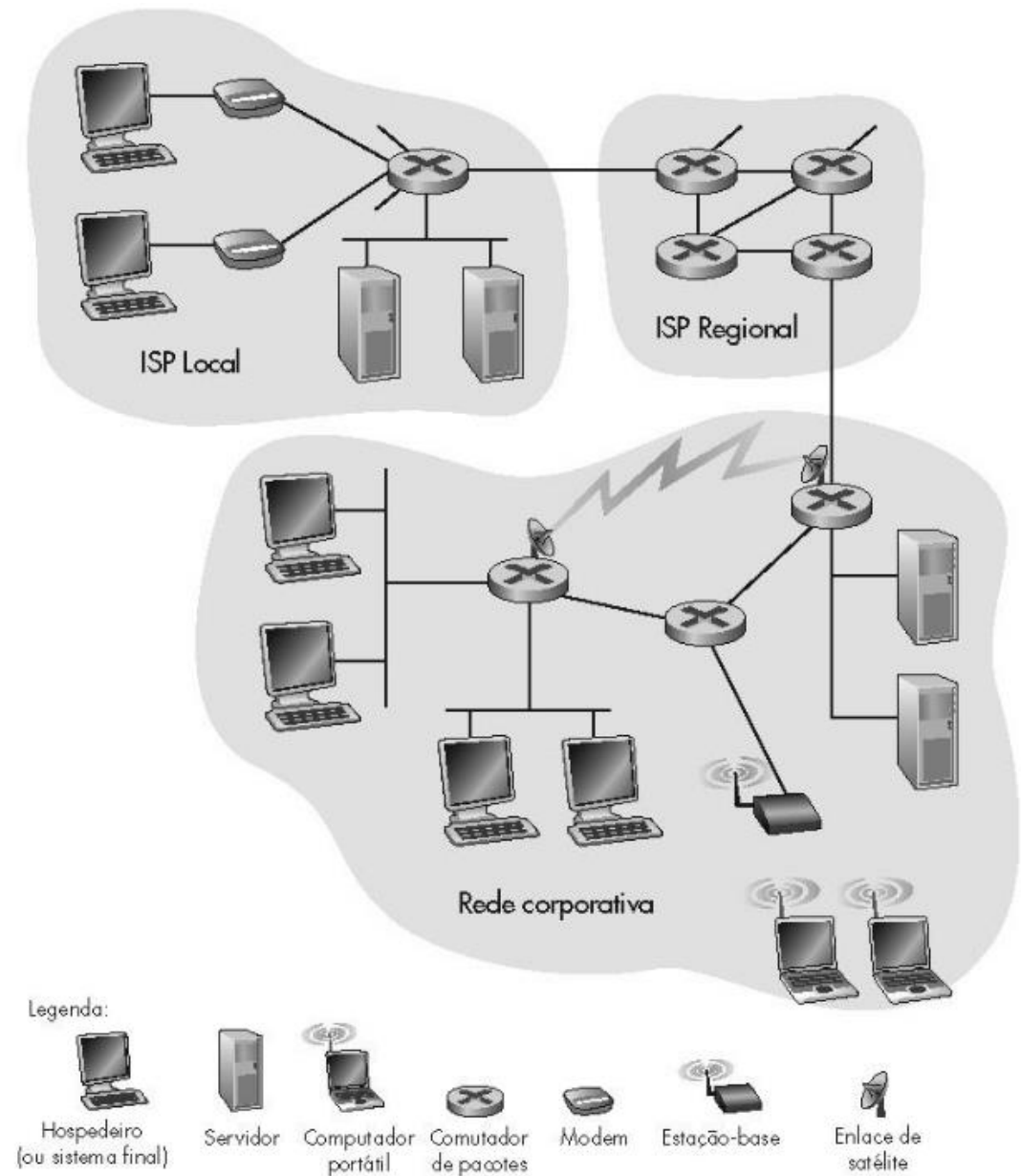
O que é a Internet?

- Milhões de elementos de computação interligados:
 - **hospedeiros** = sistemas finais
- Executando **aplicações distribuídas**
- **Enlaces de comunicação**
 - fibra, cobre, rádio, satélite
- taxa de transmissão = **largura de banda**
- **Roteadores:** enviam pacotes
 - blocos de dados



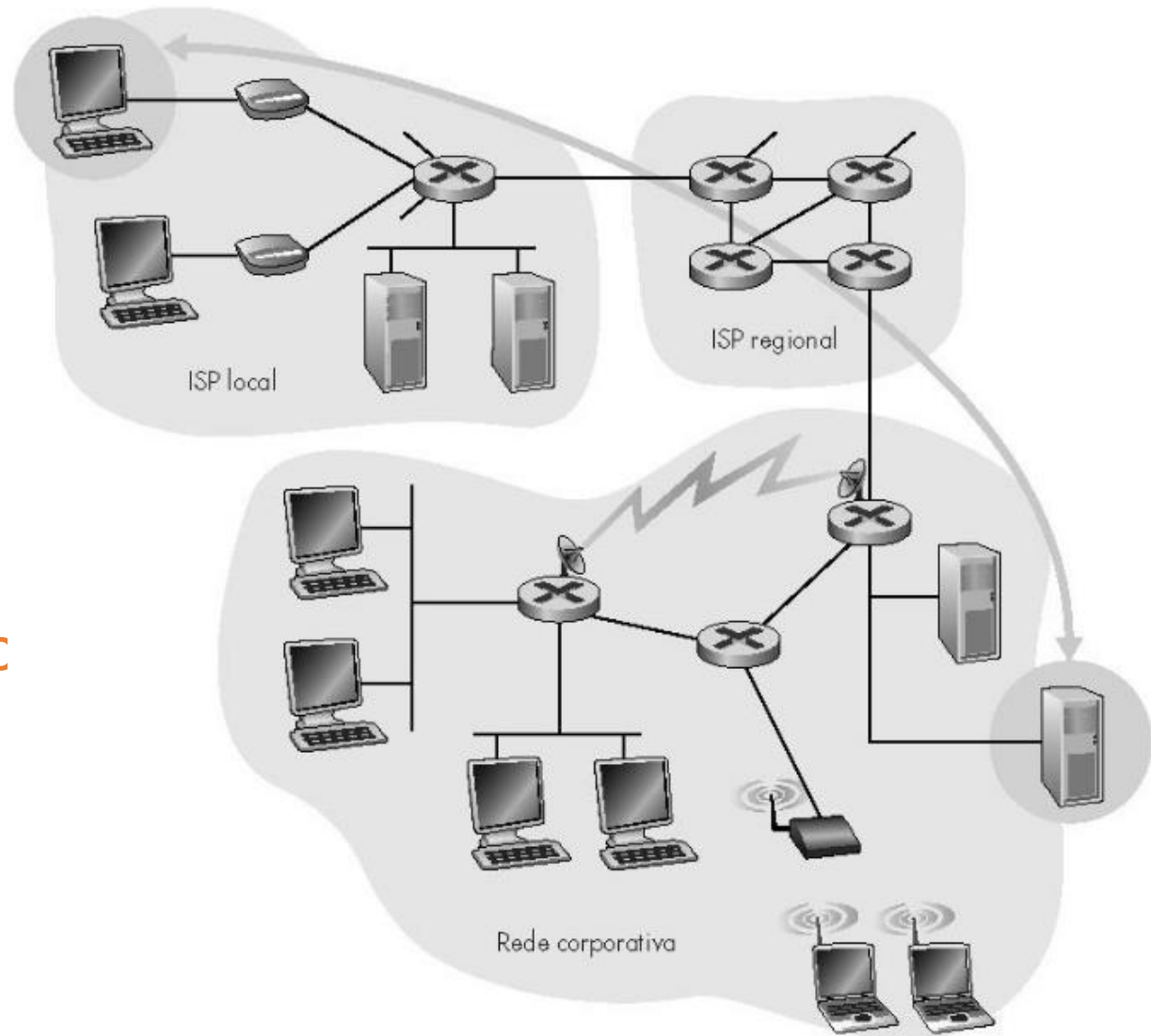
O que é a Internet?

- **Protocolos:** controlam o envio e a recepção de mensagens
ex.: TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- **Internet: “rede de redes”**
fracamente hierárquica
Internet pública e Internets privadas (intranets)
- Internet standards
RFC: Request for comments
IETF: Internet Engineering Task Force



Serviços de Internet

- **Infra-estrutura de comunicação** permite aplicações distribuídas: Web, e-mail, jogos, e-commerce, compartilhamento de arquivos
- **Serviços de comunicação oferecidos** sem conexão orientado à conexão



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

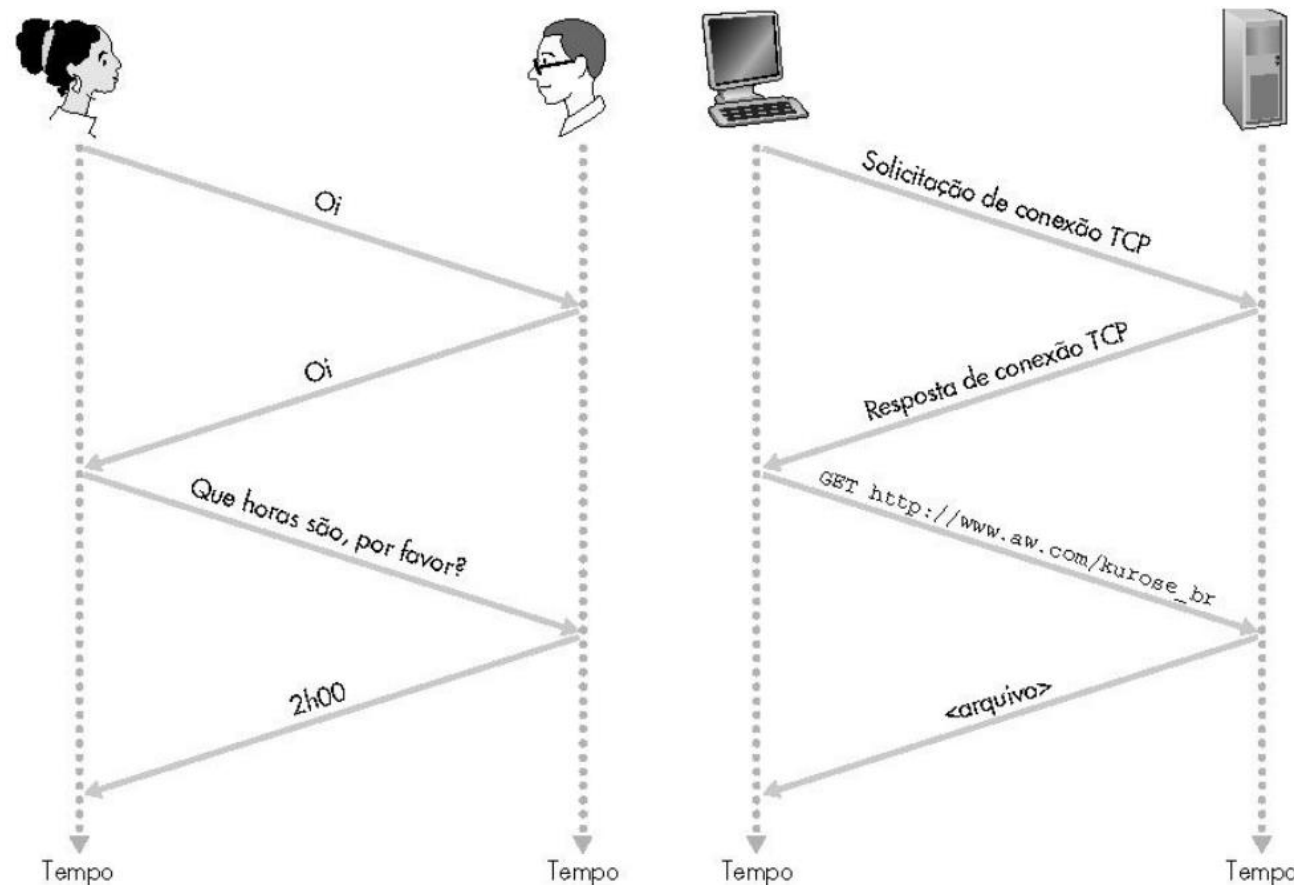
Protocolos de rede:

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

PROTÓCOLOS 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

O que é um protocolo?

