

Capítulo 1

Introdução

Uma observação sobre o uso desses slides do PowerPoint:

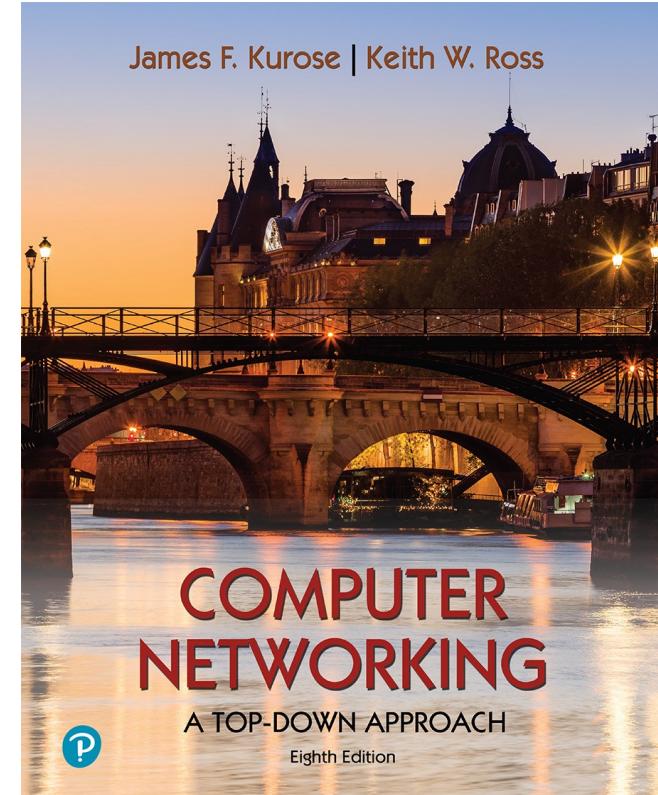
Estamos disponibilizando esses slides gratuitamente para todos (professores, alunos, leitores). Eles estão no formato PowerPoint para que você veja as animações e possa adicionar, modificar e excluir slides (inclusive este) e o conteúdo dos slides para atender às suas necessidades. Obviamente, eles representam *muito* trabalho de nossa parte. Em troca do uso, pedimos apenas o seguinte:

- Se você usar esses slides (por exemplo, em uma aula), mencione a fonte (afinal, gostaríamos que as pessoas usassem nosso livro!)
- Se você publicar algum slide em um site www, informe que ele foi adaptado de nossos slides (ou talvez idêntico a eles) e informe nossos direitos autorais sobre esse material.

Para obter um histórico de revisões, consulte a nota do slide desta página.

Obrigado e divirta-se! JFK/KWR

Todos os materiais têm direitos autorais de 1996 a 2023
J.F. Kurose e K.W. Ross, Todos os direitos reservados



Redes de computadores: A Top-Down Approach (Uma abordagem de cima para baixo)

8th edition
Jim Kurose, Keith Ross
Pearson, 2020

Capítulo 1: Introdução

Objetivo do capítulo:

- Obter "sensação", "visão geral", introdução à terminologia
 - mais profundidade, detalhes mais *adiante* no curso



Visão geral/roteiro:

- O que é a Internet? O que é um protocolo?
- **Borda da rede:** hosts, rede de acesso, mídia física
- **Núcleo da rede:** comutação de pacotes/circuitos, quadro da Internet
- **Desempenho:** perda, atraso, taxa de transferência
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- Segurança
- Histórico

A Internet: componentes básicos



Bilhões de *dispositivos* de computação conectados:

- *hosts* = sistemas finais
- executando *aplicações* de rede na "borda" da Internet

Comutadores de pacotes: encaminham pacotes (pedaços de dados)

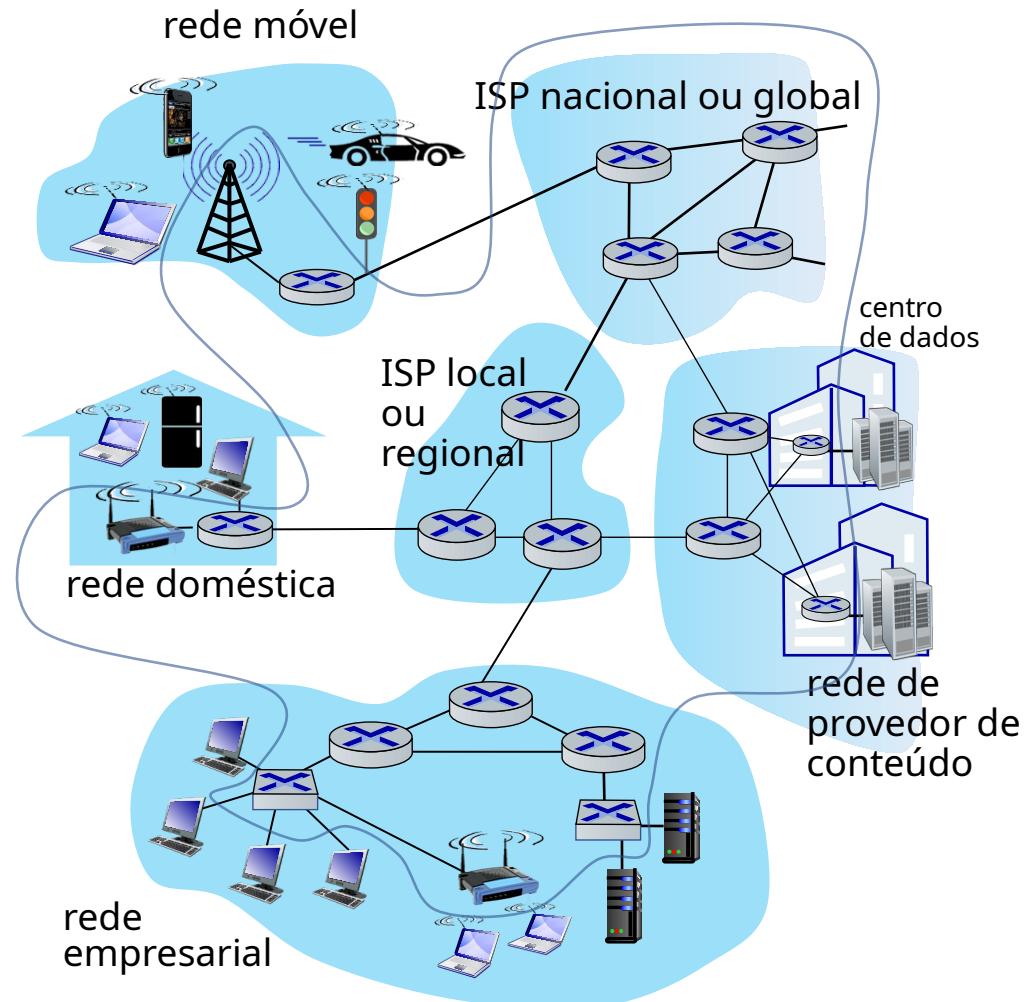
- roteadores, switches

Links de comunicação

- fibra, cobre, rádio, satélite
- taxa de transmissão: *largura de banda*

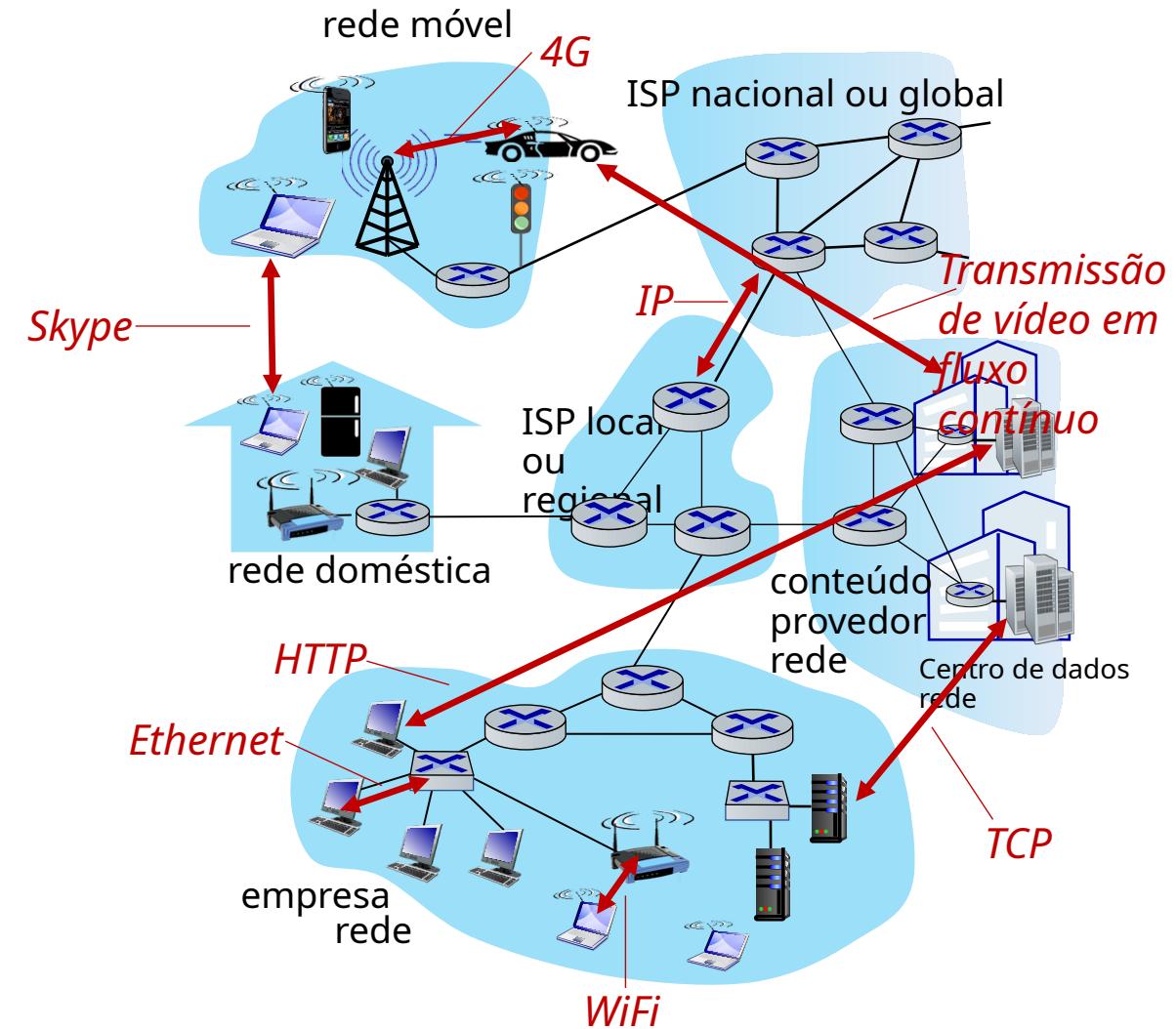
Redes

- coleção de dispositivos, roteadores, links: gerenciados por uma organização



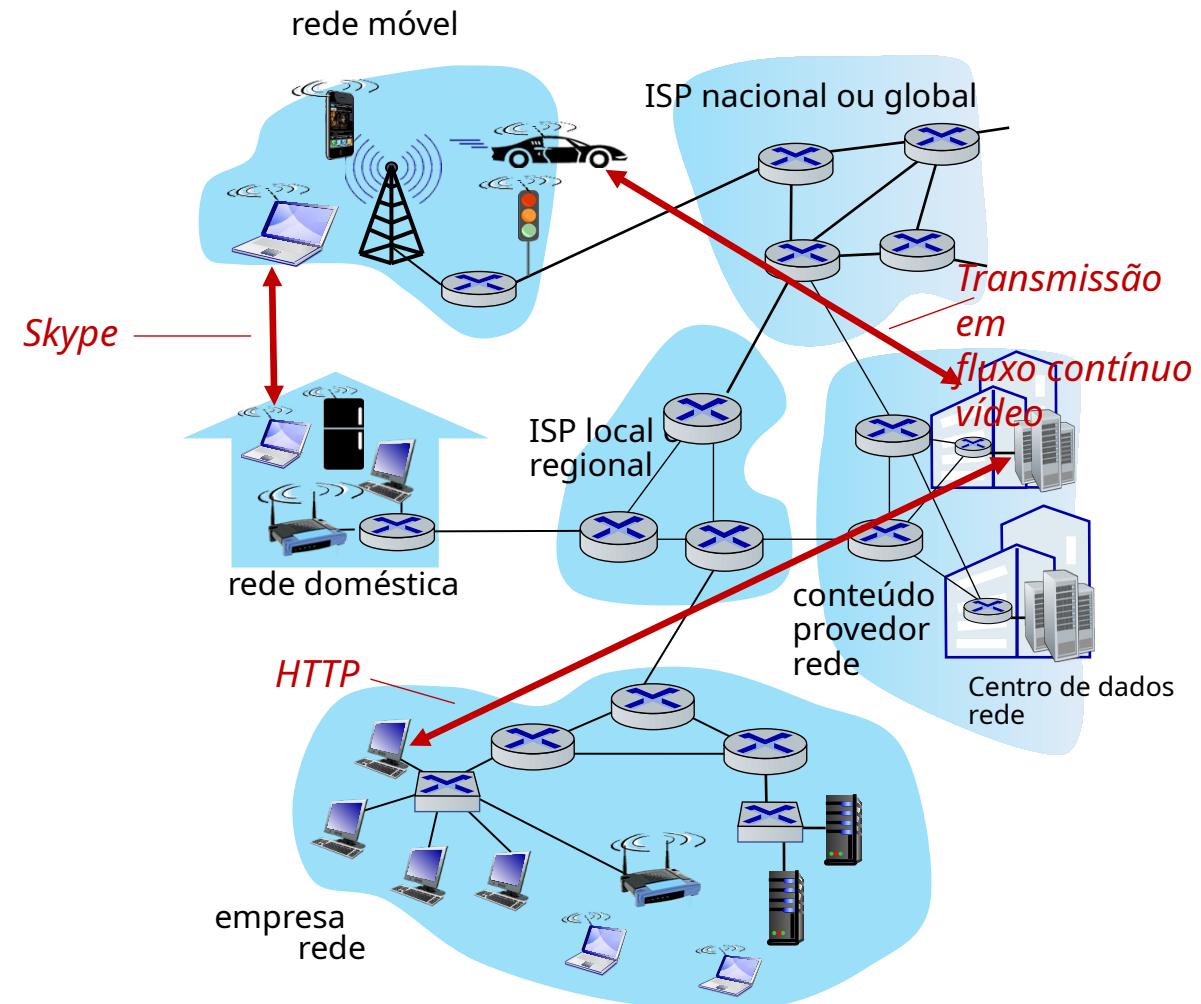
A Internet: componentes básicos

- *Internet: "rede de redes"*
 - ISPs interconectados
- *os protocolos* estão em toda parte
 - controle de envio e recebimento de mensagens
 - Por exemplo, HTTP (Web), streaming de vídeo, Skype, TCP, IP, WiFi, 4/5G, Ethernet
- *Padrões da Internet*
 - RFC: Solicitação de comentários
 - IETF: Força-tarefa de engenharia da Internet



A Internet: uma visão de "serviços"

- *Infraestrutura* que fornece serviços às aplicações:
 - Web, streaming de vídeo, teleconferência multimídia, e-mail, jogos, comércio eletrônico, mídia social, aparelhos interconectados, ...
- fornece *interface de programação* para aplicações distribuídos:
 - "ganchos" que permitem que os aplicativos de envio/recebimento se "conectem" e usem o serviço de transporte da Internet
 - fornece opções de serviço, análogas ao serviço postal



Tamanho das redes

- **LAN**
 - Local Area Network, ou Rede de Área Local, ou ainda simplesmente Rede Local, geralmente está localizada em um edifício, escritório, campus ou até mesmo em sua residência.
- **MAN**
 - Metropolitan Area Network, ou Rede de Área Metropolitana, é um escopo de rede intermediário entre uma LAN e uma WAN.
 - Trata-se de uma rede localizada em uma área geográfica confinada e bem definida, de tamanho médio, como por exemplo em um município ou região metropolitana.
- **WAN**
 - Wide Area Network, ou Rede de Área Ampla. Em uma WAN a comunicação se dá em uma distância relativamente (ou muito) longa.
 - Geralmente podemos usar uma WAN para conectar uma LAN em um local a outra LAN em um local remoto, que pode estar localizada em um prédio vizinho ou do outro lado do planeta.
- **PAN, BAN, WLAN....**

Capítulo 1: roteiro

- O que é a Internet?
- O que é um **protocolo**?
- Borda da rede: hosts, rede de acesso, mídia física
- Núcleo da rede: comutação de pacotes/circuitos, quadro da Internet
- Desempenho: perda, atraso, taxa de transferência
- Segurança
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- Histórico



O que é um protocolo?