- Um protocolo humano e um protocolo de rede de computadores:

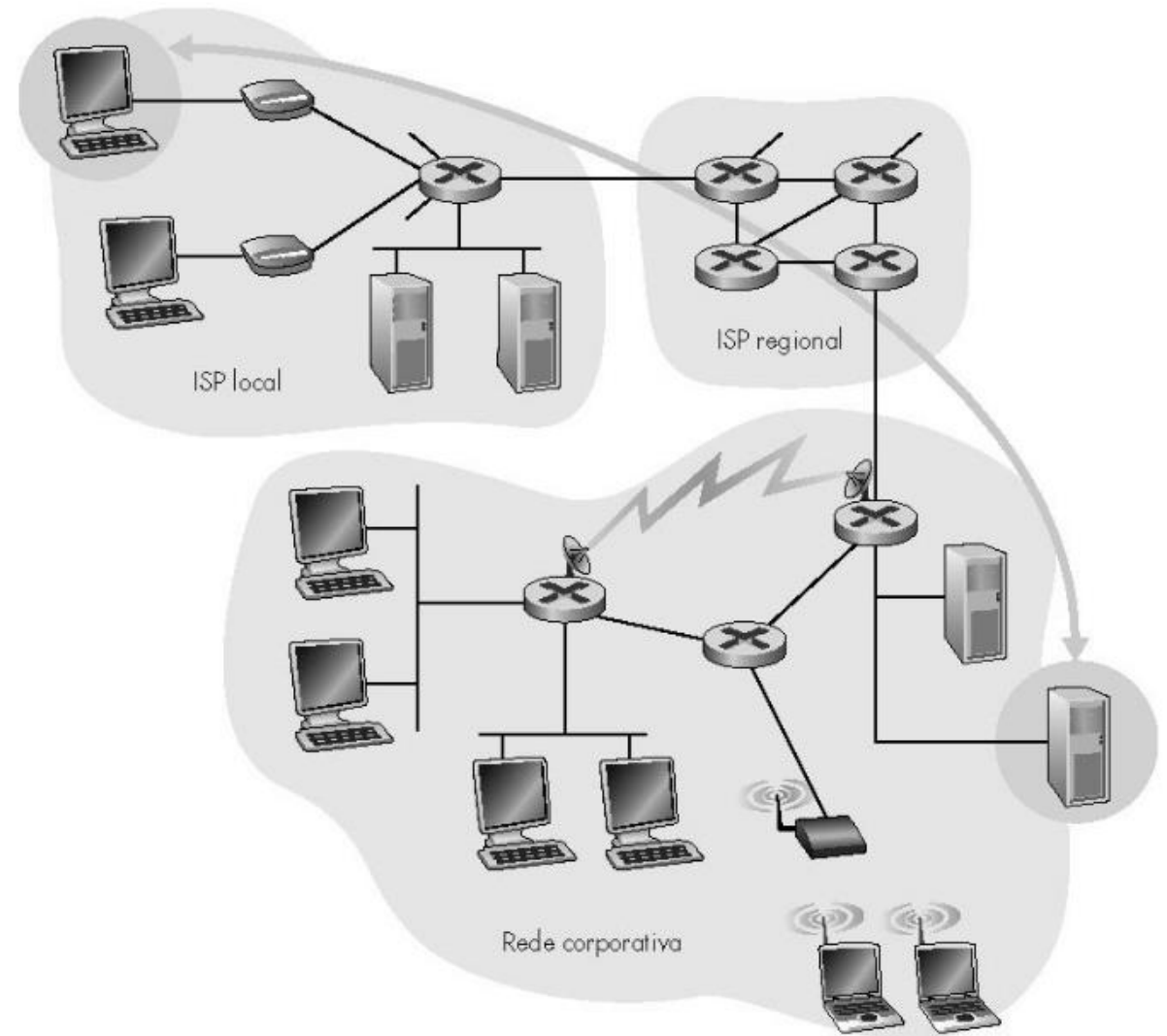


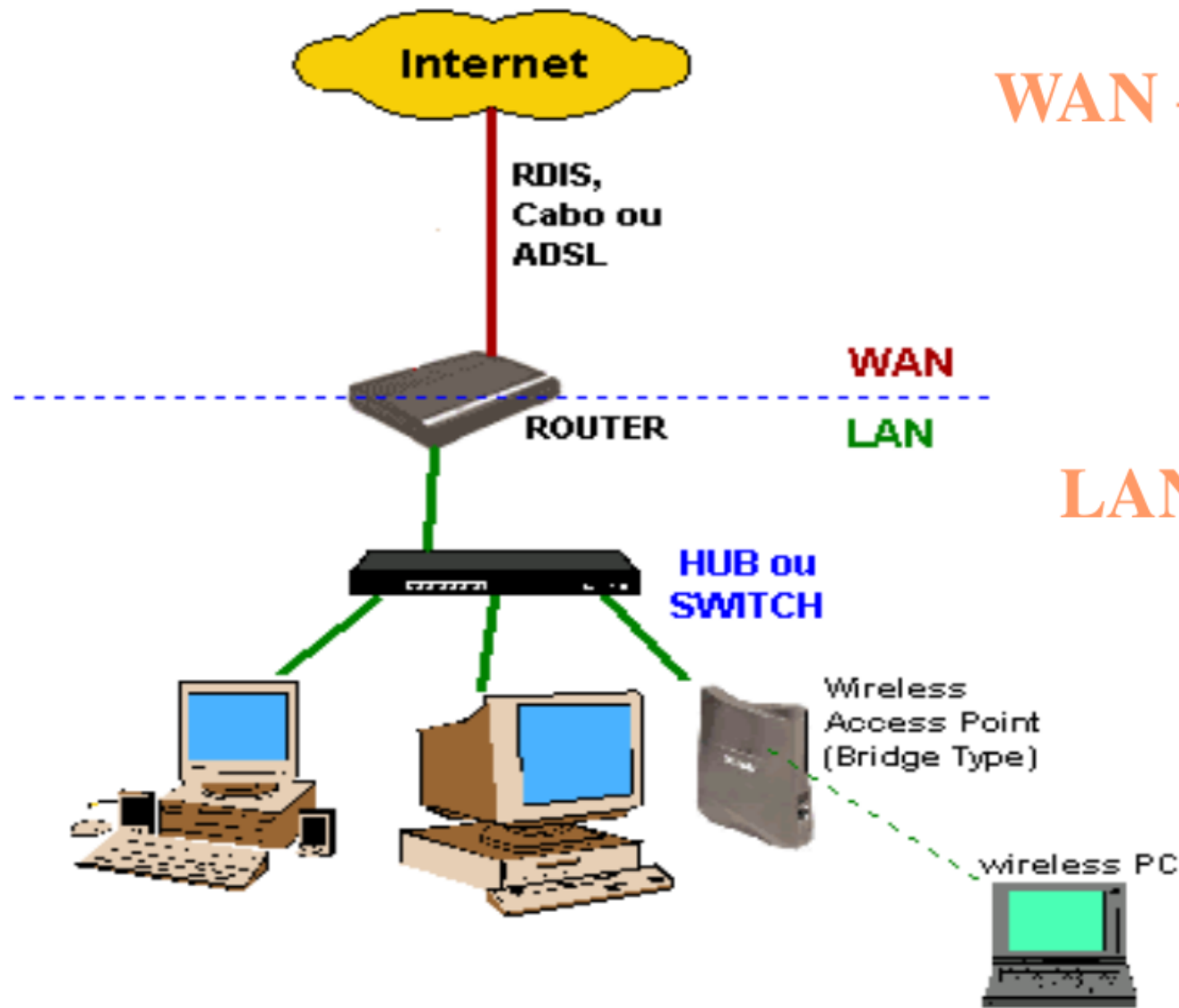
Redes de computadores e a Internet

- 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

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





WAN – Wide Area Network

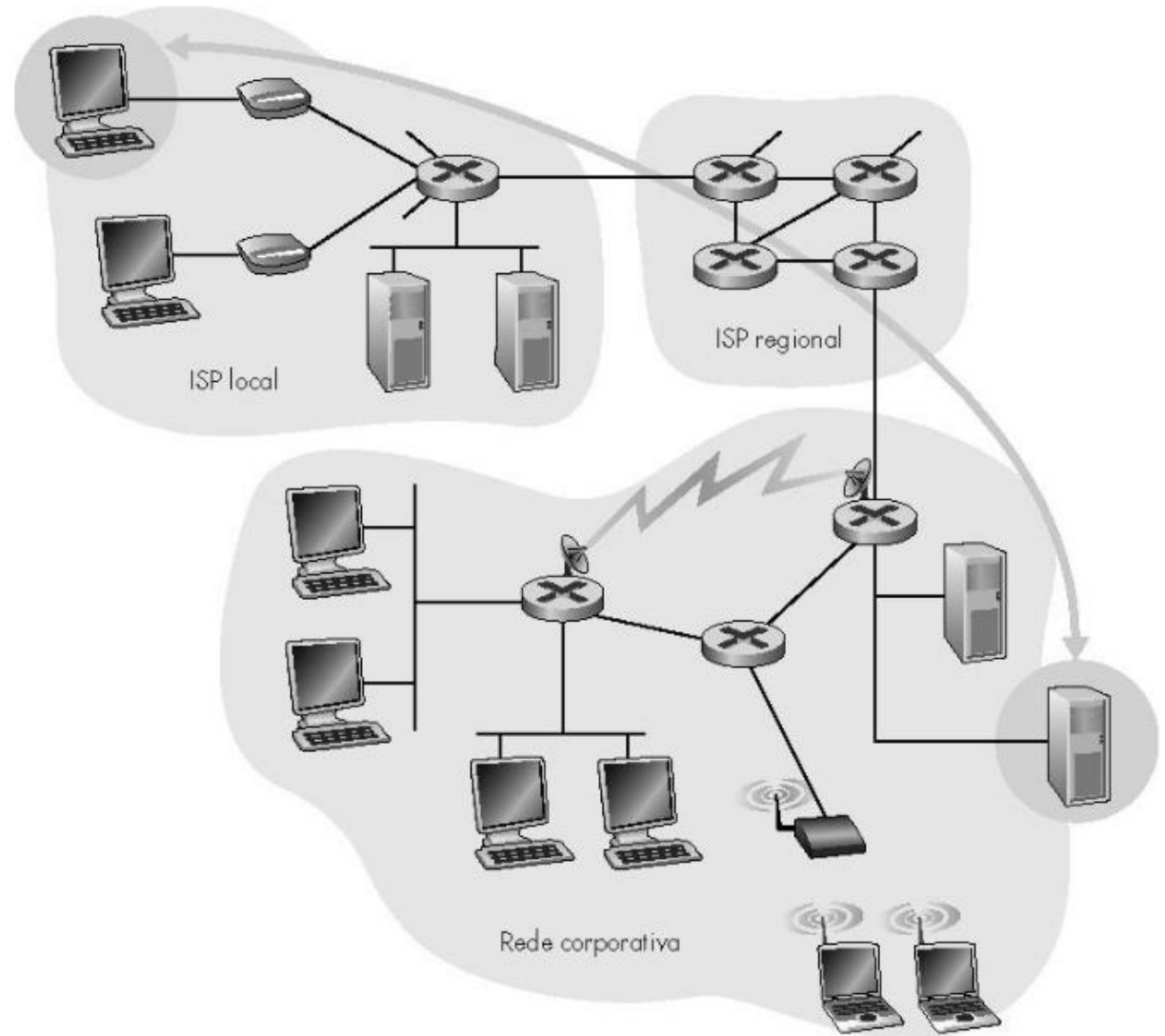
Rede Alargada

LAN – Local Area Network

Rede Local

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



Borda da rede: serviço orientado à conexão

Meta: transferência de dados entre sistemas finais.

- **Handshaking:** estabelece as condições para o envio de dados antes de enviá-los
 - Alô: protocolo humano
 - **Estados de “conexão”** controlam a troca de mensagens entre dois hospedeiros
- TCP - Transmission Control Protocol
 - Realiza o serviço orientado à conexão da Internet

Serviço TCP [RFC 793]

- **Transferência de dados confiável e sequencial, orientada à cadeia de bytes**
 - Perdas: reconhecimentos e retransmissões
- **Controle de fluxo:**
 - Evita que o transmissor afogue o receptor
- **Controle de congestionamento:**
 - Transmissor reduz sua taxa quando a rede fica congestionada

App's usando TCP:

- HTTP (Web), FTP (transferência de arquivo), Telnet (login remoto), SMTP (e-mail)

Borda da rede: serviço sem conexão

Meta: transferência de dados entre sistemas finais

- O mesmo de antes!
- **UDP** - User Datagram Protocol [RFC 768]: oferece o serviço sem conexão da Internet
 - Transferência de dados não confiável
 - Sem controle de fluxo
 - Sem controle de congestão

App's usando UDP:

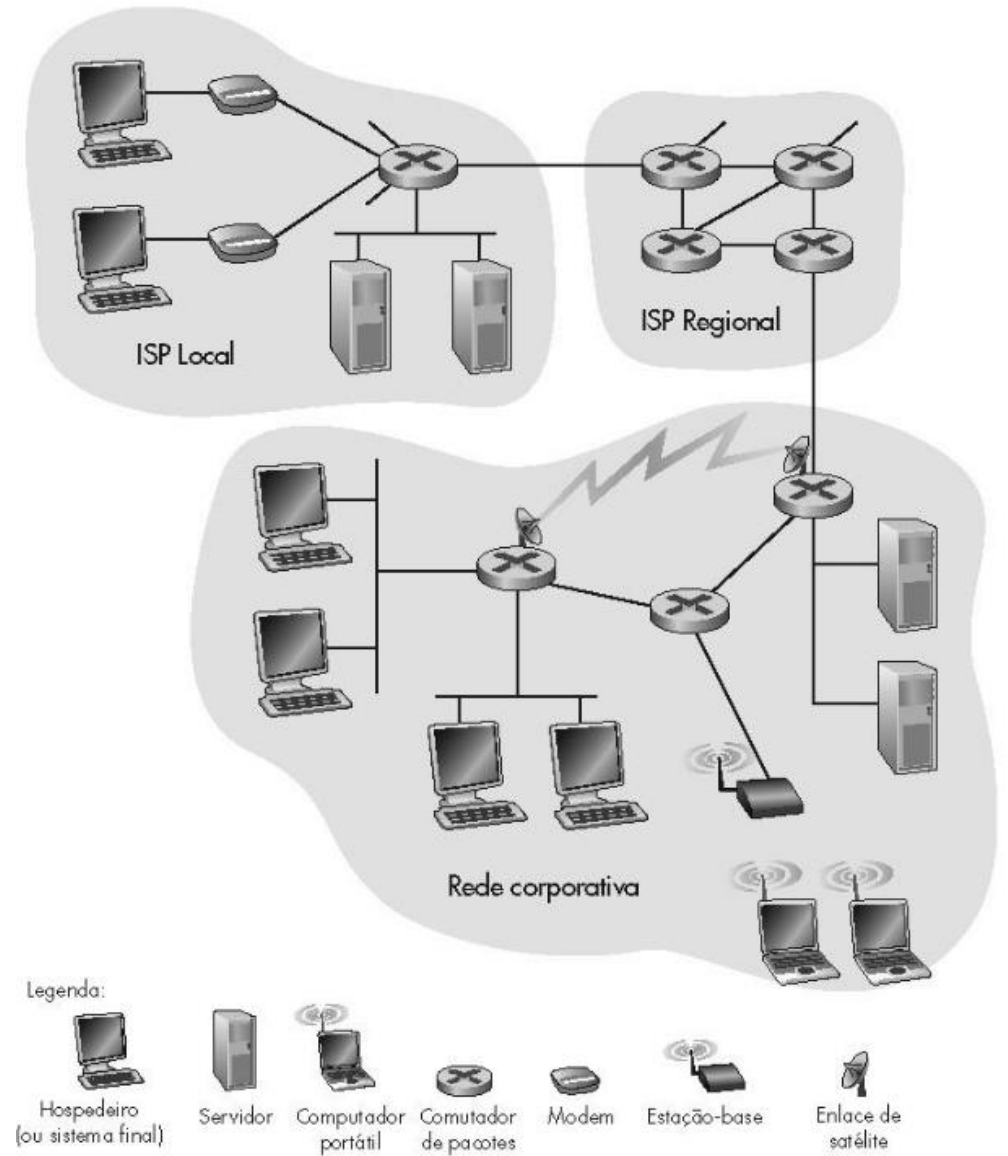
- Streaming media, teleconferência, DNS, telefonia IP

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

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



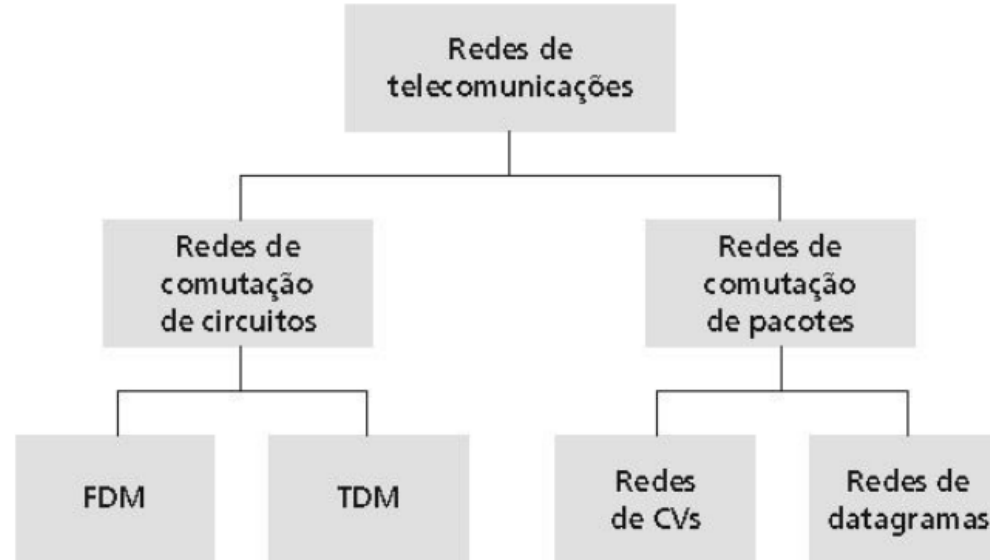
Redes de comutação de pacotes: roteamento

- Objetivo: mover pacotes entre roteadores da origem ao destino
- Redes datagrama:
 - O endereço de destino determina o próximo salto
 - Rotas podem mudar durante uma sessão
 - Analogia: dirigir perguntando o caminho

Rede de circuitos virtuais:

- Cada pacote leva um número (virtual circuit ID), o número determina o próximo salto
- O caminho é fixo e escolhido no instante de estabelecimento da conexão, permanece fixo durante toda a conexão
- Roteadores mantêm estado por conexão

Taxonomia da rede



- Rede de datagramas não é nem orientada à conexão nem orientada à conexão
- A Internet provê serviços com orientação à conexão (TCP) e serviços sem orientação à conexão (UDP) para as apps.

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

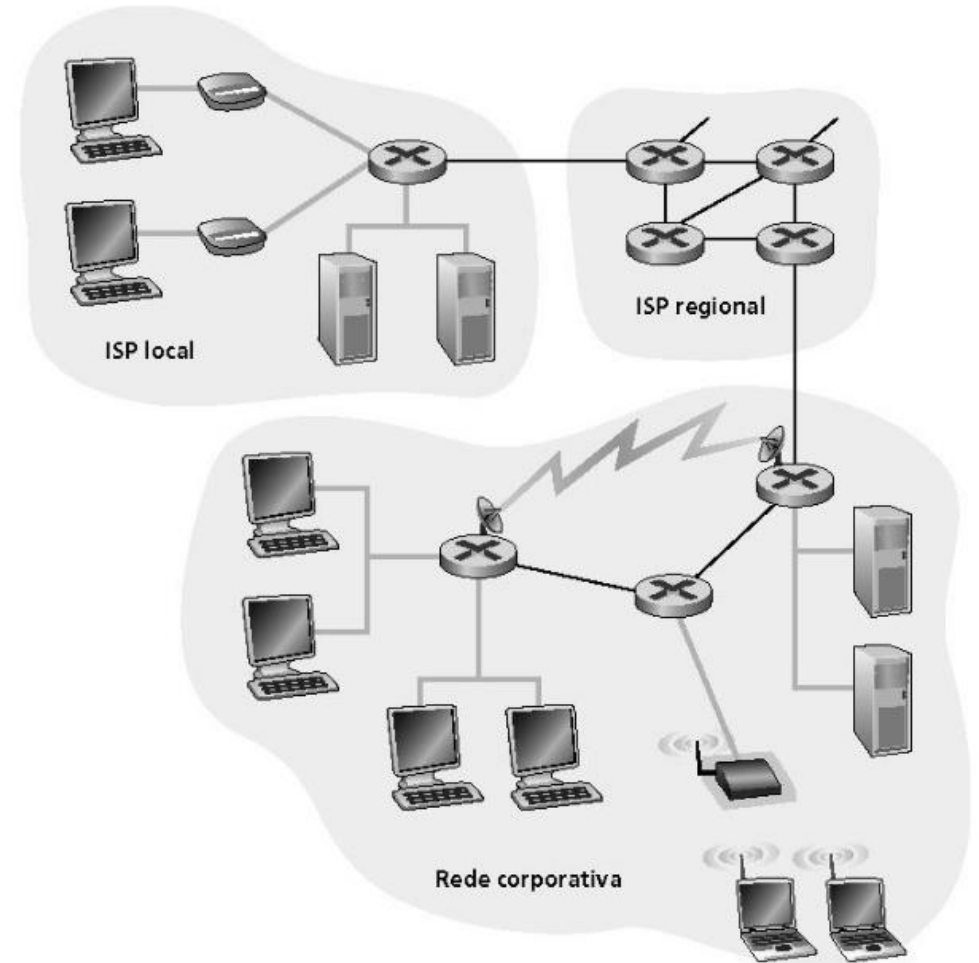
Redes de acesso e meios físicos

P.: Como conectar o sistema final ao roteador de borda?

- Redes de acesso residencial
- Redes de acesso institucionais (escolas, bancos, empresas)
- Redes de acesso móveis

Lembre-se:

- largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso?
- Compartilhado ou dedicado?



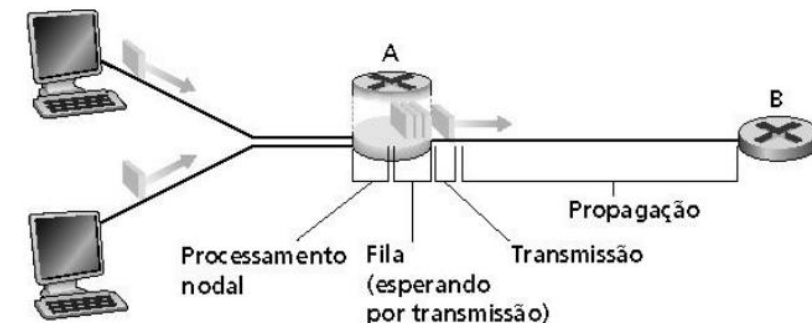
Acesso residencial: redes ponto-a-ponto

- **Modem discado**

- Até 56 kbps com acesso direto ao roteador (menos em tese)
- Não é possível navegar e telefonar ao mesmo tempo: não pode estar **“sempre on-line”**

ADSL: asymmetric digital subscriber line

- Até 1 Mbps de upstream (hoje tipicamente < 256 kbps)
- Até 8 Mbps de downstream (hoje tipicamente < 1 Mbps)
- FDM: 50 kHz – 1 MHz para downstream
4 kHz – 50 kHz para upstream
0 kHz – 4 kHz para telefonia comum



Acesso residencial: cable modems

- **HFC: híbrido fibra e coaxial**

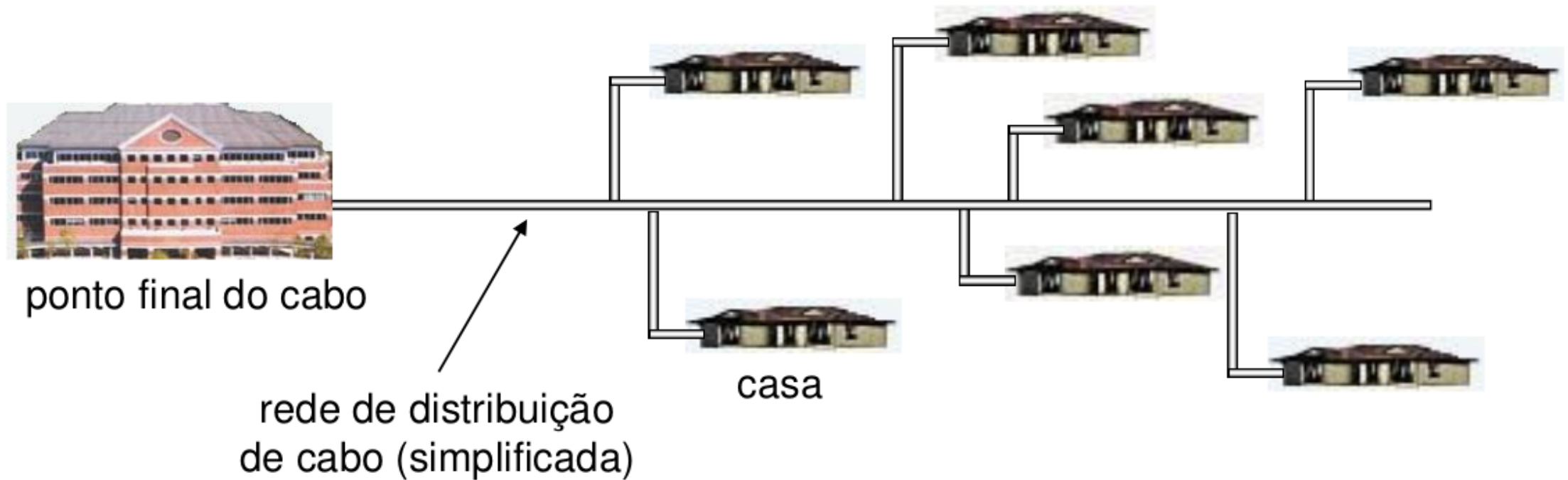
- Assimétrico: até 30 Mbps upstream, 2 Mbps downstream