Protocolos humanos:

- "Que horas são?"
- "Eu tenho uma pergunta"
- apresentações

Regras para:

- ... mensagens específicas enviadas
- ... ações específicas tomadas quando a mensagem é recebida ou outros eventos

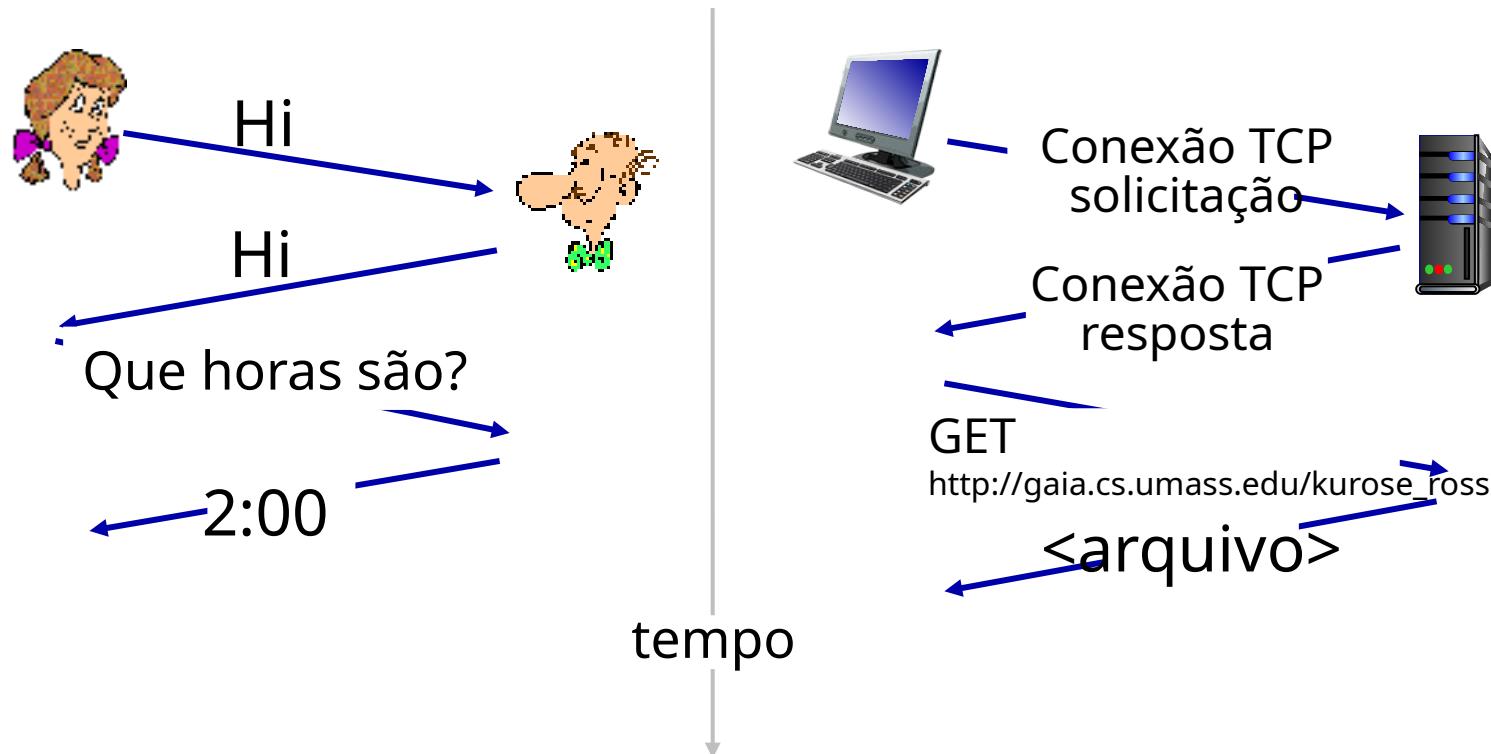
Protocolos de rede:

- computadores (dispositivos) em vez de humanos
- toda atividade de comunicação na Internet regida por protocolos

Os protocolos definem o formato, a ordem das mensagens enviadas e recebidas entre as entidades da rede e as ações tomadas na transmissão e no recebimento de mensagens

O que é um protocolo?

Um protocolo humano e um protocolo de rede de computadores:



Capítulo 1: roteiro

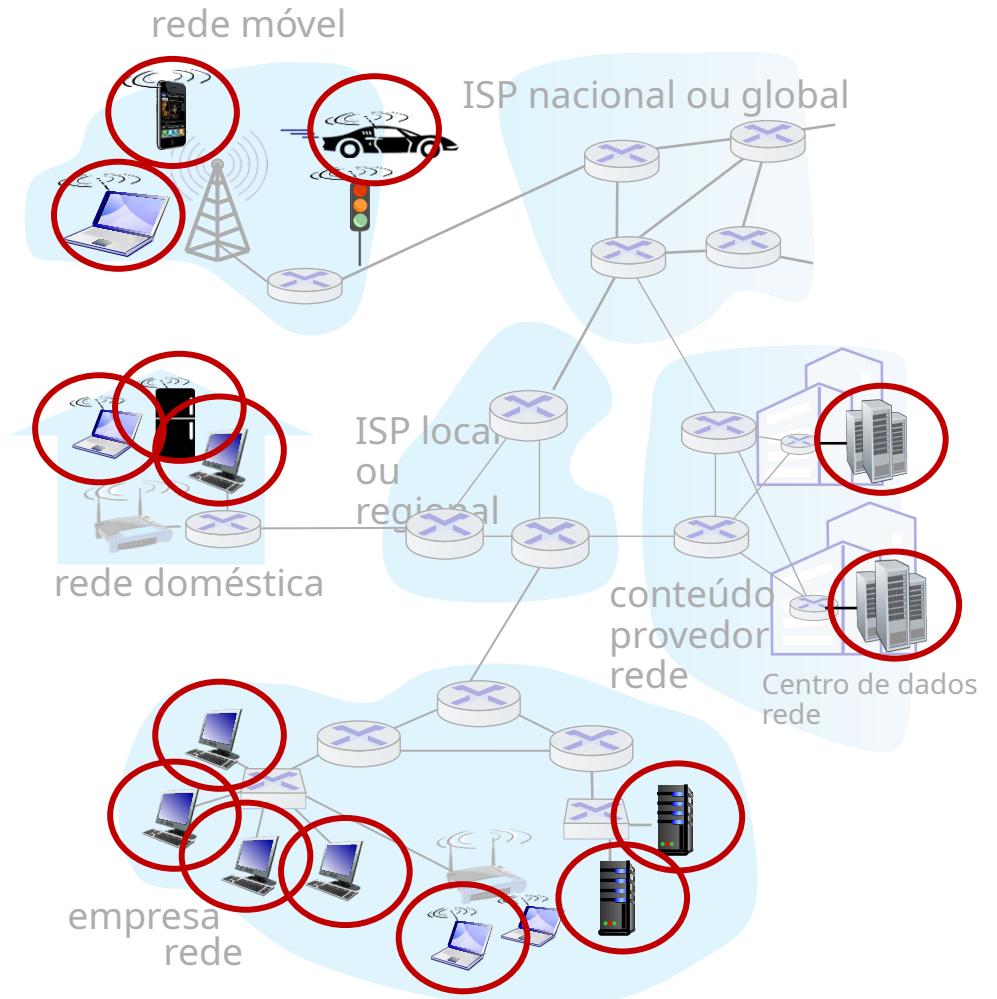
- O que é a Internet?
- O que é um protocolo?
- **Borda da rede:** hosts, rede de acesso, mídia física
- Núcleo da rede: comutação de pacotes/circuitos, quadro da Internet
- Desempenho: perda, atraso, taxa de transferência
- Segurança
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- Histórico



Um olhar mais atento à Internet

Borda da rede:

- hosts: clientes e servidores
- servidores frequentemente em centros de dados



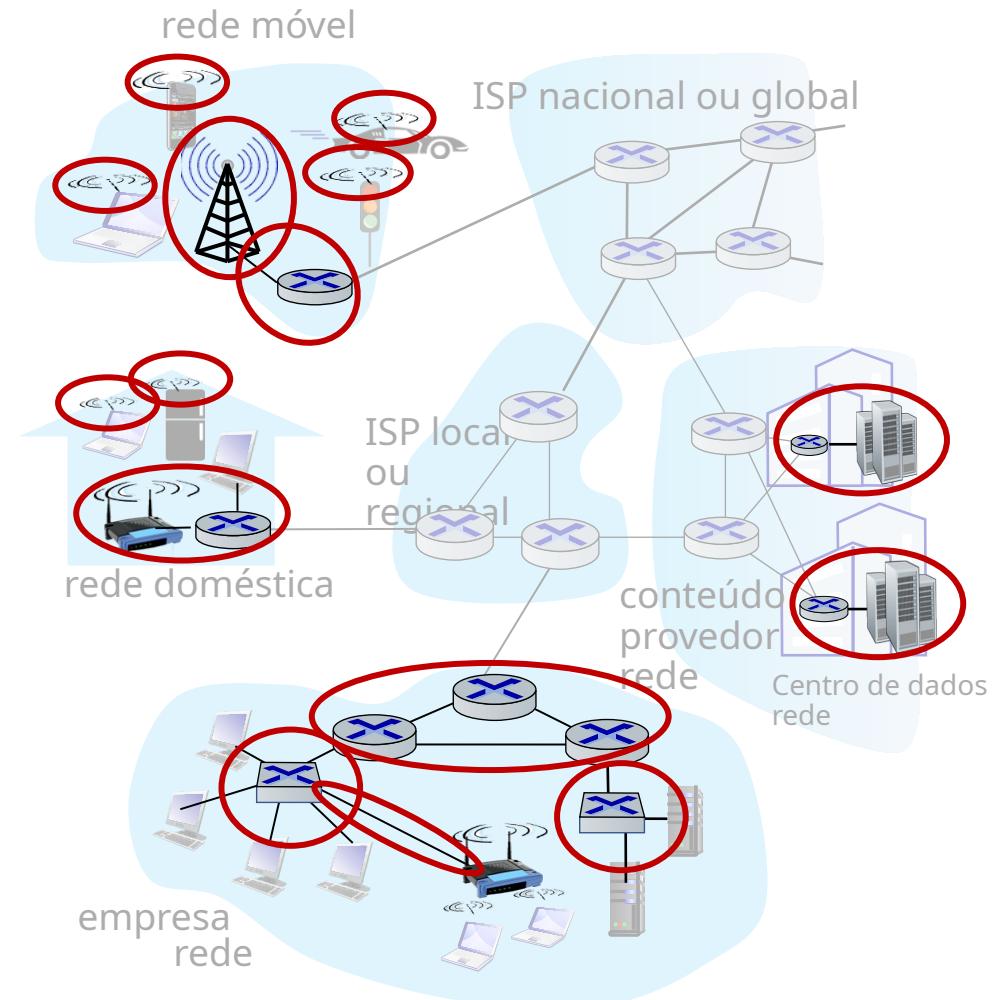
Um olhar mais atento à Internet

Borda da rede:

- hosts: clientes e servidores
- servidores frequentemente em centros de dados

Redes de acesso, mídia física:

- **links** de comunicação com fio e sem fio



Um olhar mais atento à Internet

Borda da rede:

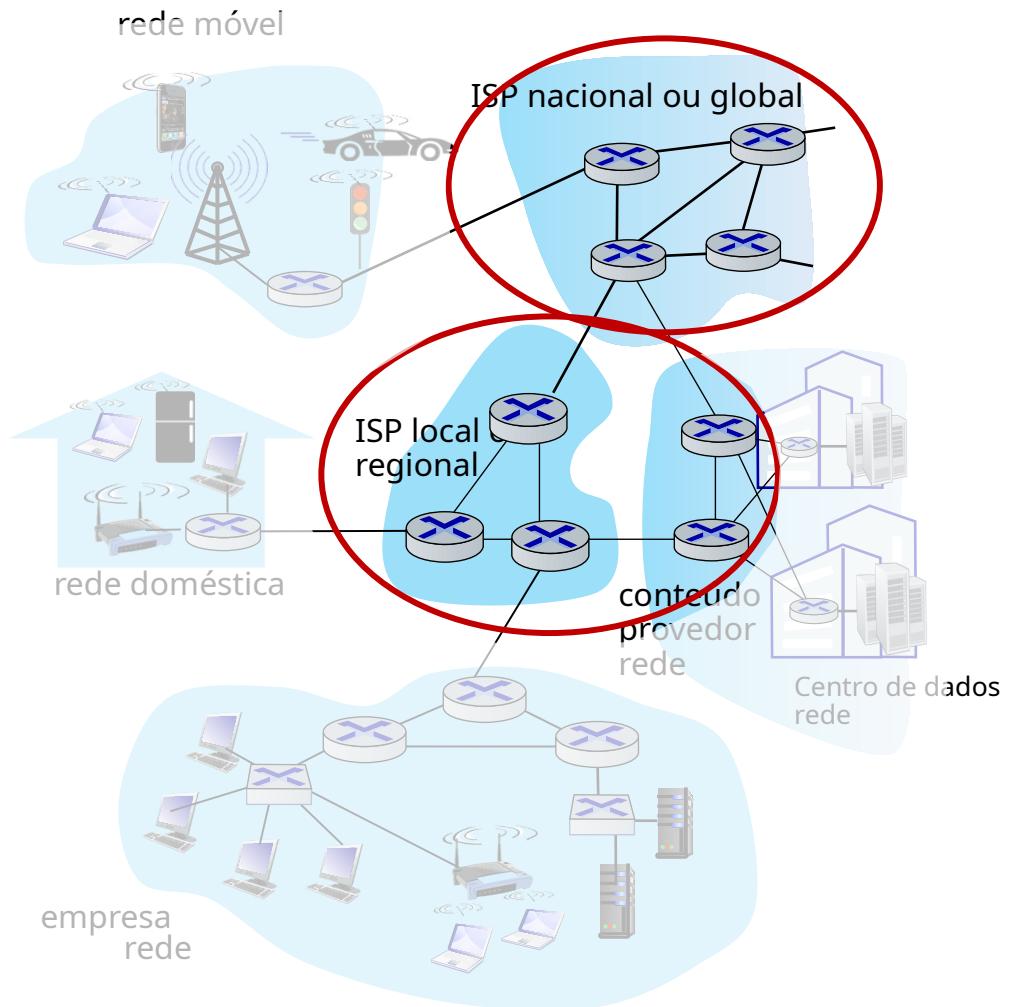
- hosts: clientes e servidores
- servidores frequentemente em centros de dados

Redes de acesso, mídia física:

- **links** de comunicação com fio e sem fio

Núcleo da rede:

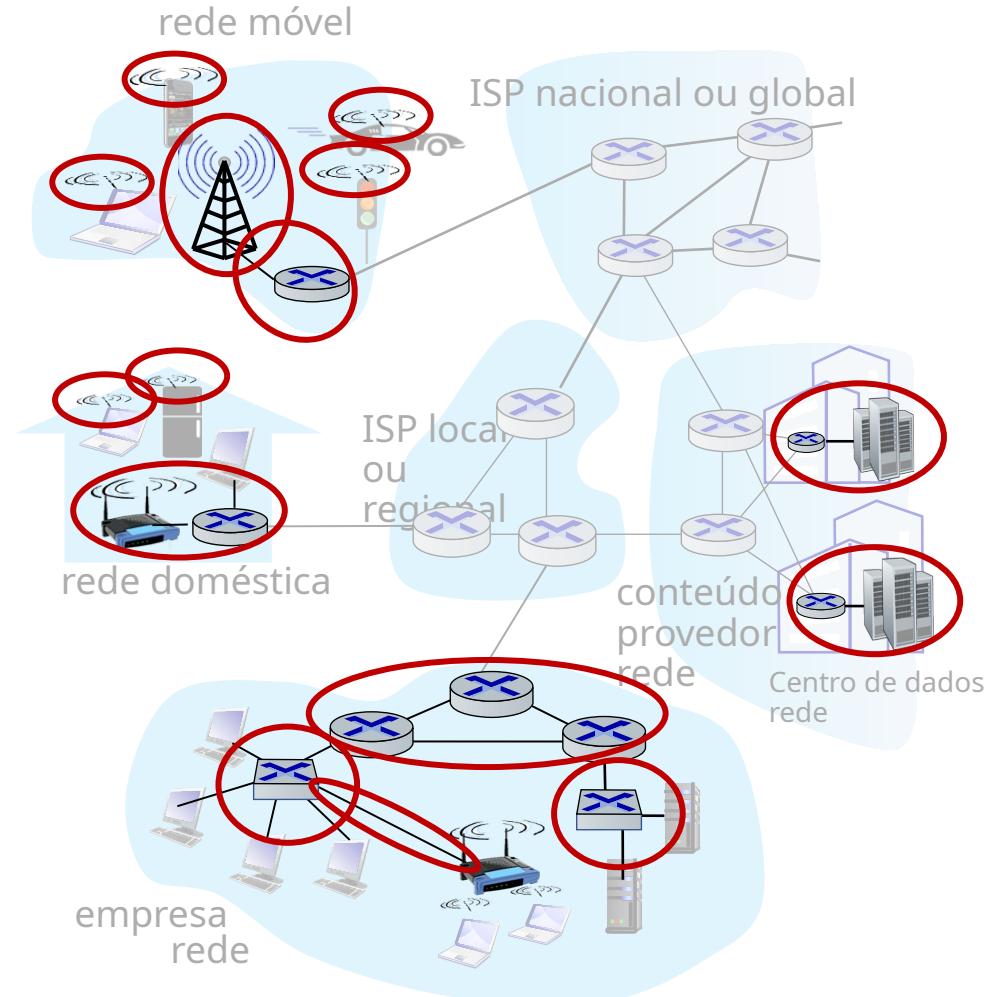
- roteadores interconectados
- rede de redes



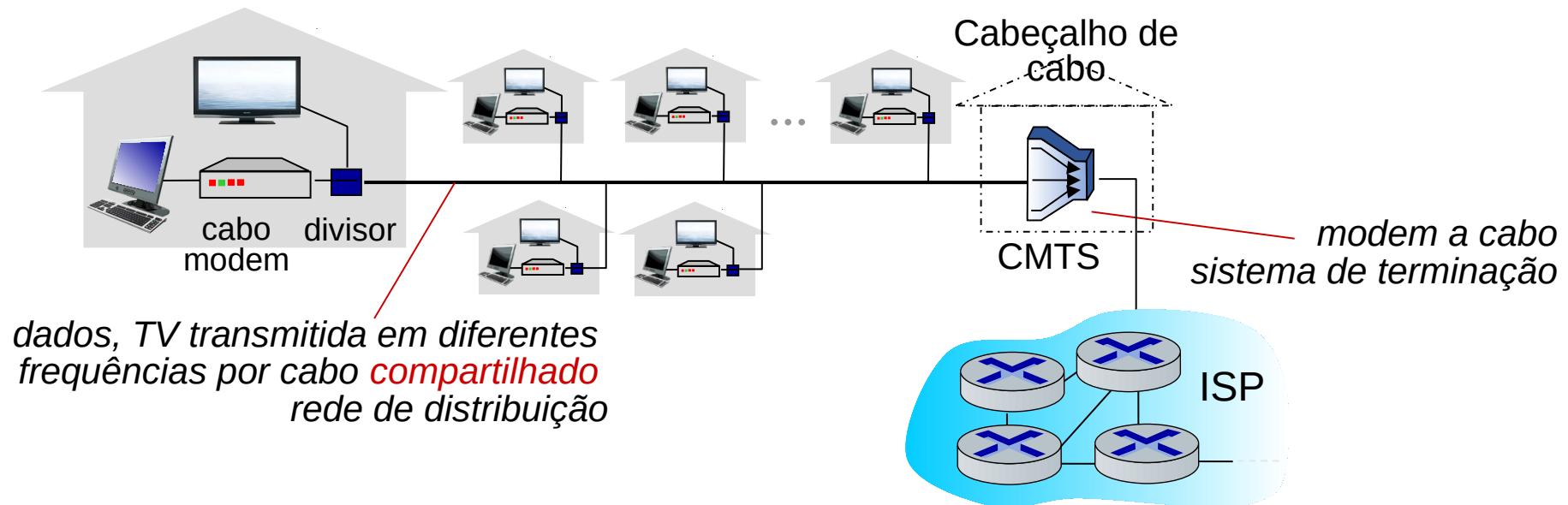
Redes de acesso e mídias físicas

P: Como conectar sistemas finais ao roteador de borda?

- redes de acesso residencial
- redes de acesso institucional (escola, empresa)
- redes de acesso móvel (WiFi, 4G/5G)

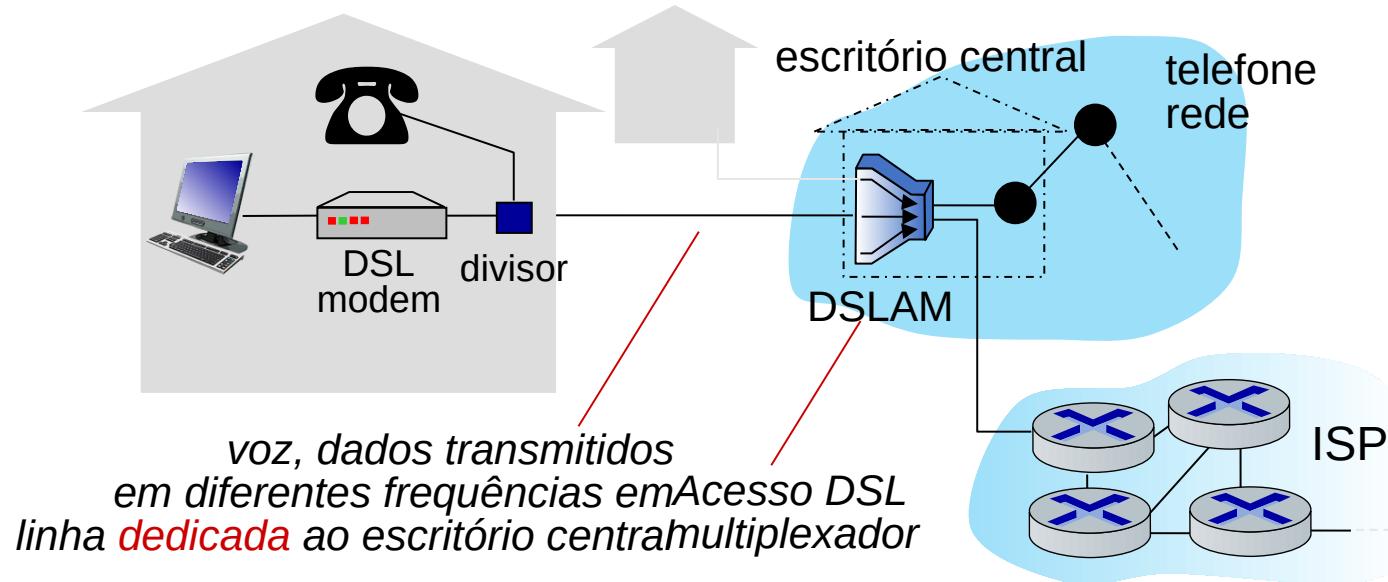


Redes de acesso: acesso baseado em cabo



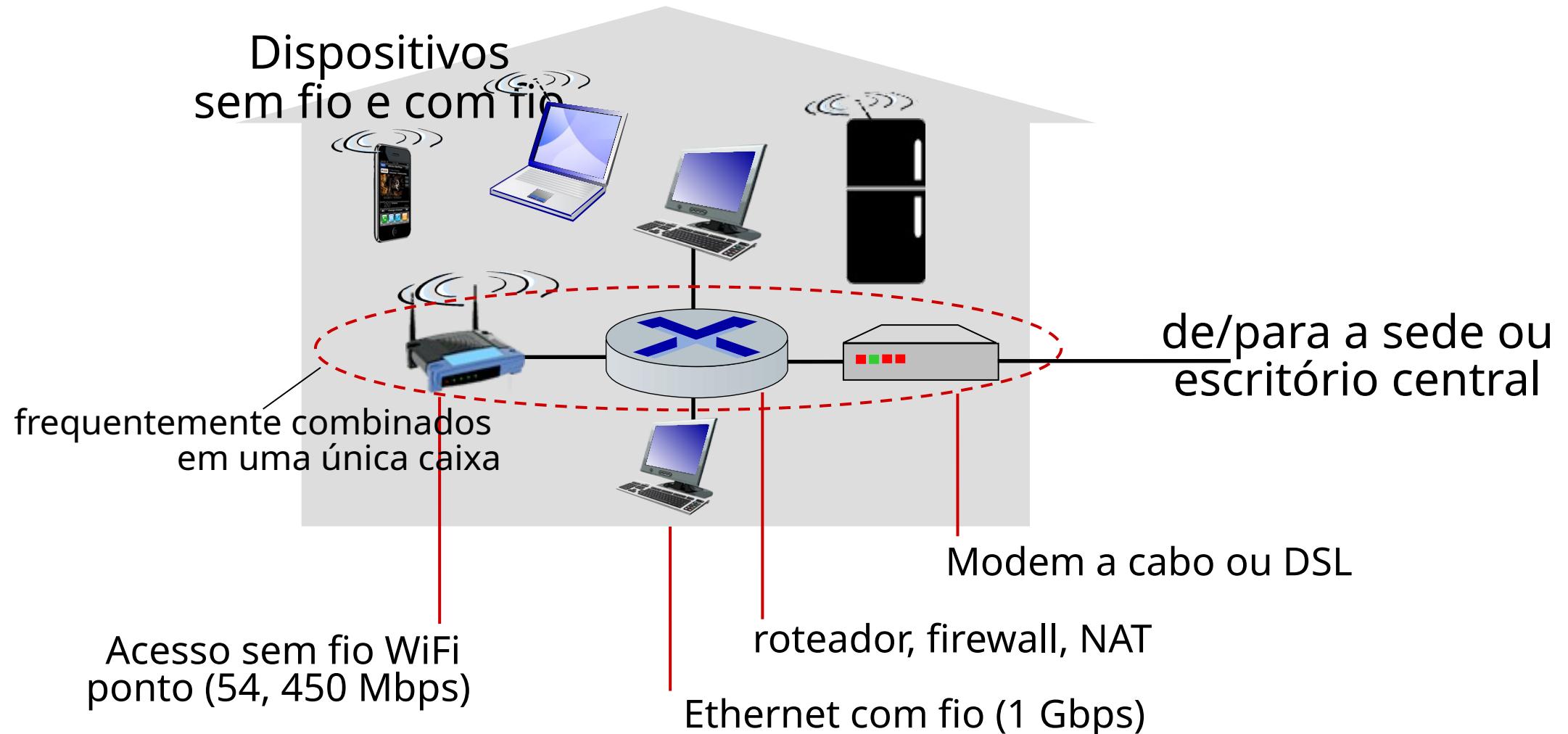
- HFC: coaxial de fibra híbrida
 - assimétrica: taxa de transmissão downstream de até 40 Mbps - 1,2 Gbps, taxa de transmissão upstream de 30-100 Mbps
- rede de cabos e fibras conecta residências ao roteador ISP
 - as residências *compartilham a rede de acesso* ao headend de cabo

Redes de acesso: linha de assinante digital (DSL)



- usar a linha telefônica **existente** para o DSLAM do escritório central
 - os dados da linha telefônica DSL vão para a Internet
 - a voz sobre a linha telefônica DSL vai para a rede telefônica
- Taxa de transmissão downstream dedicada de 24 a 52 Mbps
- Taxa de transmissão upstream dedicada de 3,5 a 16 Mbps

Redes de acesso: redes domésticas



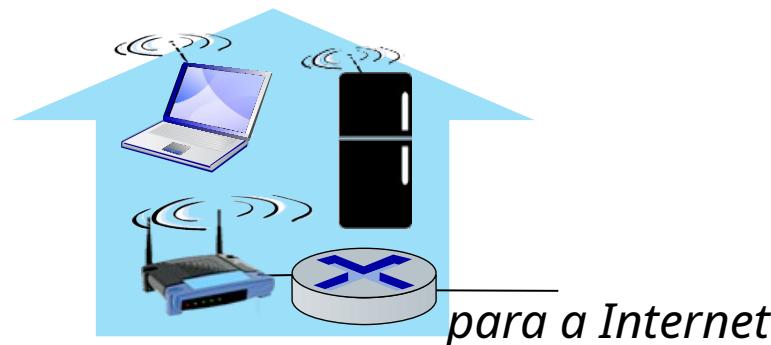
Redes de acesso sem fio

A rede de acesso *sem fio* compartilhada conecta o sistema final ao roteador

- via estação base, também conhecida como "ponto de acesso"