Rede de cabo e fibra liga residências ao roteador do ISP

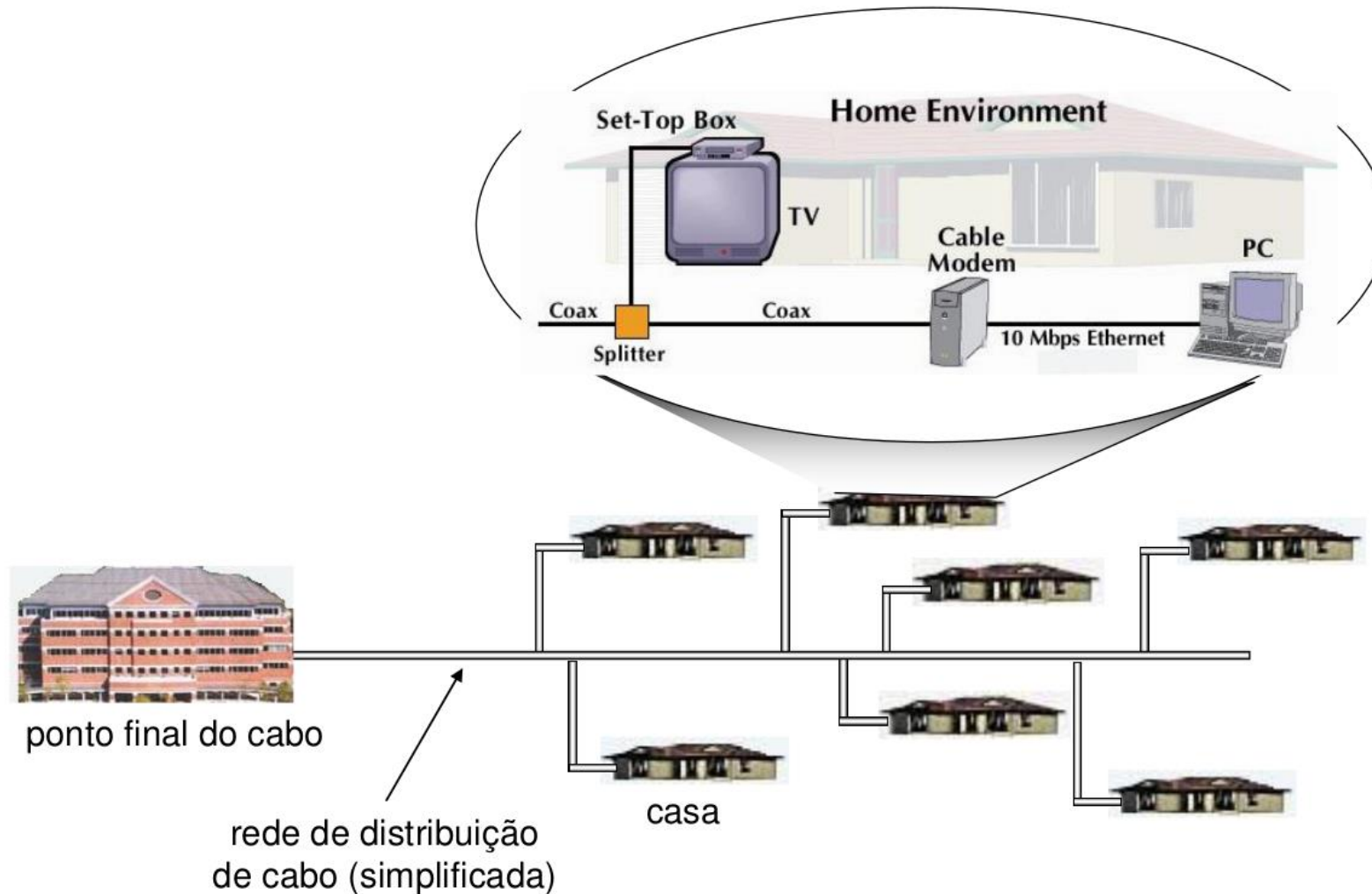
- Acesso compartilhado das casas de um condomínio ou de um bairro
- Deployment: disponível via companhias de TV a cabo

Arquiteturas de redes a cabo: visão geral

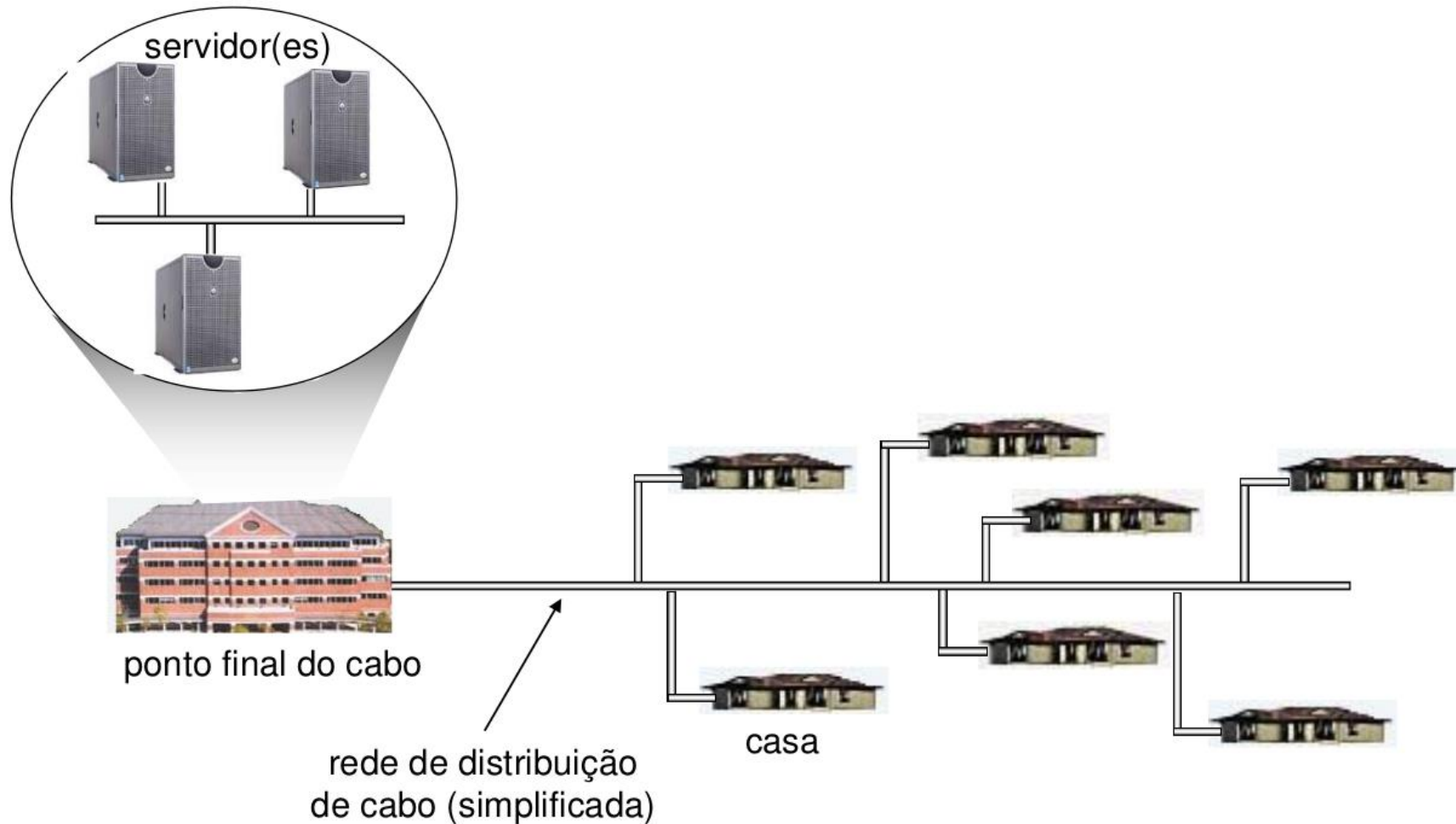
Tipicamente 500 a 5.000 casas



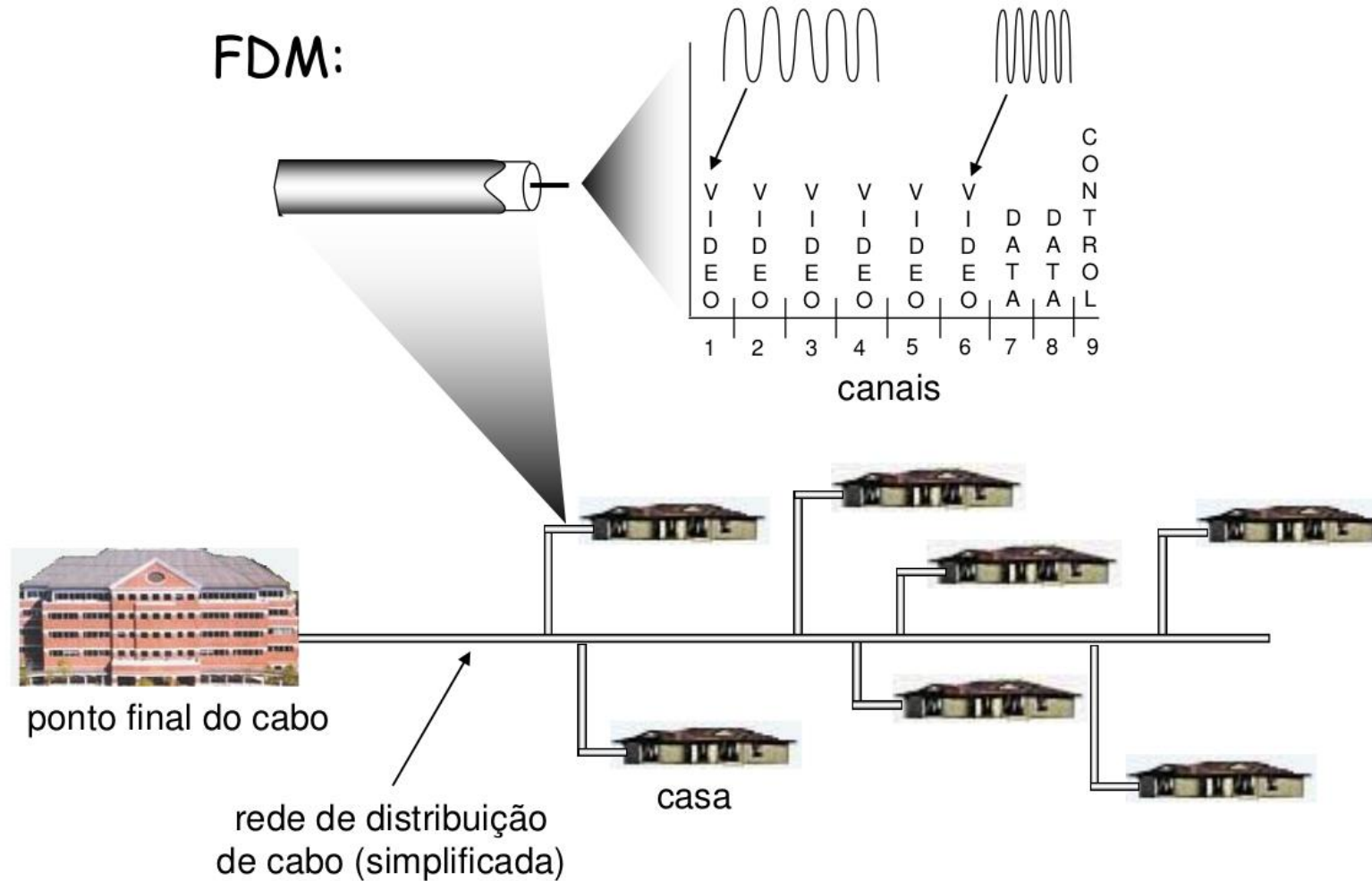
Arquiteturas de redes a cabo: visão geral



Arquiteturas de redes a cabo: visão geral



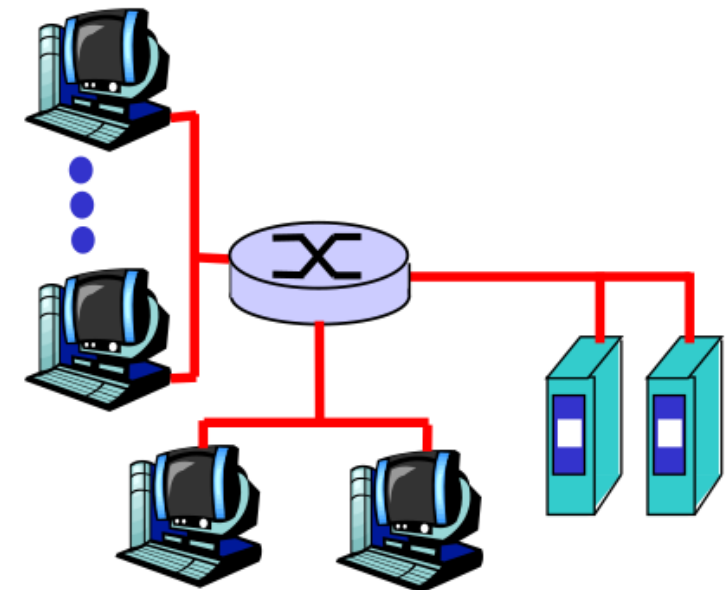
Arquiteturas de redes a cabo: visão geral