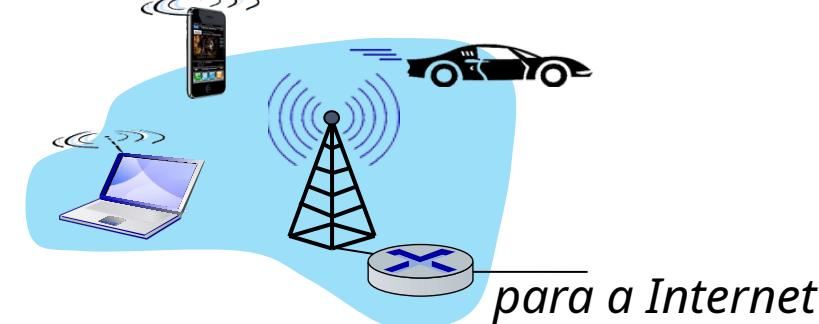
Redes locais sem fio (WLANS)

- normalmente dentro ou ao redor do prédio (~70 m)
- IEEE 802.11b/g/n (WiFi): Taxa de transmissão de 11, 54, 450 Mbps

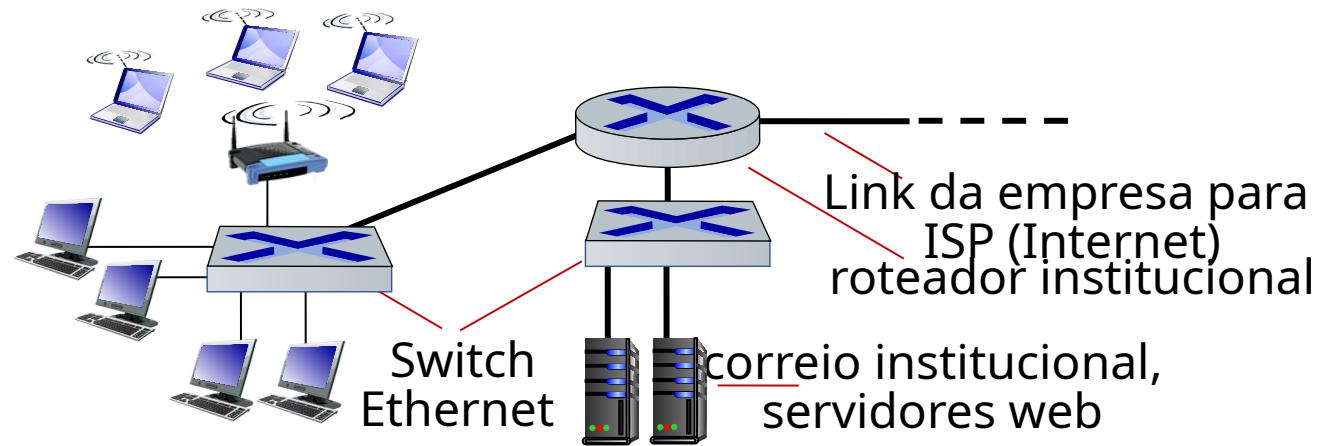


Redes de acesso celular de área ampla

- fornecido pela operadora de rede móvel e celular (10 km)
- 10 Mbps
- Redes celulares 4G/5G



Redes de acesso: redes corporativas



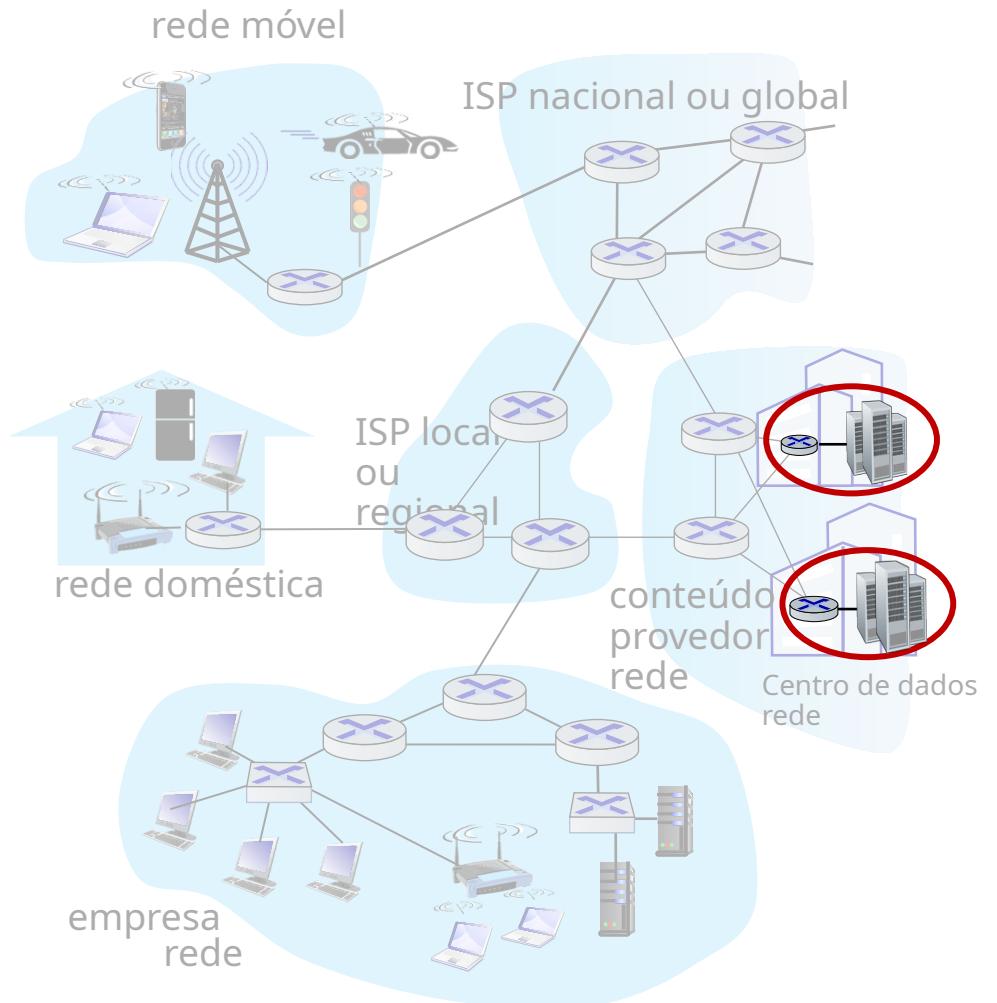
- empresas, universidades, etc.
- combinação de tecnologias de link com fio e sem fio, conectando uma combinação de switches e roteadores (abordaremos as diferenças em breve)
 - Ethernet: acesso com fio a 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps
 - WiFi: pontos de acesso sem fio a 11, 54, 450 Mbps

Redes de acesso: redes de data center

- Links de alta largura de banda (de 10 a 100 Gbps) conectam centenas a milhares de servidores entre si e à Internet



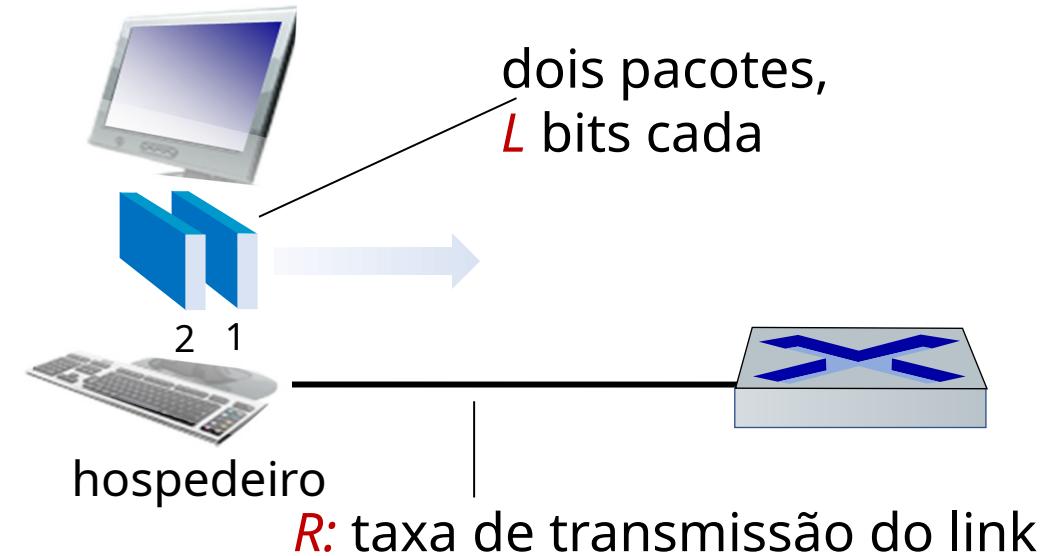
Cortesia: Centro de computação verde de alto desempenho de Massachusetts (mghpcc.org)



Host: envia pacotes de dados

função de envio do host:

- recebe a mensagem da aplicação
- se divide em pedaços menores, conhecidos como *pacotes*, de comprimento L bits
- transmite o pacote para a rede de acesso a uma *taxa de transmissão R*
 - taxa de transmissão do link, também conhecida como *capacidade* do link, *também conhecida como largura de banda do link*

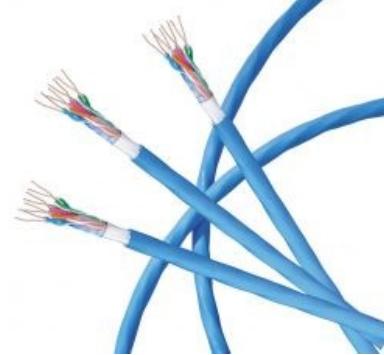


Links: mídia física

- **bit**: propaga-se entre pares transmissor/receptor
- **link físico**: o que existe entre o transmissor e o receptor
- **mídia guiada**:
 - os sinais se propagam em meios sólidos: cobre, fibra, coaxial
- **mídia não guiada**:
 - os sinais se propagam livremente, por exemplo, rádio

Par trançado (TP)

- dois fios de cobre isolados
 - Categoria 5: 100 Mbps, 1 Gbps Ethernet
 - Categoria 6: Ethernet de 10 Gbps



Links: mídia física

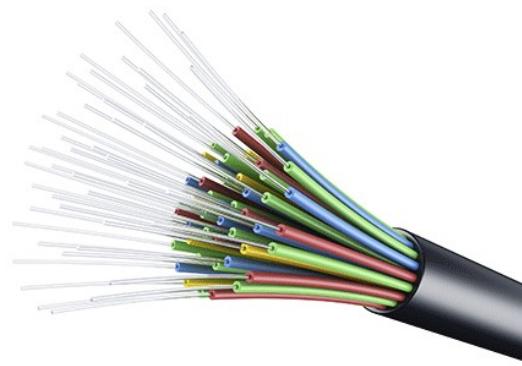
Cabo coaxial:

- dois condutores de cobre concêntricos
- bidirecional
- banda larga:
 - vários canais de frequência no cabo
 - 100 Mbps por canal



Cabo de fibra óptica:

- fibra de vidro que transporta pulsos de luz, sendo cada pulso um bit
- operação em alta velocidade:
 - transmissão ponto a ponto de alta velocidade (10 a 100 Gbps)
- baixa taxa de erro:
 - repetidores espaçados entre si



os

Links: mídia física

Rádio sem fio

- sinal transmitido em várias "bandas" no espectro eletromagnético
- sem "fio" físico
- transmissão, "half-duplex" (do remetente para o receptor)
- efeitos do ambiente de propagação:
 - reflexão
 - obstrução por objetos
 - Interferência/ruído

Tipos de links de rádio:

- **LAN sem fio (WiFi)**
 - 10-100 Mbps; 10 metros
- **área ampla** (por exemplo, celular 4G/5G)
 - 10 Mbps (4G) em ~10 Km
- **Bluetooth**: substituição do cabo
 - distâncias curtas, tarifas limitadas
- **microondas terrestres**
 - ponto a ponto; canais de 45 Mbps
- **satélite**
 - downlink de até < 100 Mbps (Starlink)
 - 270 mseg de atraso final (geoestacionário)

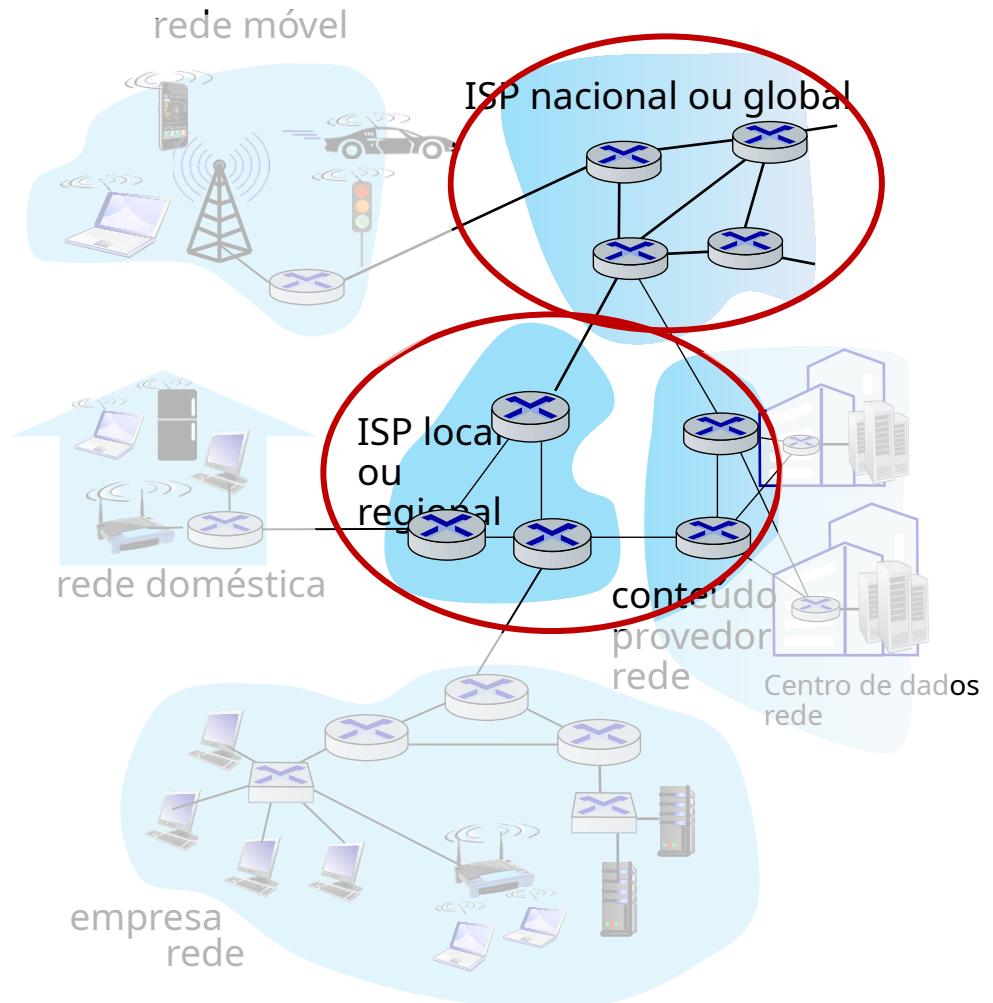
Capítulo 1: roteiro

- O que é a Internet?
- O que é um protocolo?
- Borda da rede: hosts, rede de acesso, mídia física
- **Núcleo da rede:** comutação de pacotes/circuitos, quadro da Internet
- Desempenho: perda, atraso, taxa de transferência
- Segurança
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- Histórico



O núcleo da rede

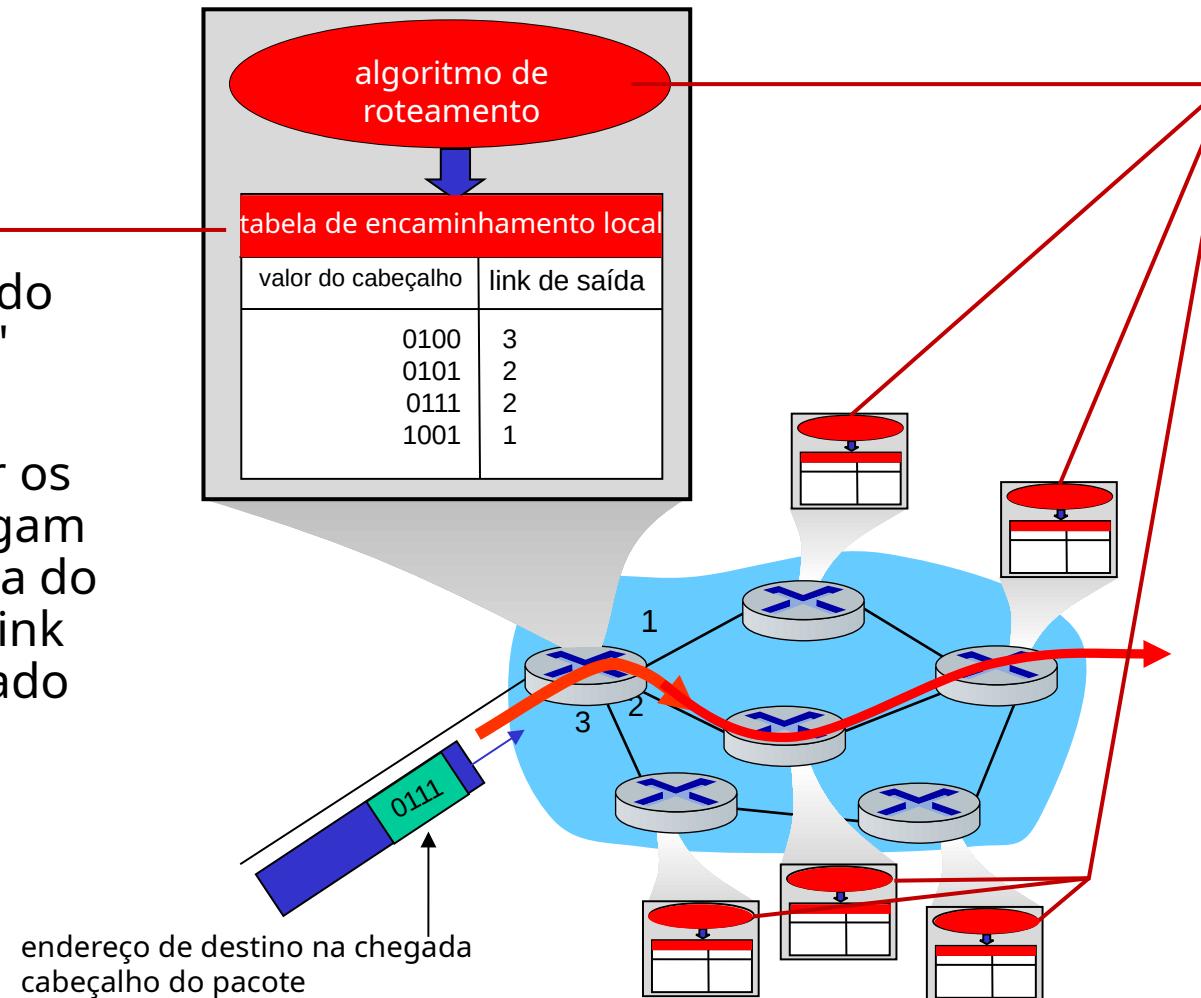
- malha de roteadores interconectados
- **comutação de pacotes:** os hosts dividem as mensagens da camada de aplicações em *pacotes*
 - a rede **encaminha** pacotes de um roteador para o próximo, através de links no caminho da origem ao destino



Duas funções essenciais do núcleo da rede

Encaminhamento:

- também conhecido como "switching" (troca)
- ação *local*: mover os pacotes que chegam do link de entrada do roteador para o link de saída apropriado do roteador



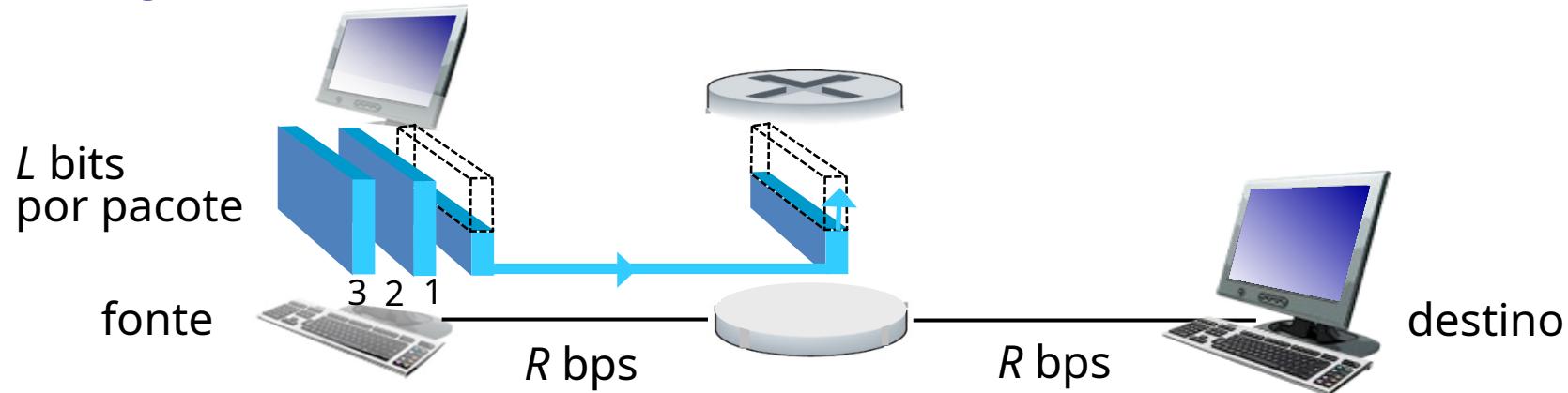
Roteamento:

- ação *global*: determinar os caminhos de origem-destino usados pelos pacotes
- algoritmos de roteamento





Comutação de pacotes: armazena-e-reenvia

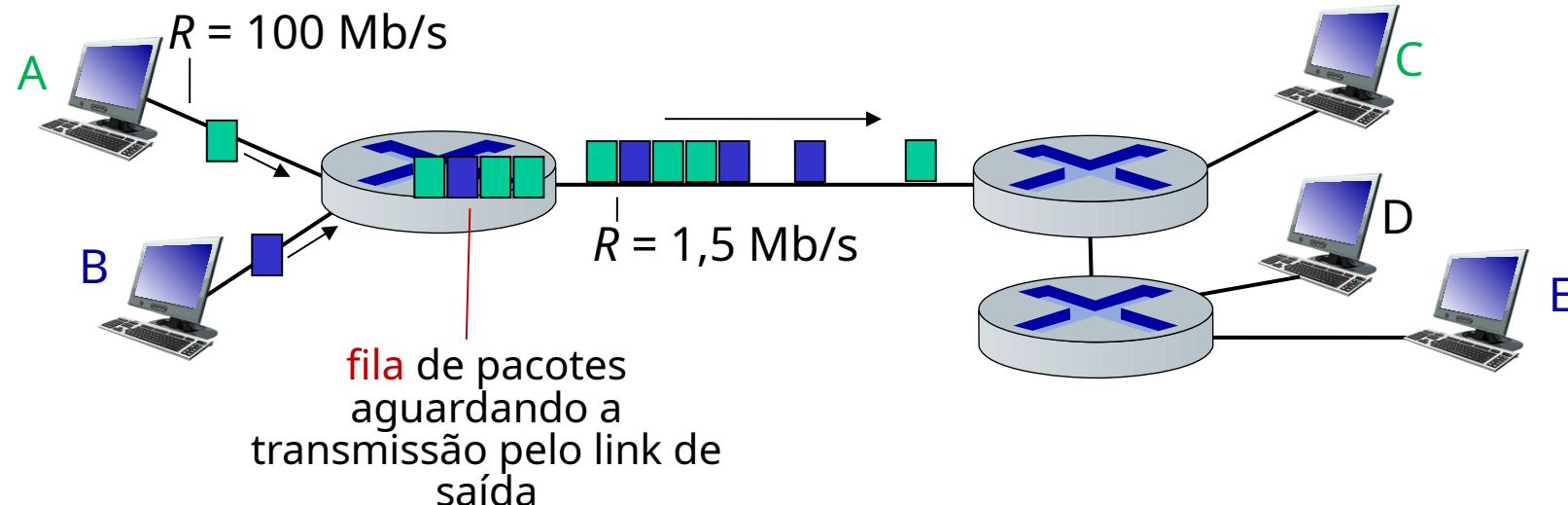


- **atraso na transmissão do pacote:** leva L/R segundos para transmitir (empurrar) um pacote de L bits para o link a R bps
- **armazena-e-reenvia:** o pacote *inteiro* deve chegar ao roteador antes de ser transmitido no próximo link

Exemplo numérico de um salto:

- $L = 10$ Kbits
- $R = 100$ Mbps
- atraso de transmissão de um salto = 0,1 mseg

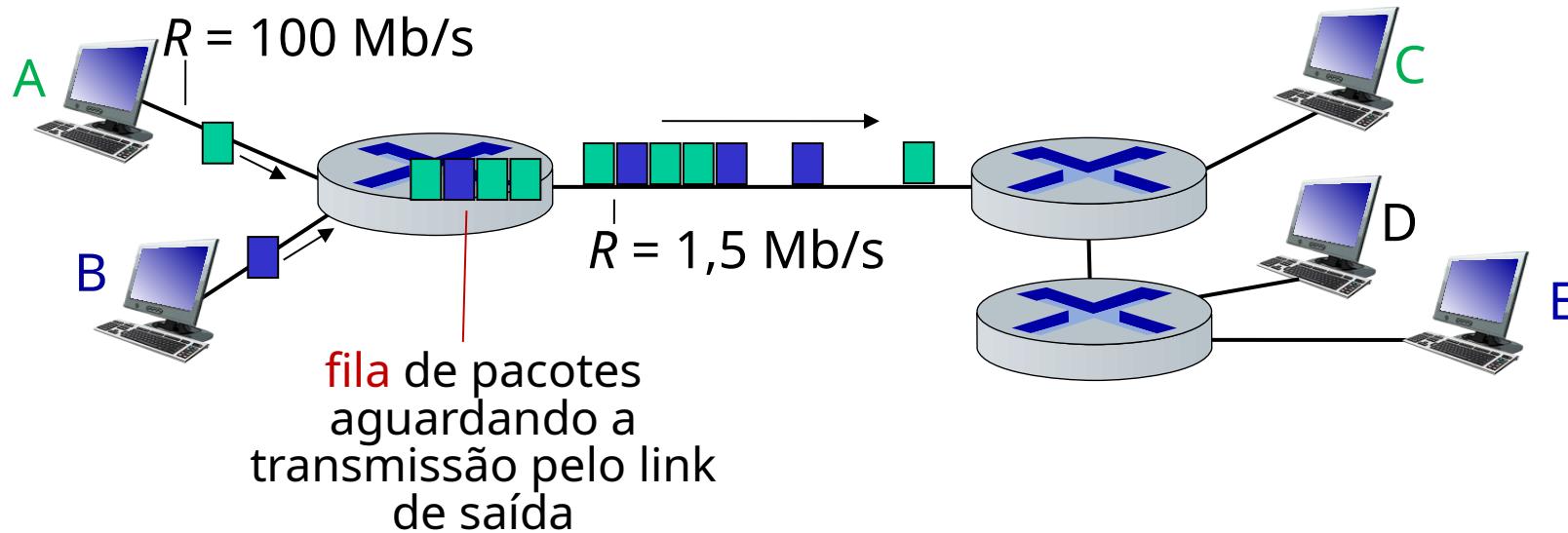
Comutação de pacotes: enfileiramento



O enfileiramento ocorre quando o trabalho chega mais rápido do que pode ser atendido:



Comutação de pacotes: enfileiramento



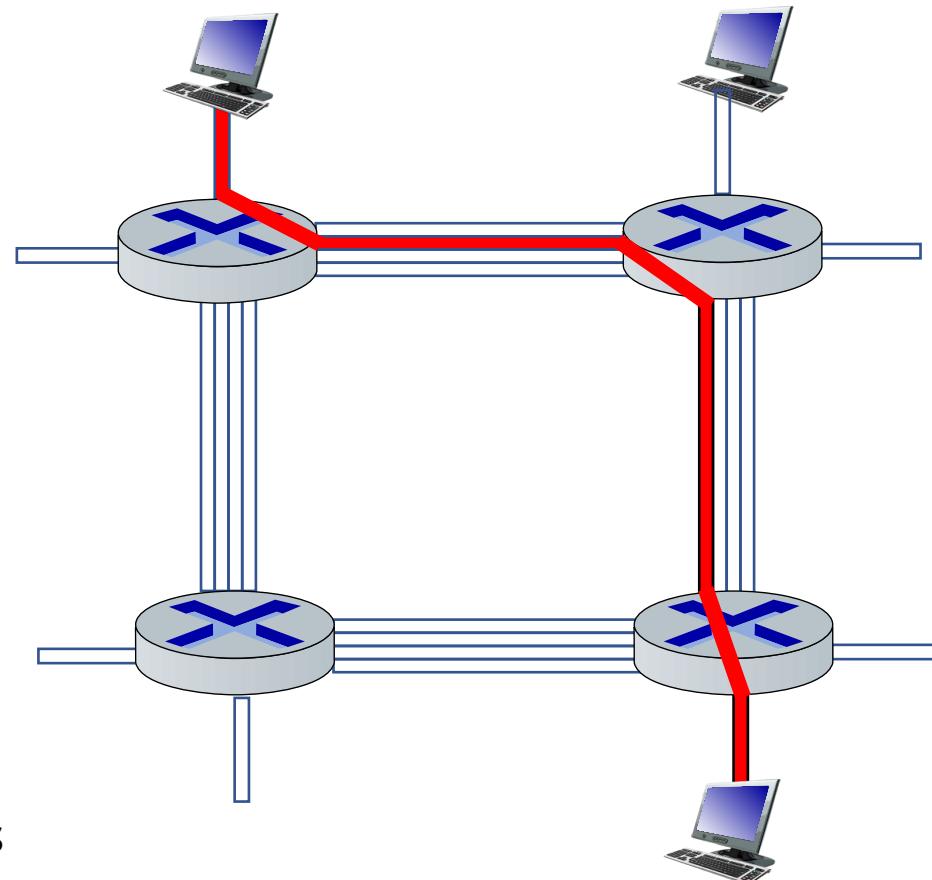
Enfileiramento e perda de pacotes: se a taxa de chegada (em bps) ao link exceder a taxa de transmissão (bps) do link por algum período de tempo:

- os pacotes ficarão na fila, esperando para serem transmitidos no link de saída
- os pacotes podem ser descartados (perdidos) se a memória (buffer) do roteador ficar cheia

Alternativa à comutação de pacotes: comutação de circuitos

Recursos fim-a-fim reservados para a "chamada" entre a origem e o destino

- No diagrama, cada link tem quatro circuitos.
 - A chamada recebe o segundo circuito no link superior e primeiro circuito no link direito.
- recursos dedicados: sem compartilhamento
 - desempenho semelhante ao de um circuito (garantido)
- segmento de circuito ocioso se não for usado pela chamada (**sem compartilhamento**)
- comumente usado em redes telefônicas tradicionais

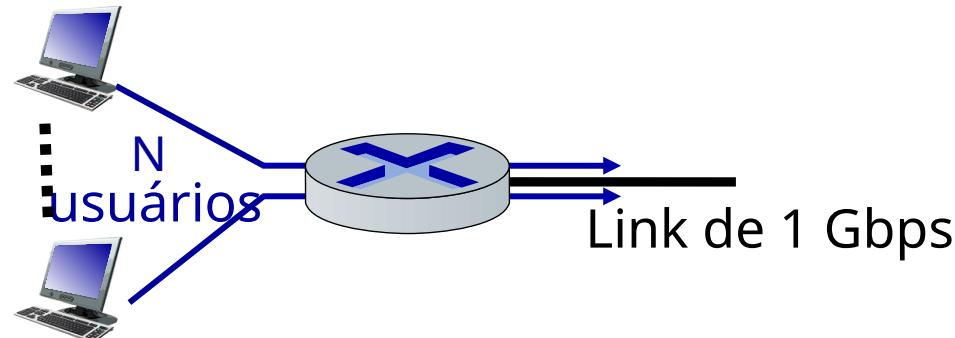


* Confira os exercícios interativos on-line para obter mais exemplos: http://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/interactive

Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

exemplo:

- Link de 1 Gb/s
- cada usuário:
 - 100 Mb/s quando "ativo"
 - ativo 10% do tempo



P: Quantos usuários podem usar essa rede com comutação de circuitos e comutação de pacotes?