Acesso institucional: redes de área local

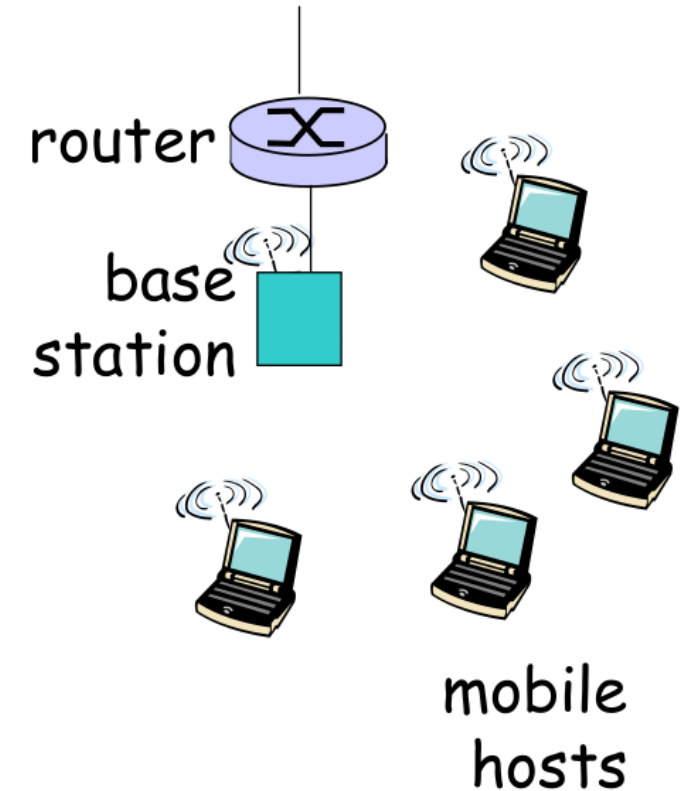
- A **rede local** (LAN) da companhia/univ conecta sistemas finais ao roteador de acesso
- **Ethernet:**
 - Cabo compartilhado ou dedicado conecta sistemas finais e o roteador
 - 10 Mbs, 100 Mbps, Gigabit Ethernet

LANs: capítulo 5



Redes de acesso sem fio

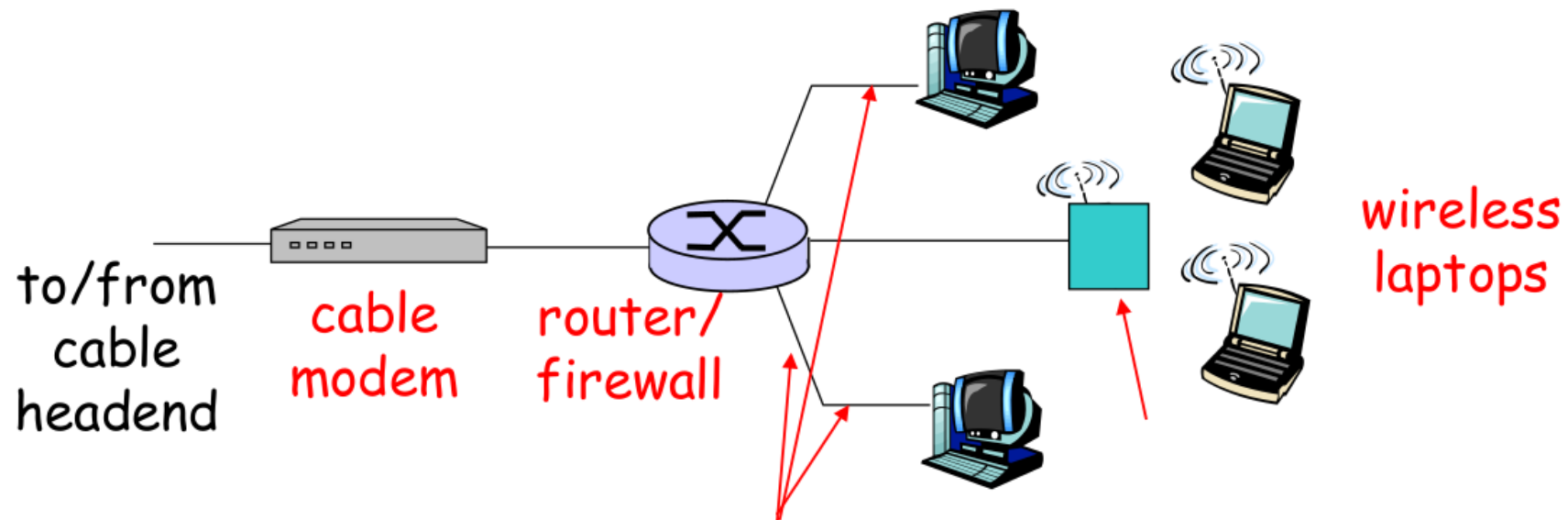
- Rede de acesso sem fio compartilhada conecta sistemas finais ao roteador
 - Através de “ponto de acesso” da estação base
- **LANs sem fio:**
 - 802.11b (WiFi): 11 Mbps
- **Wide-area de acesso sem fio**
 - Provido pelo operador telco
 - 3G ~ 384 kbps
 - O que acontecerá
 - GPRS na Europa



Redes residenciais

Componentes típicos de uma rede residencial:

- ADSL ou cable modem
- Roteador/firewall
- Ethernet
- Ponto de acesso sem fio



Meios físicos

- **Bit:** propaga-se entre os pares transmissor/receptor
- **Enlace físico:** meio que fica entre o transmissor e o receptor
- **Meios guiados:**
 - Os sinais se propagam em meios sólidos com caminho fixo: cobre, fibra
- **Meios não guiados:**
- Propagação livre, ex.: rádio
- **Twisted Pair (TP)**
- Par de fios trançados de cobre isolados
 - Categoria 3: taxas de transmissão até 10 Mbps categoria 5: 100 Mbps Ethernet
 - Categoria 5: 100 Mbps Ethernet



Meio físico: coaxial, fibra

Cabo coaxial:

- Dois condutores de cobre concêntricos
- Bidirecional
banda base:
 - Um único sinal presente no cabo
 - Legado da Ethernet
- Banda larga:
 - Canal múltiplo no cabo
 - HFC



Cabo de fibra óptica:

- Fibra de vidro transportando pulsos de luz, cada pulso é um bit
- Alta velocidade de operação:
 - Alta velocidade com transmissão ponto-a-ponto (ex.: 5 Gps)
- Baixa taxa de erros;
- Repetidores bem espaçados; imunidade a ruídos eletromagnéticos



Meio físico: rádio

- Sinal transportado como campo eletromagnético
- Não há fios físicos
- Bidirecional
- O ambiente afeta a propagação:
 - Reflexão
 - Obstrução por objetos
 - Interferência

Meio físico: rádio

Tipos de enlaces de rádio:

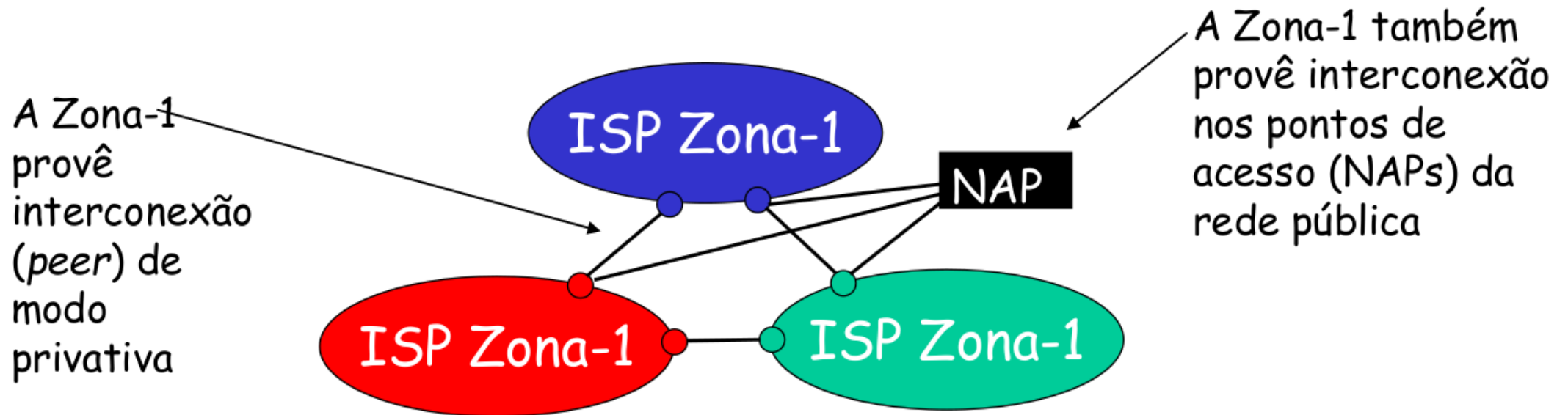
- **Microondas terrestre**
 - Canais de até 45 Mbps
- **LAN** (ex.: WiFi)
 - 2 Mbps, 11 Mbps, 54 Mbps
- **Wide-area** (ex.: celular)
 - Ex., 3G: centenas de kbps
- **Satélite**
 - Canal de até 50 Mbps (ou vários canais menores)
 - 270 ms de atraso fim-a-fim
 - Geossíncrono versus LEOS (baixa altitude)

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

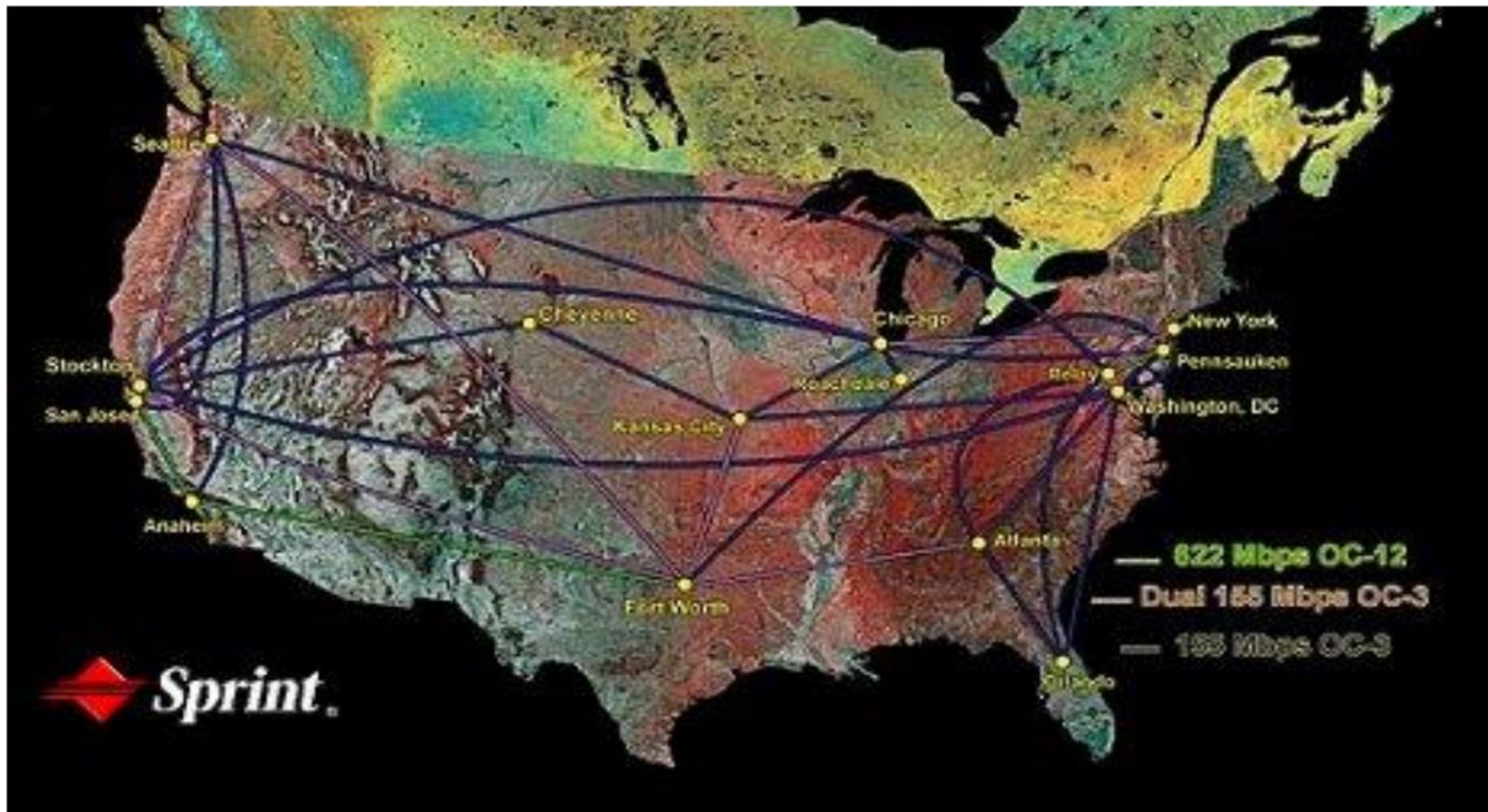
Estrutura da Internet: rede de redes

- Grosseiramente hierárquica
 - **No centro: ISPs de “zona-1”** (ex.: UUNet, BBN/Genuity, Sprint, AT&T), cobertura nacional/internacional
 - Os outros são igualmente tratados