▪ *comutação de circuitos:* 10 usuários

▪ comutação *de pacotes:* com 35 usuários, a probabilidade > 10 ativos ao mesmo tempo é menor que 0,0004 *.

P: Como obtivemos o valor 0,0004?

A: Problema de HW (somente para quem tem curso de probabilidade)

* Confira os exercícios interativos on-line para obter mais exemplos: http://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/interactive

Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

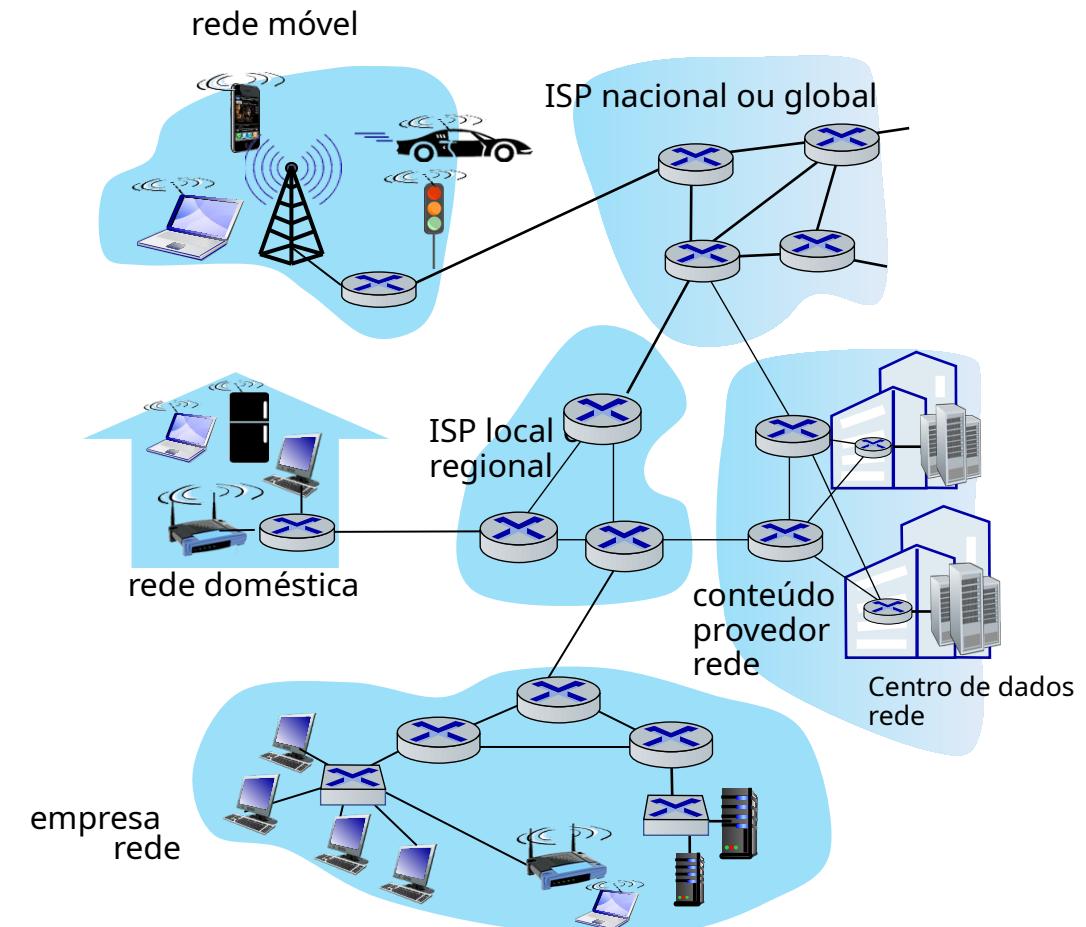
A comutação de pacotes é um "vencedor absoluto"?

- ótimo para dados "intermitentes" - às vezes tem dados para enviar, mas em outros momentos não
 - compartilhamento de recursos
 - mais simples, sem configuração de chamada
- Possibilidade de congestionamento excessivo: atraso e perda de pacotes devido ao estouro do buffer
 - protocolos necessários para a transferência confiável de dados, controle de congestionamento
- P: Como proporcionar um comportamento semelhante ao de um circuito com comutação de pacotes?
 - "É complicado." Estudaremos várias técnicas que tentam tornar a comutação de pacotes o mais "semelhante a um circuito" possível.

P: Analogias humanas de recursos reservados (comutação de circuitos) versus alocação sob demanda (comutação de pacotes)?

Visão da Internet: uma "rede de redes"

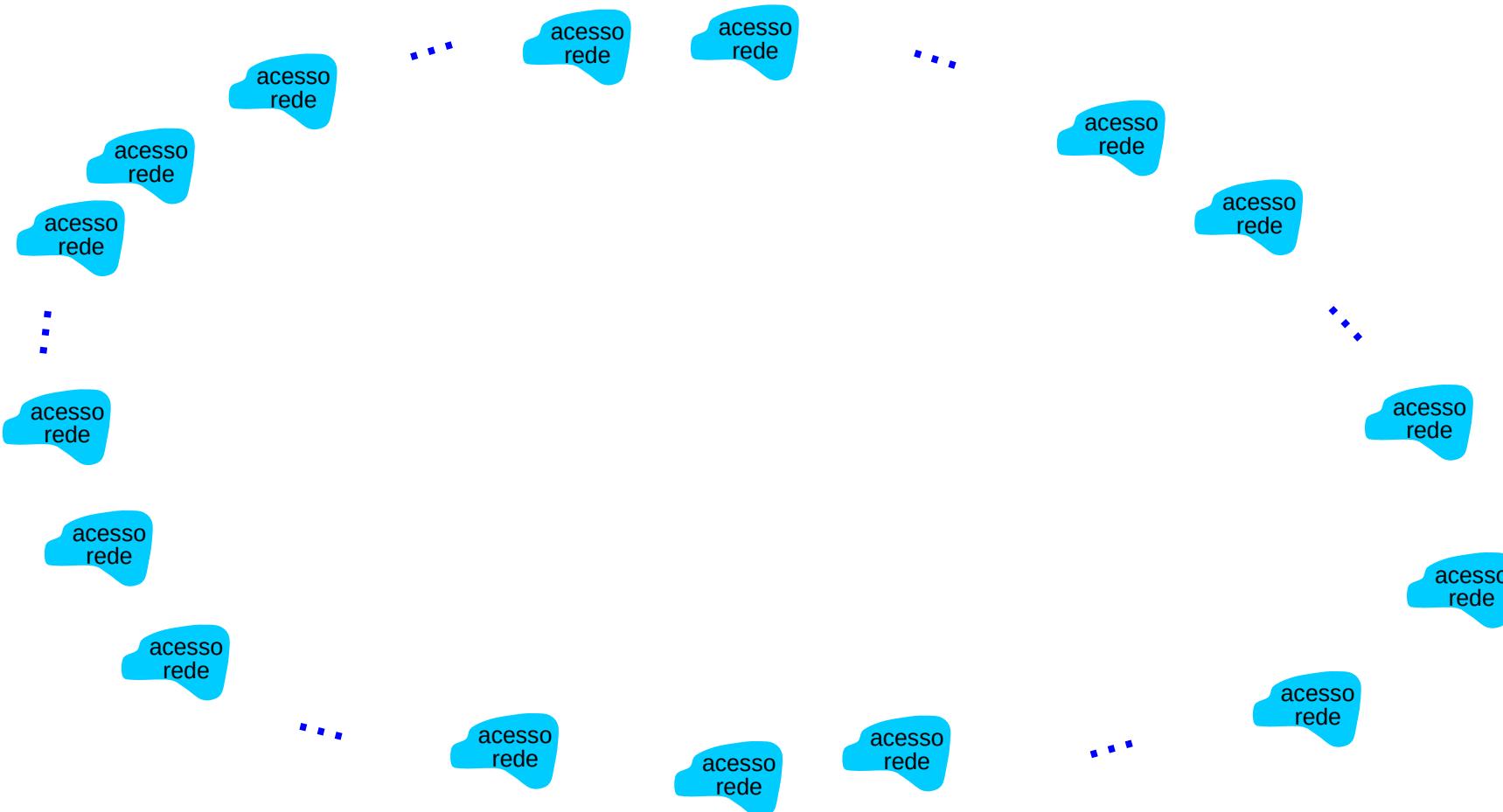
- os hosts se conectam à Internet por meio do **acesso** a provedores de serviços de Internet (ISPs)
- Os ISPs de acesso, por sua vez, devem estar interconectados
 - para que dois hosts *quaisquer* (*em qualquer lugar!*) possam enviar pacotes um para o outro
- A rede de redes resultante é muito complexa
 - evolução impulsionada pela **economia, políticas nacionais**



Vamos adotar uma abordagem passo a passo para descrever a quadro atual da Internet

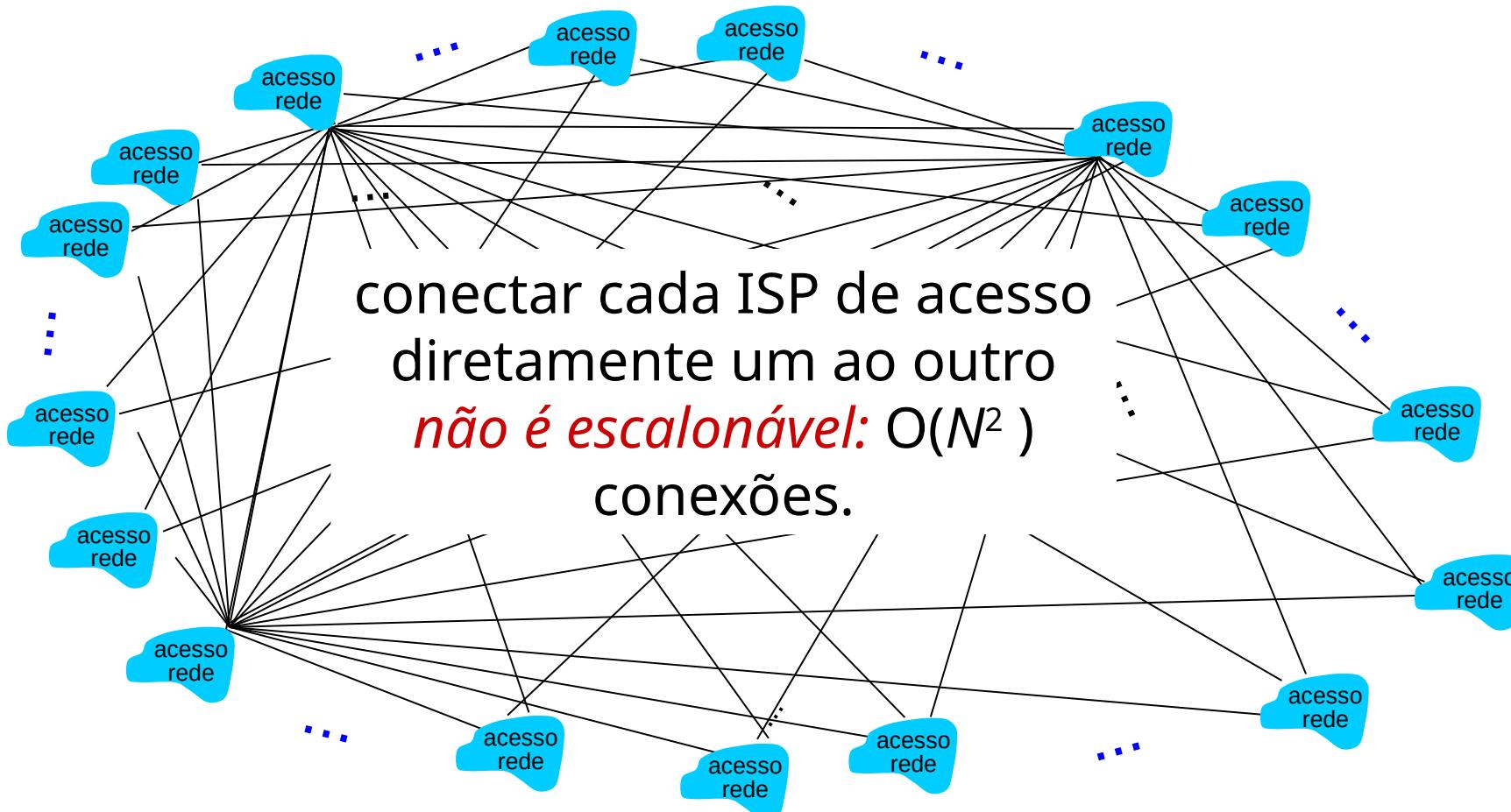
Visão da Internet: uma "rede de redes"

Pergunta: considerando *milhões* de ISPs de acesso, como conectá-los entre si?