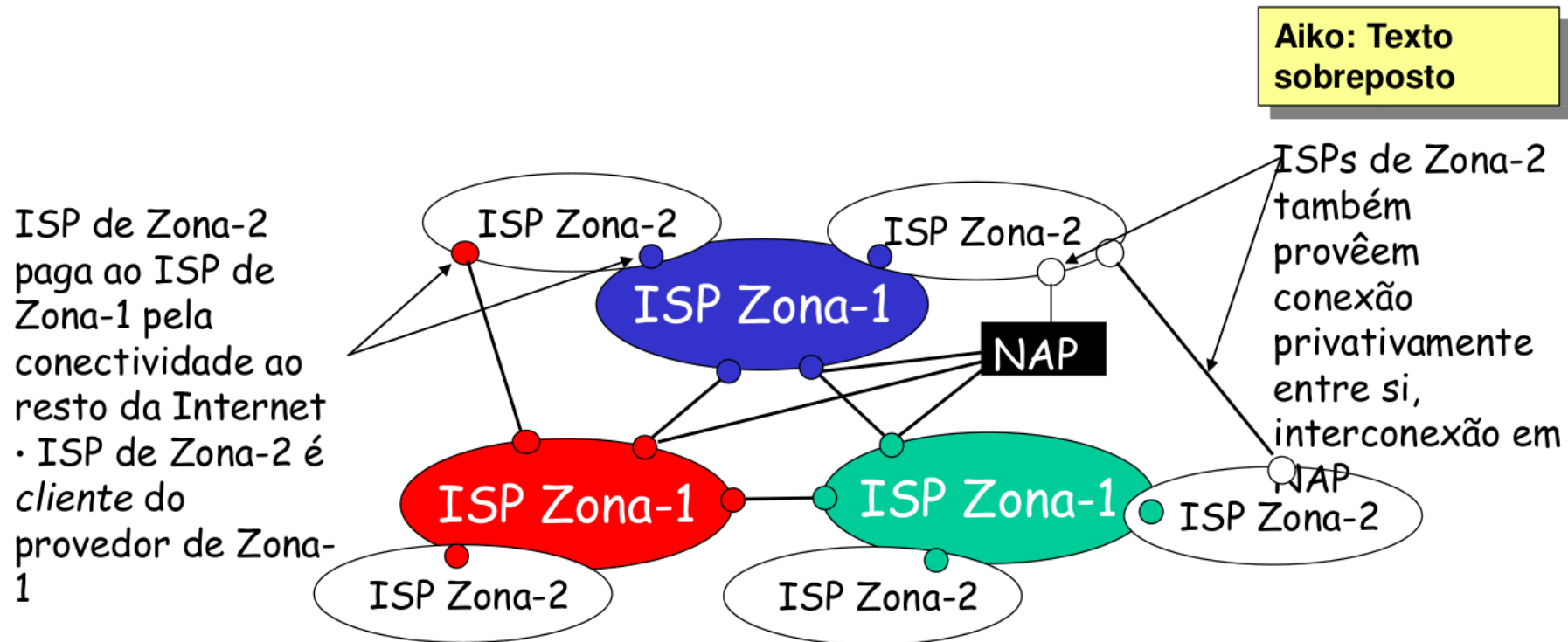
ISP de Zona-1 – ex.: Sprint

- Rede de backbone da Sprint US



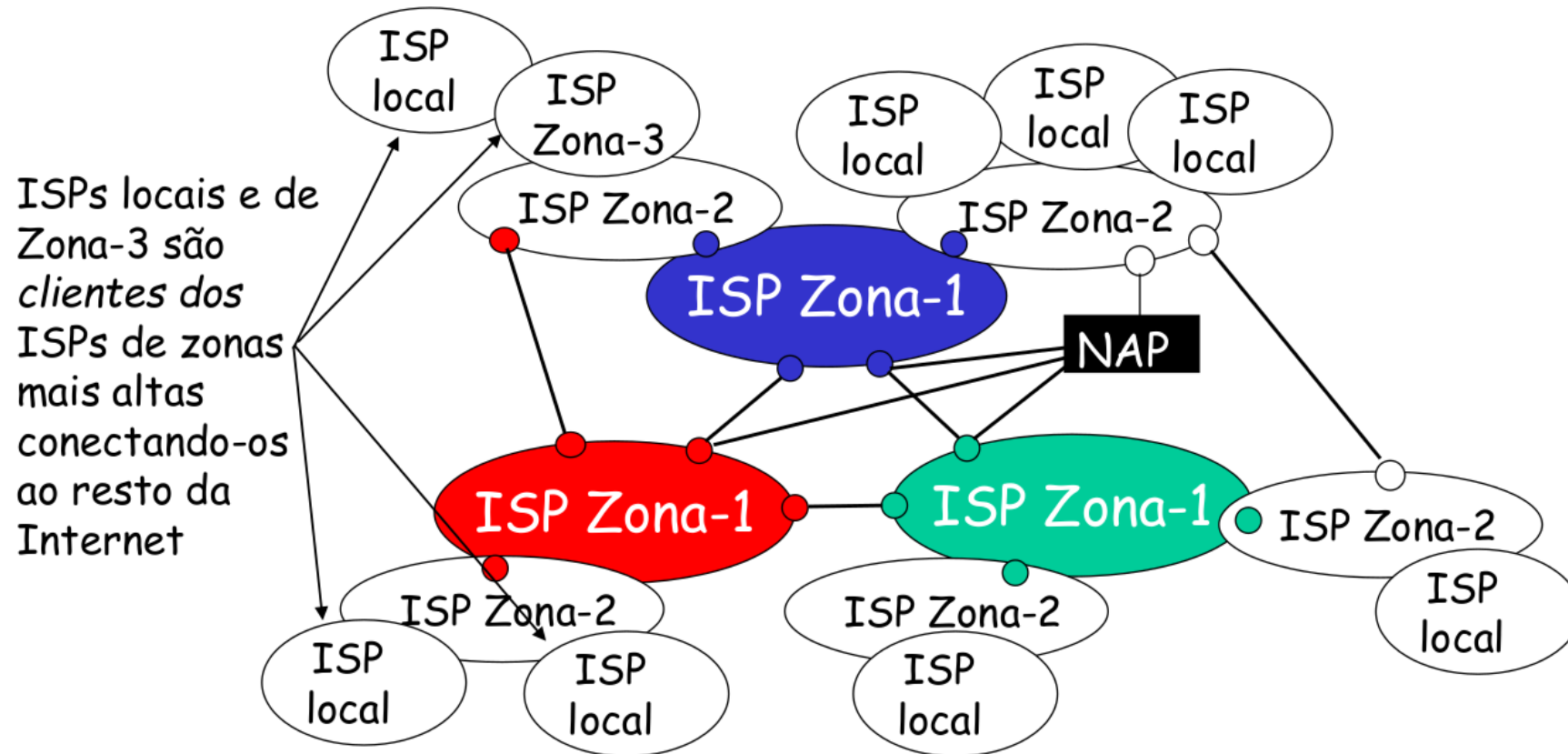
Estrutura da Internet: rede de redes

- ISPs de "Zona-2": ISPs menores (frequentemente regionais)
 - Conectam-se a um ou mais ISPs de Zona-1, possivelmente a outros ISPs de Zona-2



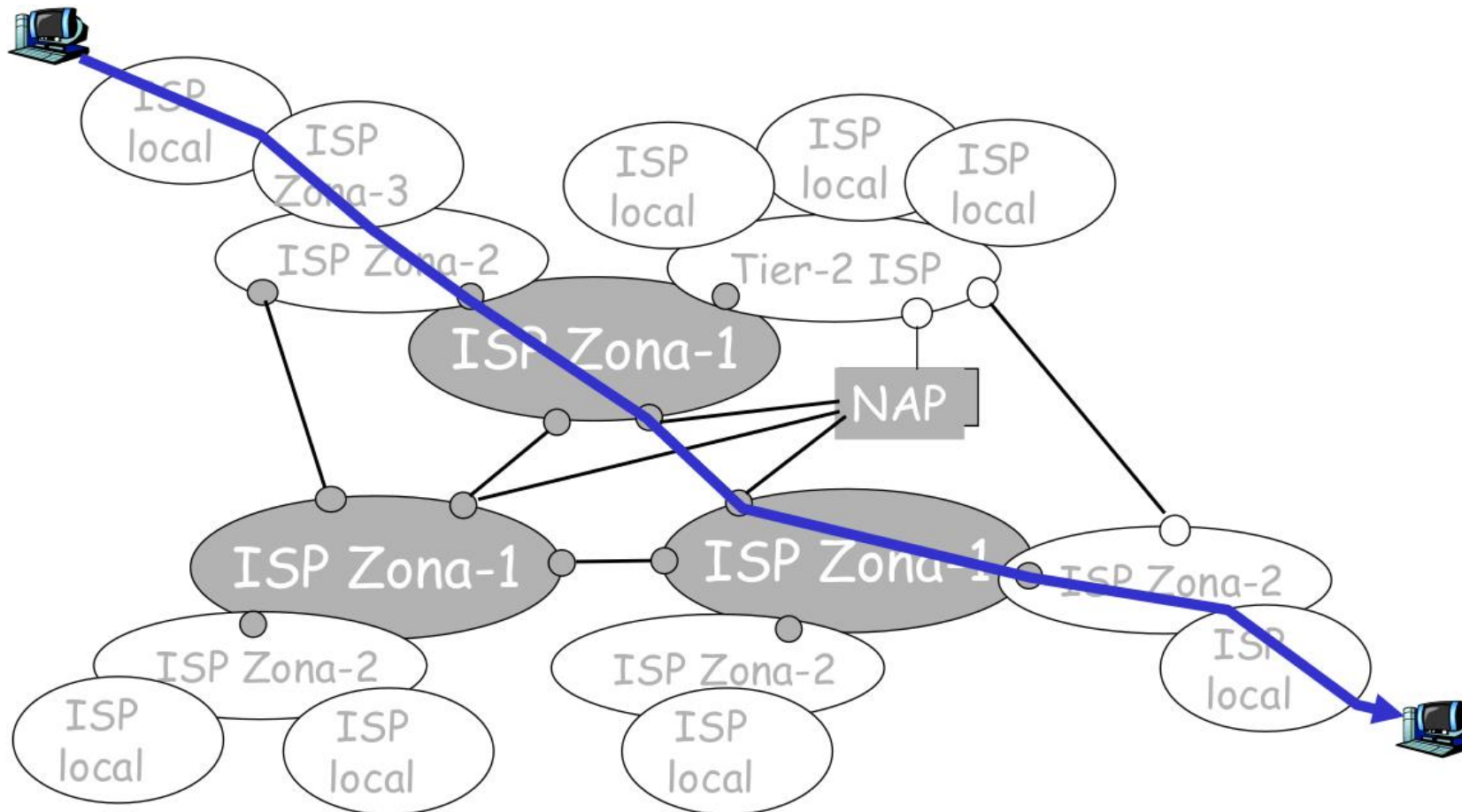
Estrutura da Internet: rede de redes

- ISPs de “Zona-3” e ISPs locais
 - Última rede de acesso (“hop”) (mais próxima dos sistemas finais)