Visão da Internet: uma "rede de redes"

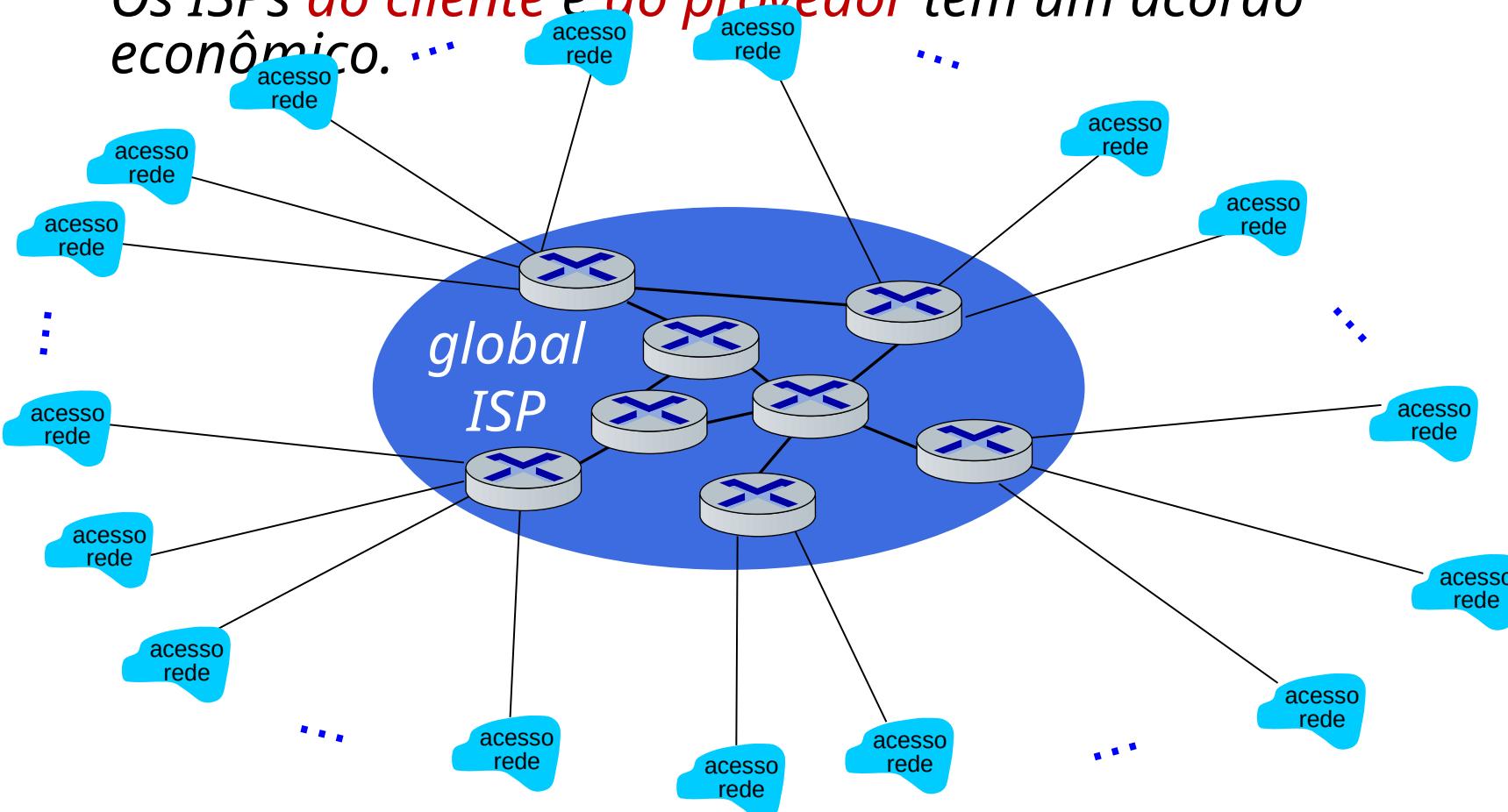
Pergunta: considerando *milhões* de ISPs de acesso, como conectá-los entre si?



Visão da Internet: uma "rede de redes"

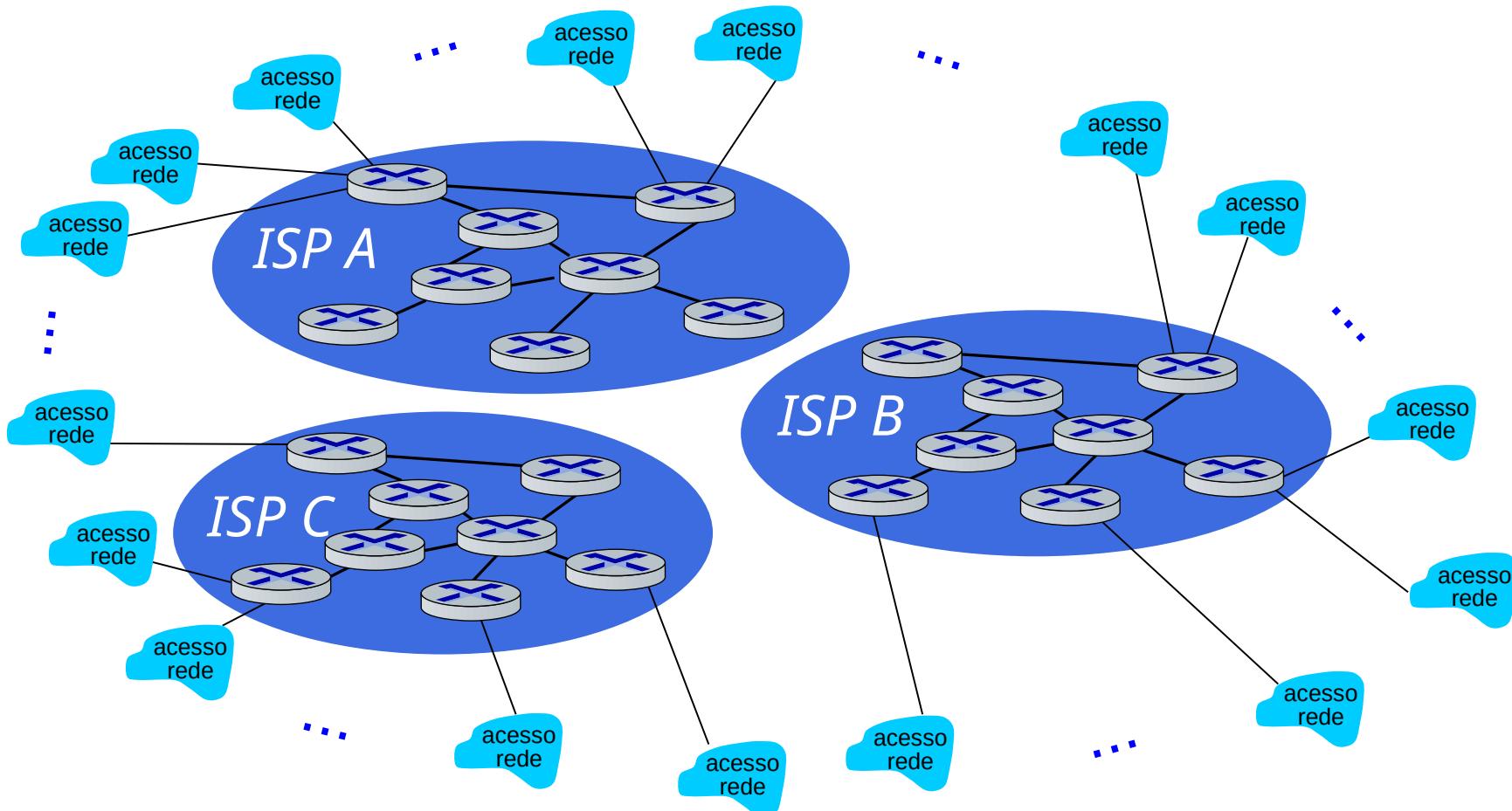
Opção: conectar cada ISP de acesso a um ISP de trânsito global?

Os ISPs do cliente e do provedor têm um acordo econômico.



Visão da Internet: uma "rede de redes"

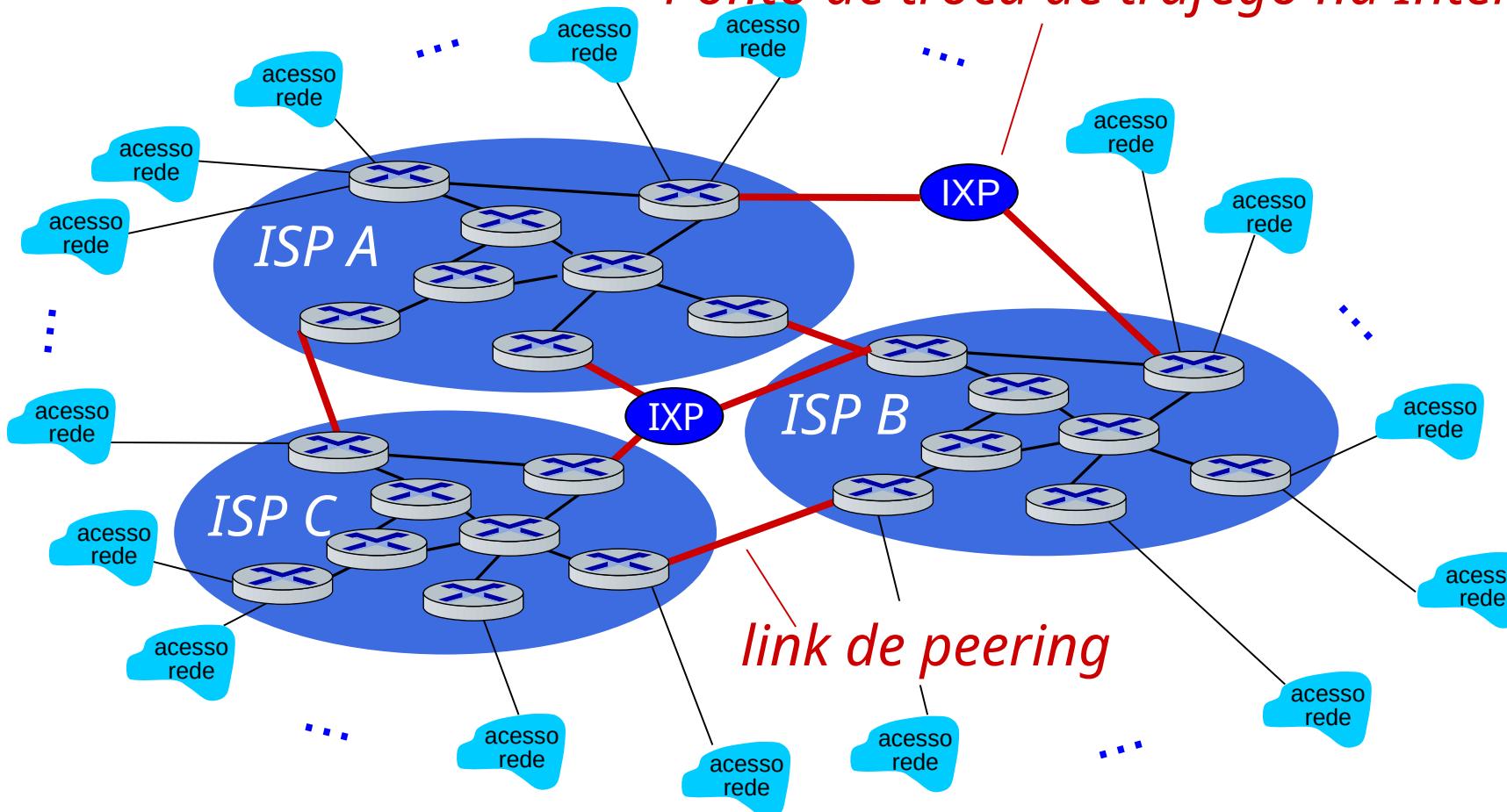
Mas se um ISP global for um negócio viável, haverá concorrentes



Visão da Internet: uma "rede de redes"

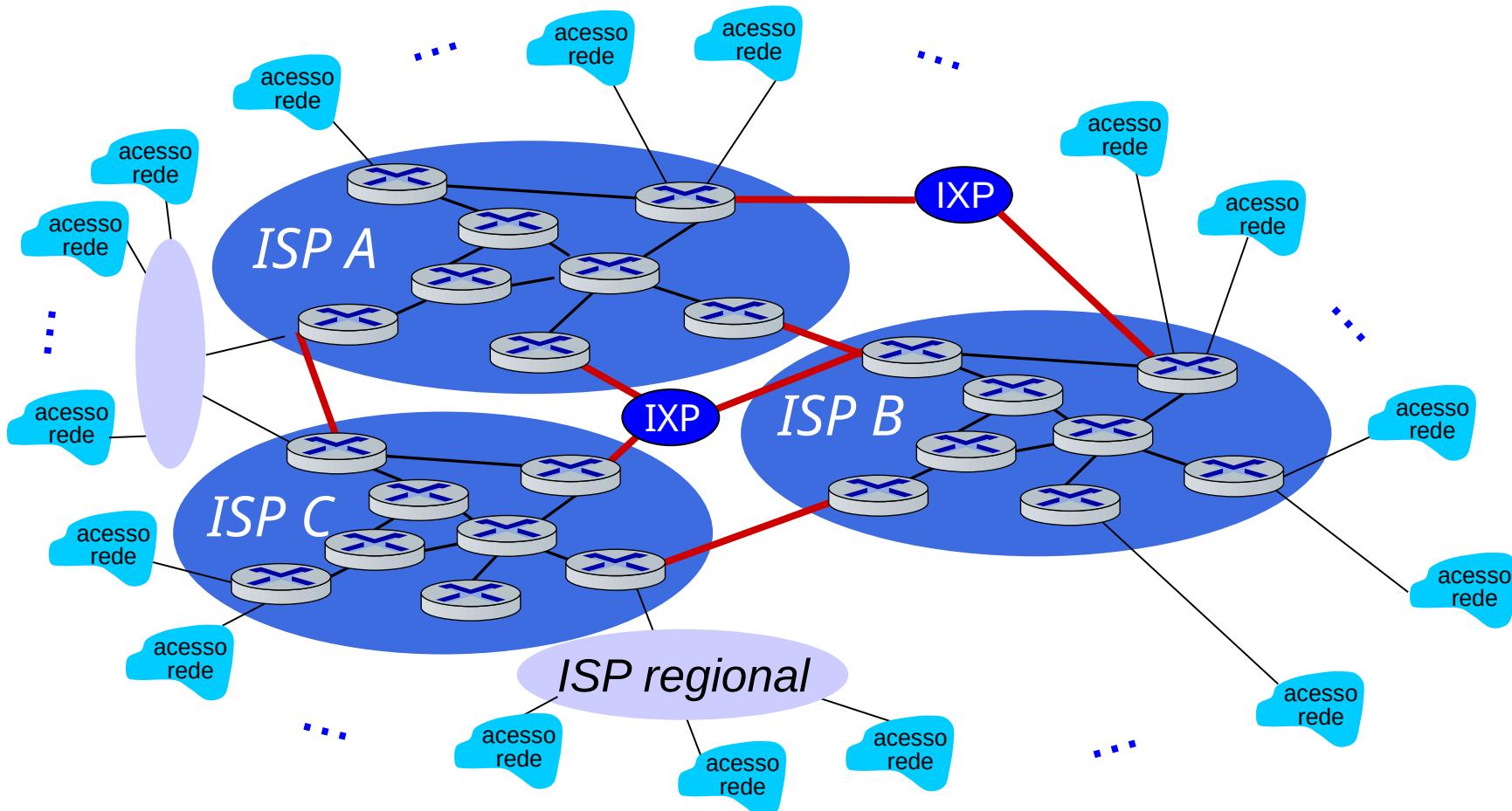
Mas se um ISP global for um negócio viável, haverá concorrentes que desejarão se conectar