Estrutura da Internet: rede de redes

- Um pacote passa através de muitas redes



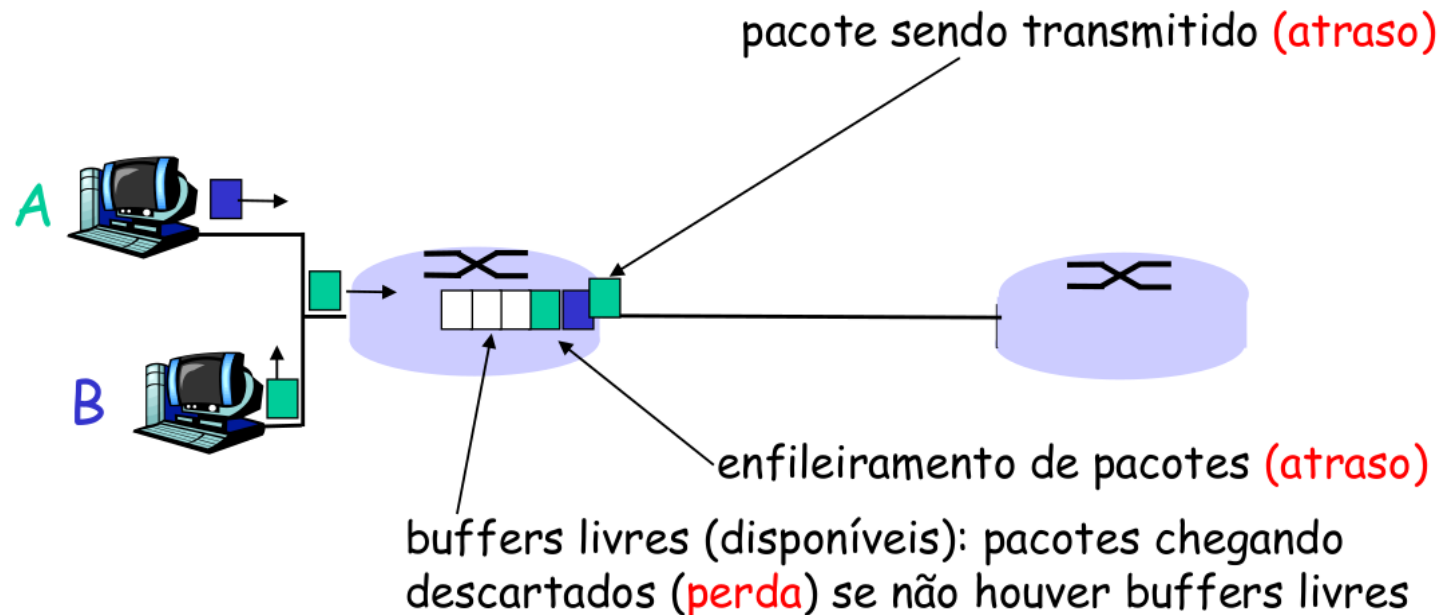
Redes de computadores e a Internet

- 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

Como perdas e atrasos ocorrem?

Filas de pacotes em buffers de roteadores

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



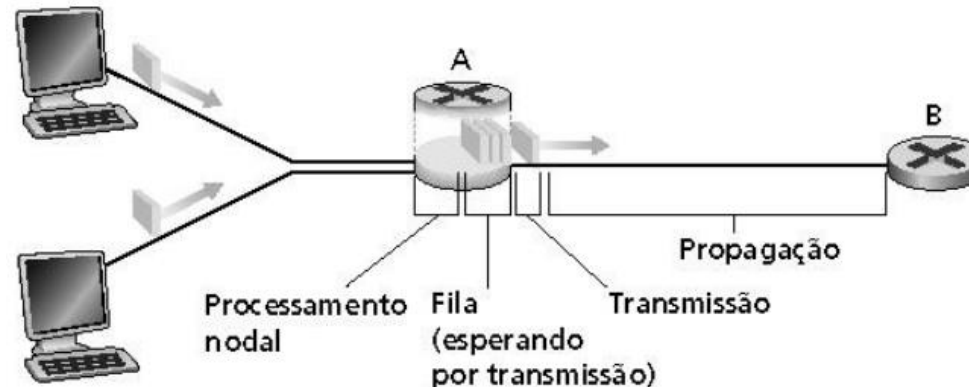
Quatro fontes de atraso de pacotes

1. Processamento nos nós:

- Verifica erros de bit
- Determina link de saída

2. Enfileiramento

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



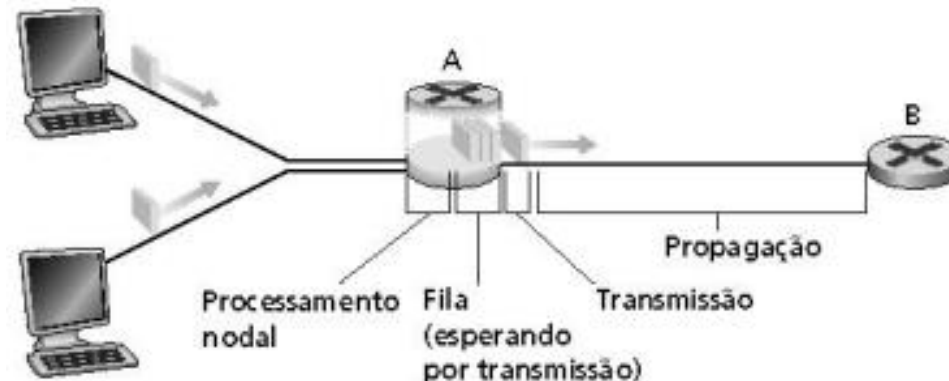
Atraso em redes de comutação de pacotes

3. Atraso de transmissão:

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

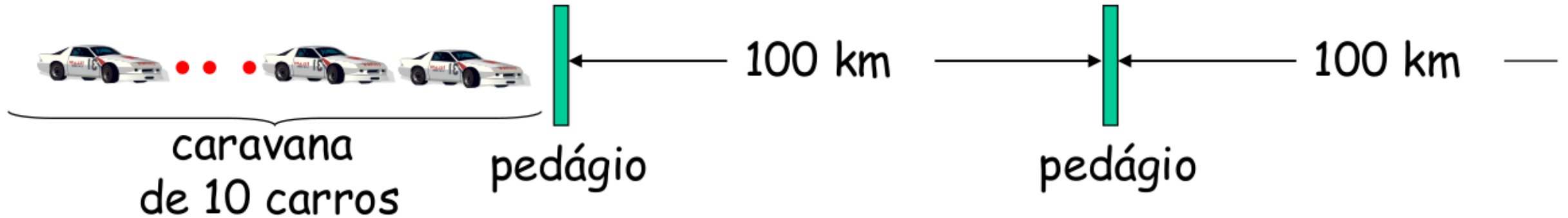
4. Atraso de propagação:

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



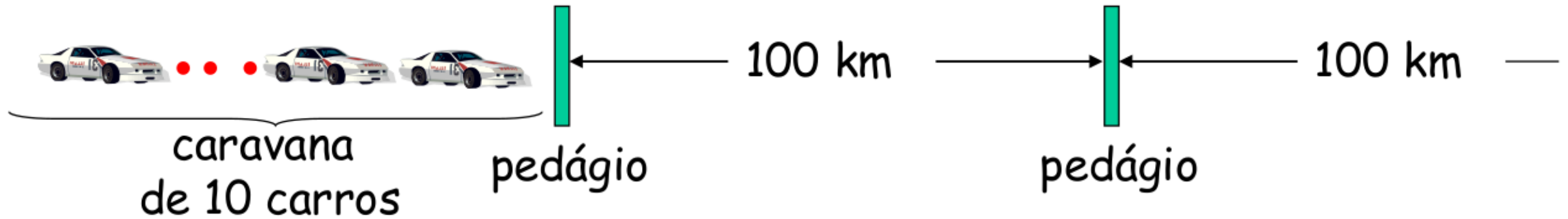
Nota: “s” e “R” são medidas muito diferentes!

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 2 o pedágio?
- Tempo para “empurrar” a caravana toda pelo pedágio até a estrada = $12 \cdot 10 = 120$ s
- Tempo para o último carro se propagar do 1 o ao 2 o pedágio: $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1 \text{ h}$
- R.: 62 minutos

Analogia de caravana



- Agora os carros se “propagam” a 1.000 km/h
- Agora o pedágio leva 1 min para atender um carro
- P.: Os carros chegarão ao 2º pedágio antes que todos os carros tenham sido atendidos no 1º pedágio?
- R.: **Sim!** Após 7 min, o 1º carro está no 2º pedágio e ainda restam 3 carros no 1º pedágio
- 1º bit do pacote pode chegar ao 2º roteador antes que o pacote seja totalmente transmitido pelo 1º roteador!
 - Veja Ethernet applet no AWL Web site

Atraso nodal

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

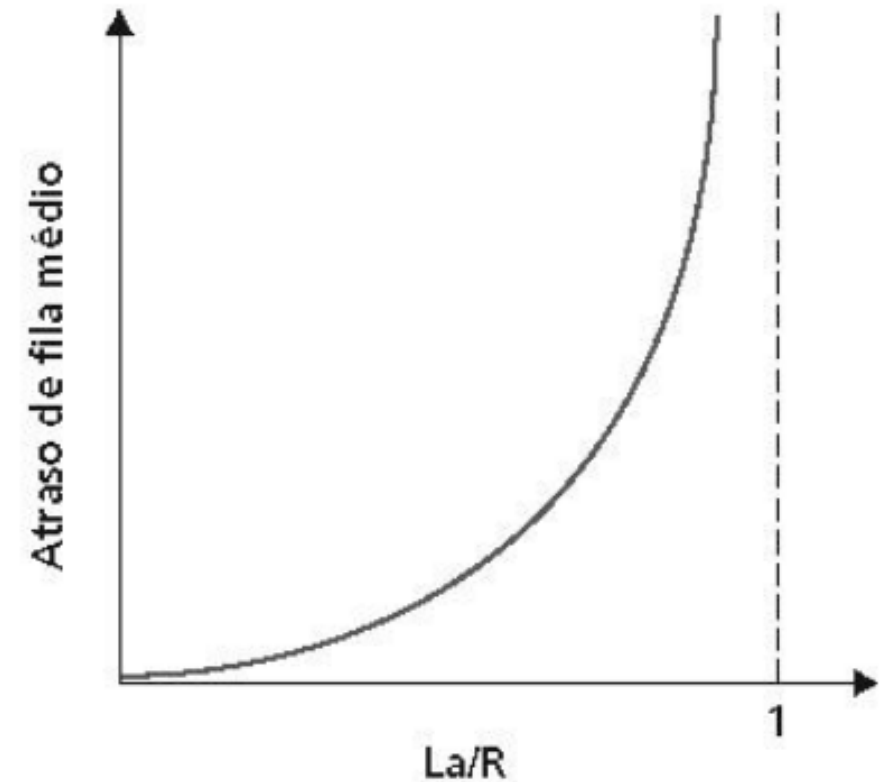
- d_{proc} = atraso de processamento
 - Tipicamente uns poucos microssegundos ou menos
- d_{fila} = atraso de fila
 - Depende do congestionamento
- d_{trans} = atraso de transmissão
 - $= L/R$, significativa para links de baixa velocidade
- d_{prop} = atraso de propagação
 - Uns poucos microssegundos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

Atraso de filas

- R = largura de banda do link (bps)
- L = tamanho do pacote (bits)
- A = taxa média de chegada de pacotes

Intensidade de tráfego = $\lambda L/R$

- $\lambda L/R \sim 0$: atraso médio de fila pequeno
- $\lambda L/R \rightarrow 1$: atraso se torna grande
- $\lambda L/R > 1$: mais trabalho chega do que a capacidade de transmissão.
O atraso médio cresce indefinidamente!

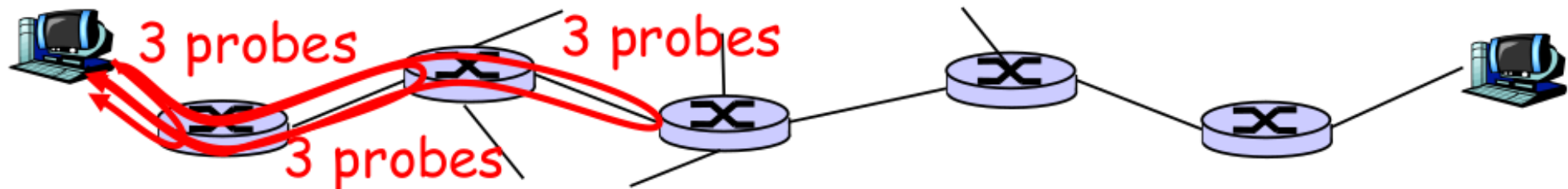


Atrasos e rotas da Internet “real”

- 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



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)

Perda de pacotes

- A fila no buffer que precede o link possui capacidade finita
- Quando um pacote chega a uma fila cheia, ele é descartado (isto é, perdido)
- O pacote perdido pode ser retransmitido pelo nó anterior, pelo sistema final do emissor, ou não ser retransmitido

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

Camadas de protocolos

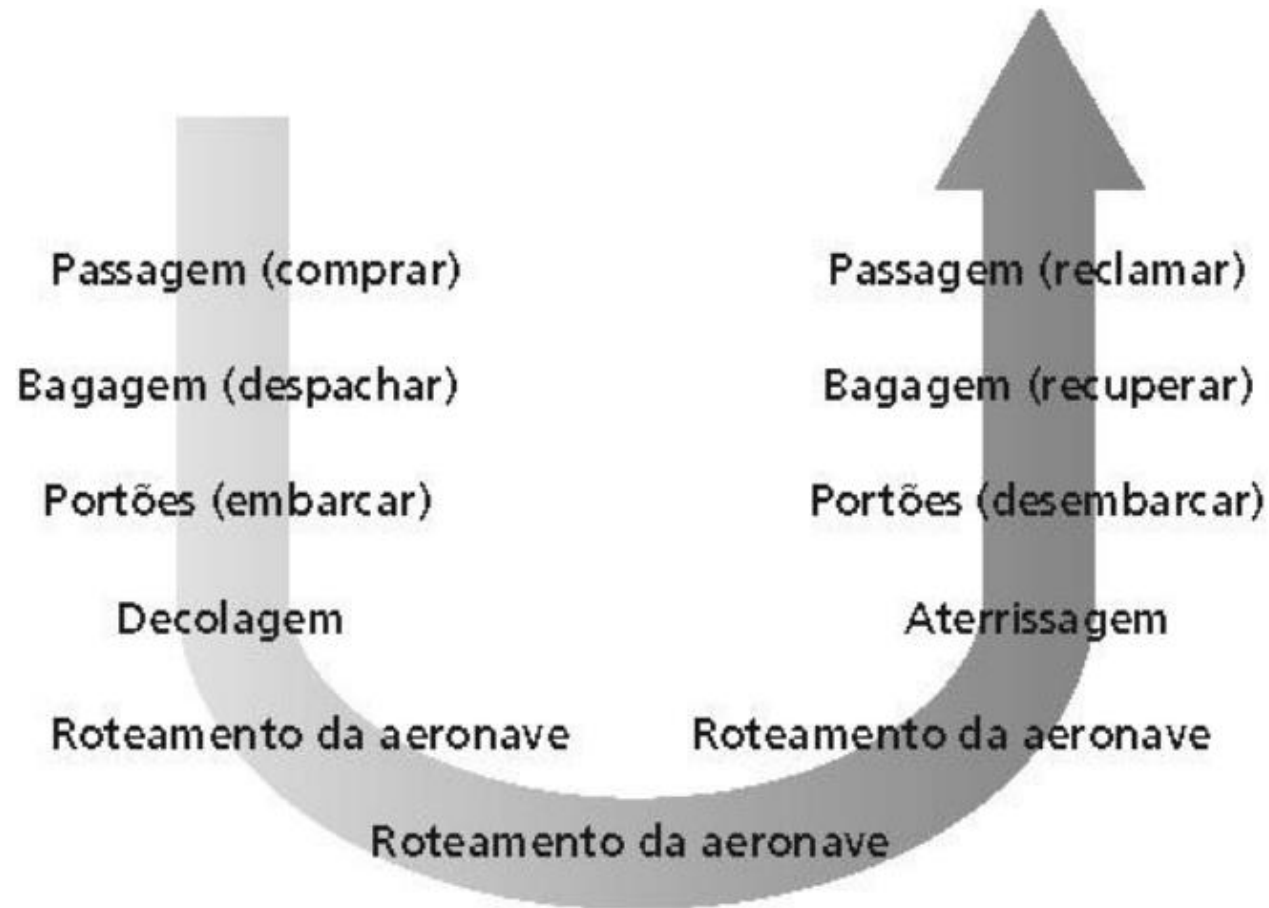
- **Redes são complexas**
- Muitos componentes:
 - Hospedeiros
 - Roteadores
 - Enlaces de vários tipos
 - Aplicações
 - Protocolos
 - Hardware, software

QUESTÃO:

Há alguma esperança de organizar a arquitetura de uma rede?

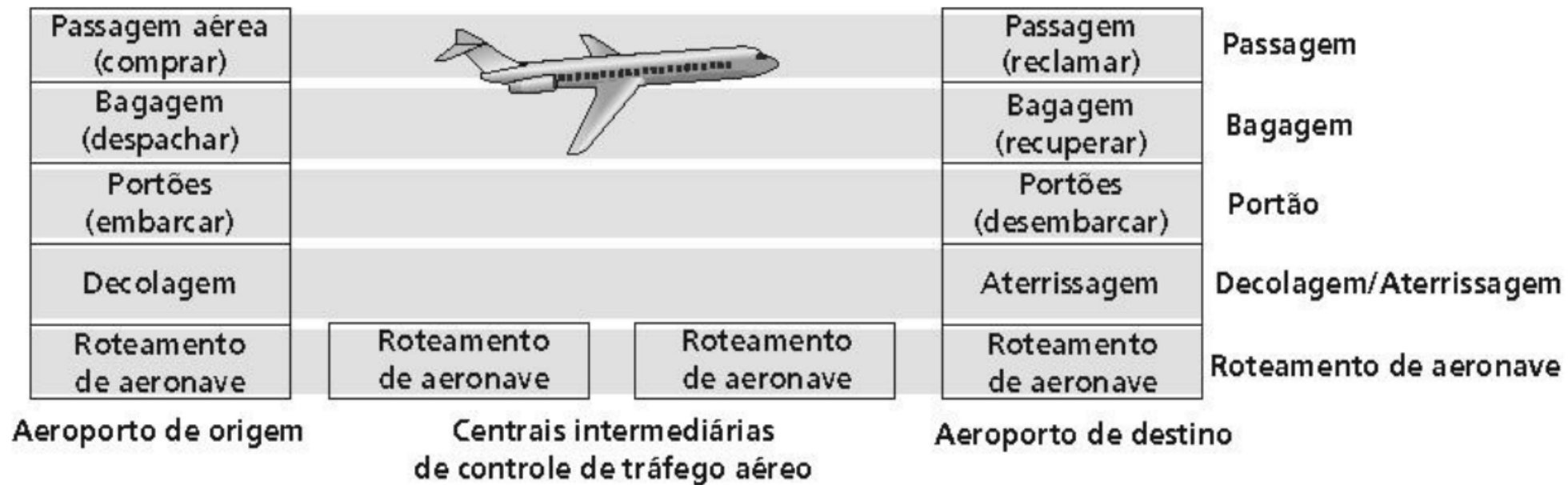
Ou pelo menos nossa discussão sobre redes?

Organização de uma viagem aérea



- Uma série de passos

Camadas de funcionalidades da companhia aérea



- **Camadas:** cada camada implementa um serviço
- Via suas próprias ações internas
- Confiando em serviços fornecidos pela camada inferior

Por que as camadas?

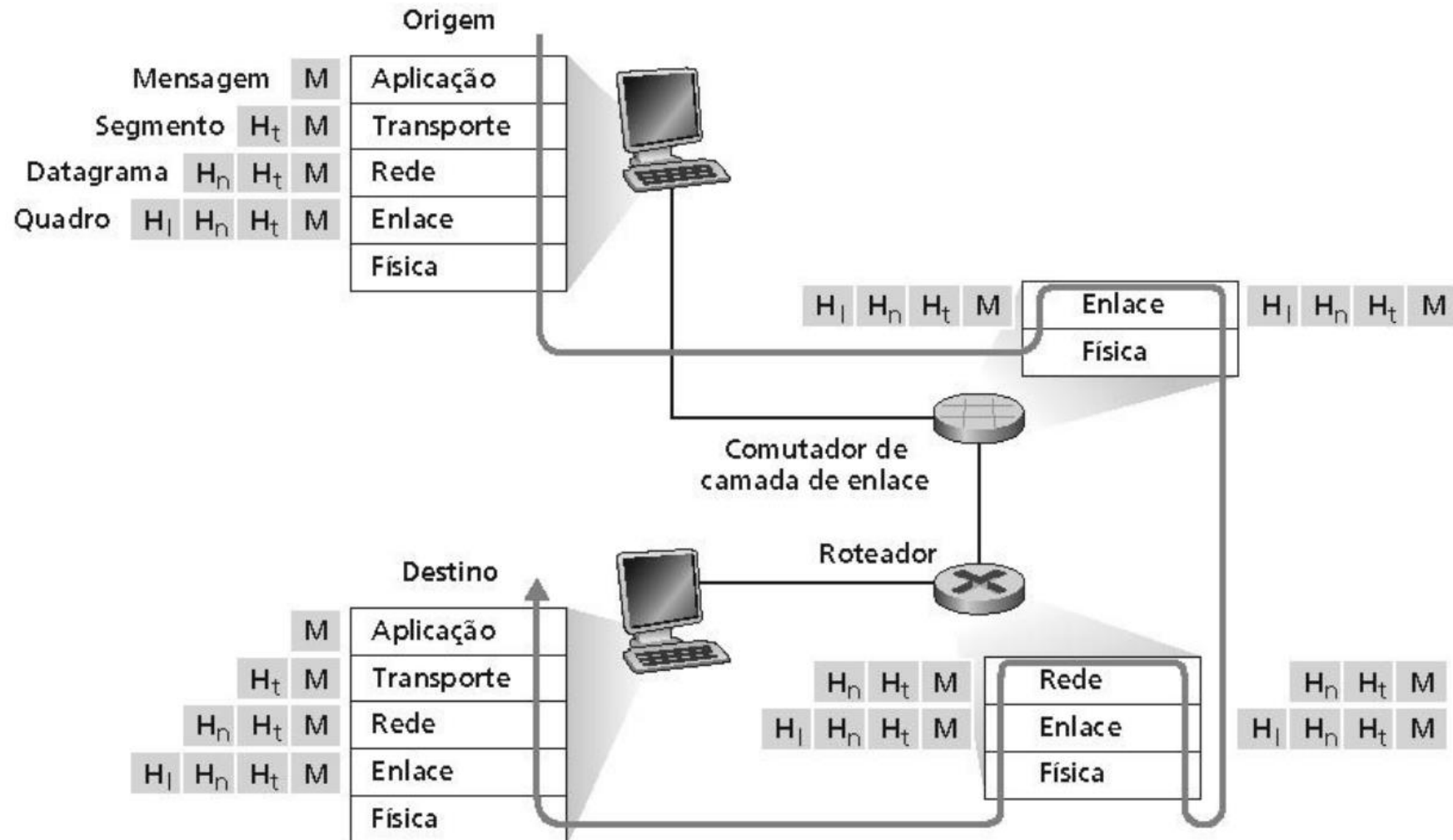
- Convivendo com sistemas complexos:
- A estrutura explícita permite identificação, o relacionamento das partes de um sistema complexo
 - Um **modelo de referência** em camadas permite a discussão da arquitetura
- Modularização facilita a manutenção, atualização do sistema
 - As mudanças na implementação de uma camada são transparentes para o resto do sistema
 - Ex.: novas regras para embarque de passageiros não afetam os procedimentos de decolagem
- A divisão em camadas é considerada perigosa?

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

Encapsulamento



- Protocolo TCP IP, formado pelos protocolos
 - protocolo FTP – File transport protocol
 - protocolo SMTP – Simple mail transport protocol
 - protocolo HTTP – Hypertext transport protocol

- **ENDEREÇO IP** – endereço único assinalado a cada computador da rede
 - Tem a forma de um número de 32 bits formado por 4 grupos de 8 bits, por ex:
 - 192.68.20.50 – este endereço significa:
 - 192 - o país;
 - 68 - a rede da instituição;
 - 20 - a sub-rede;
 - 50 - o computador na subrede
 - Cada endereço tem um “nome fantasia” , o endereço simbólico, como www.usp.br

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**

História da Internet

1961-1972: primeiros princípios da comutação de pacotes

- 1961: Kleinrock - teoria das filas mostra a efetividade da comutação de pacotes
- 1964: Baran - comutação de pacotes em redes militares
- 1967: ARPAnet concebida pela Advanced Research Projects Agency
- 1969: primeiro nó da ARPAnet operacional
- 1972:
 - ARPAnet é demonstrada publicamente
 - NCP (Network Control Protocol) primeiro protocolo hospedeiro-hospedeiro
 - Primeiro programa de e-mail
 - ARPAnet cresce para 15 nós

História da Internet

1972-1980: Inter-redes, redes novas e proprietárias

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

Princípios de interconexão de redes de Cerf e Kahn:

- Minimalismo, autonomia - não se exigem mudanças internas para interconexão de redes
- Modelo de serviço: melhor esforço
- Roteadores “stateless”
- Controle descentralizado

Define a arquitetura da Internet de hoje

História da Internet

1990-2000: comercialização, a Web, novas aplicações

- **Início dos anos 90:** ARPAnet descomissionada
- **1991:** NSF retira restrições sobre o uso comercial da NSFnet (descomissionada em 1995)
- **Início dos anos 90:** WWW
 - Hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, depois Netscape
 - Final dos anos 90: comercialização da Web
- **Final dos anos 90-2000:**
 - Mais aplicações “killer”: instant messaging, P2P file sharing segurança de redes à dianteira
 - Est. 50 milhões de hospedeiros, 100 milhões de usuários
 - Enlaces de backbone operando a Gbps

Resumo

Cobriu uma “tonelada” de material!

- Internet overview
- O que é um protocolo?
- Borda da rede, núcleo, rede de acesso
 - Comutação de pacotes versus comutação de circuitos
- Estrutura da Internet/ISP
- Desempenho: perda, atraso
- Camadas e modelos de serviços
- História

Você agora tem:

- Contexto, visão geral, sentimento das redes
- Conceitos básicos de Redes de computadores