Ponto de troca de tráfego na Internet



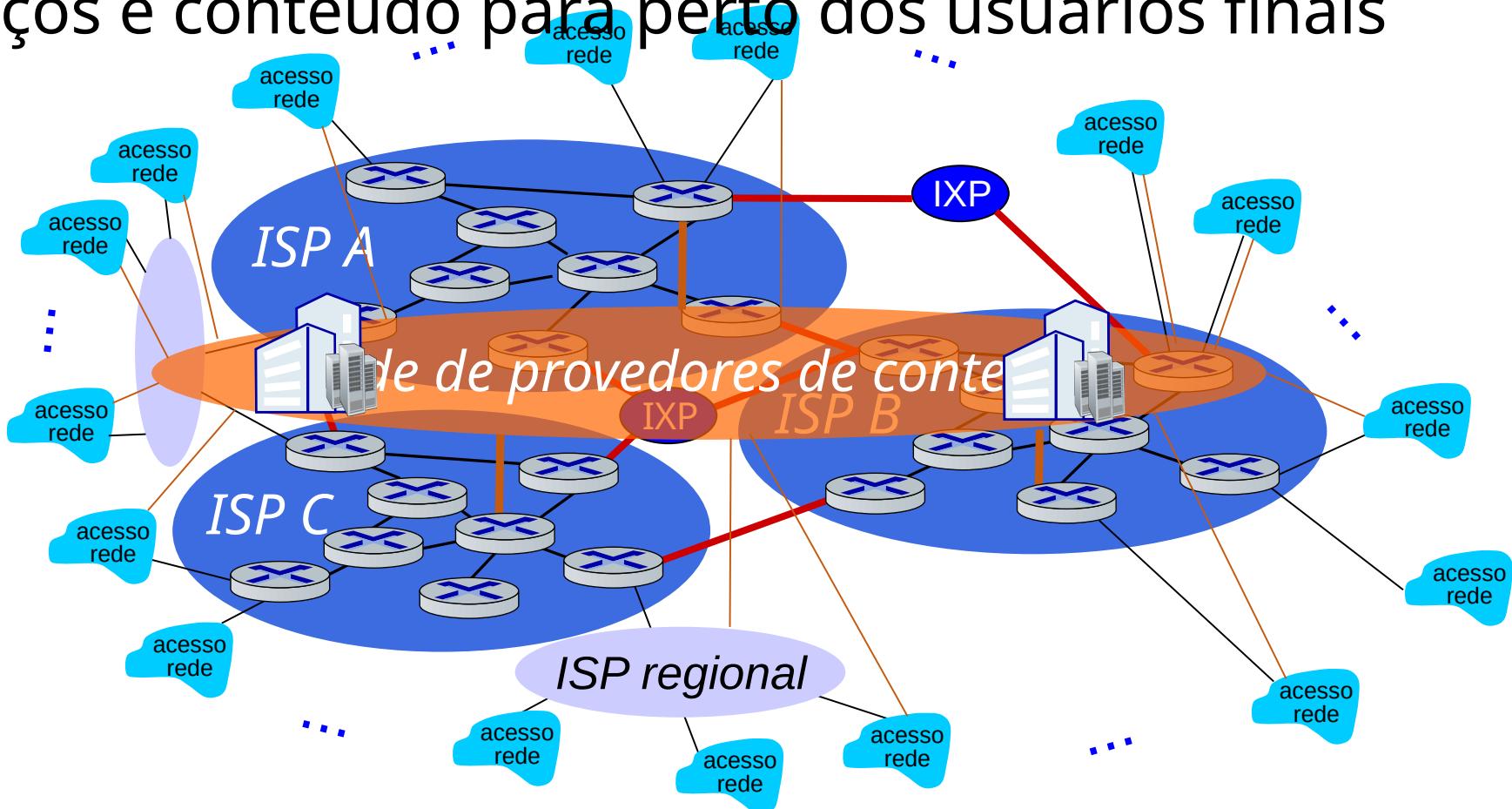
Visão da Internet: uma "rede de redes"

... e podem surgir redes regionais para conectar as redes de acesso aos ISPs

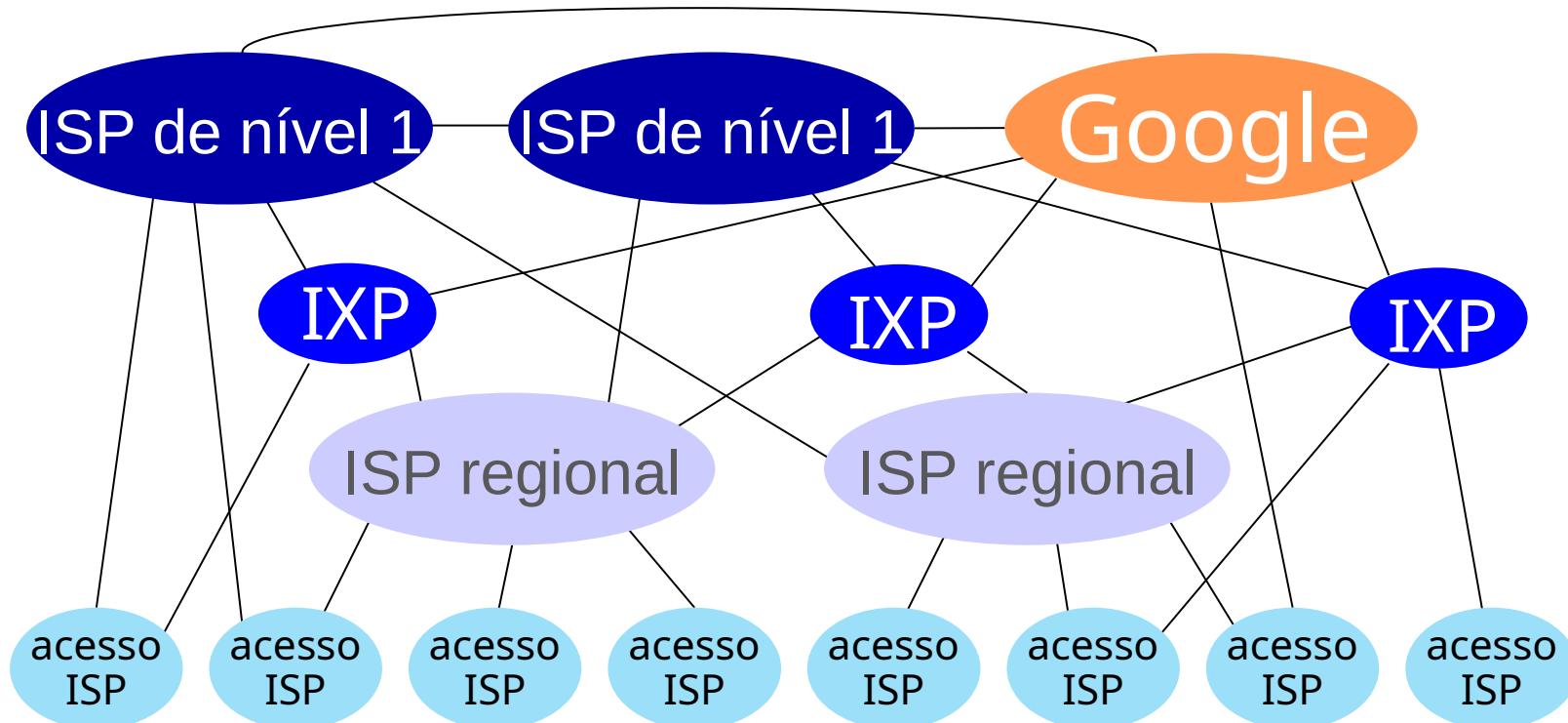


Visão da Internet: uma "rede de redes"

... e as redes de provedores de conteúdo (por exemplo, Google, Microsoft, Akamai) podem executar sua própria rede para levar serviços e conteúdo para perto dos usuários finais



Visão da Internet: uma "rede de redes"

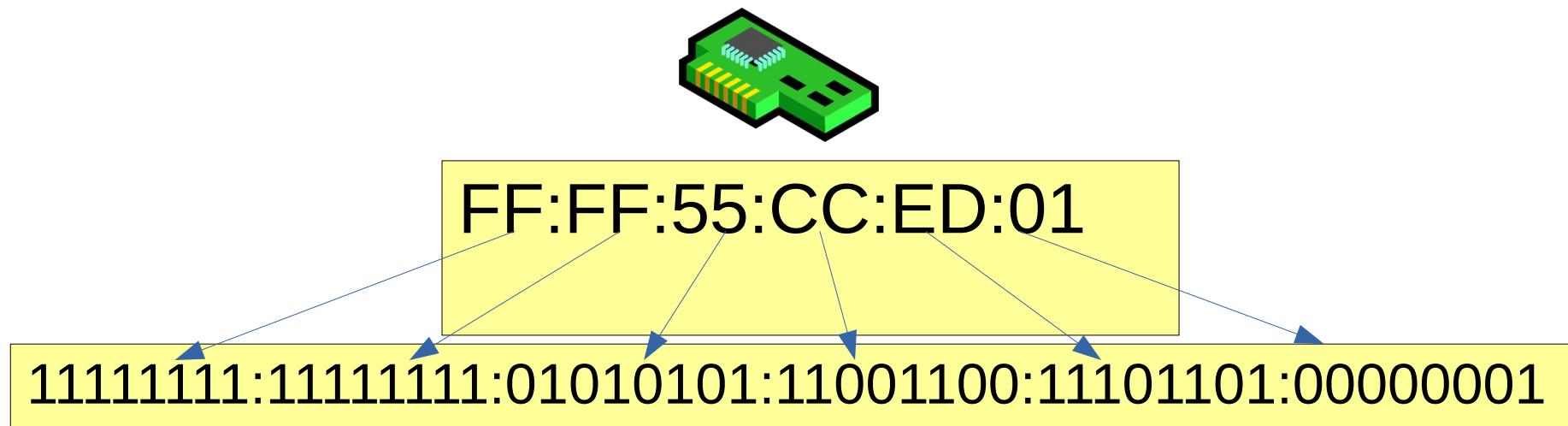


No "centro": um pequeno número de grandes redes bem conectadas

- **ISPs comerciais de "nível 1"** (por exemplo, Level 3, Sprint, AT&T, NTT), cobertura nacional e internacional
- **redes de provedores de conteúdo** (por exemplo, Google, Facebook): rede privada que conecta seus data centers à Internet, geralmente ignorando ISPs regionais de nível 1

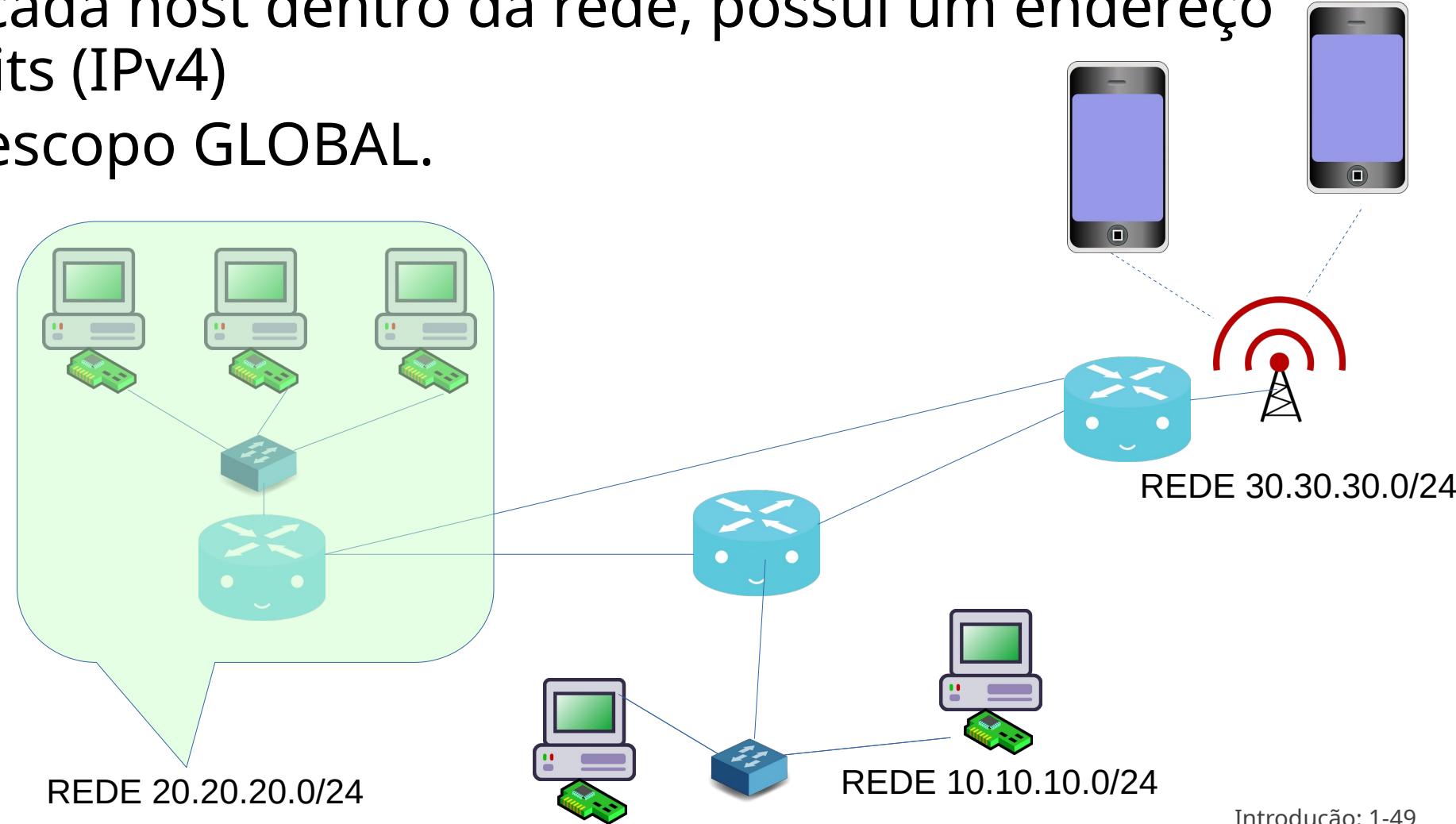
Endereçamento: Hardware

- Depende da Tecnologia: exemplo ETHERNET (tecnologia dominante HOJE para redes multiponto – LANs)
- Cada placa ETHERNET possui um endereço, gravado no chip, de 6 bytes (endereço MAC) ÚNICO.
- Endereço válido somente na rede local.



Endereçamento: IP

- Independente da Tecnologia
- Cada rede, e cada host dentro da rede, possui um endereço único de 32 bits (IPv4)
- Endereço de escopo GLOBAL.



Endereçamento: Processo

- Cada par de processos entre o host local e o remoto, possuem sockets que os diferenciam dos demais processos executando no mesmo host.
- Os sockets usam os números de portas.



Porta de origem: 12537
Porta de destino: 80

Porta de origem: 55437
Porta de destino: 80

Porta de origem: 27543
Porta de destino: 80

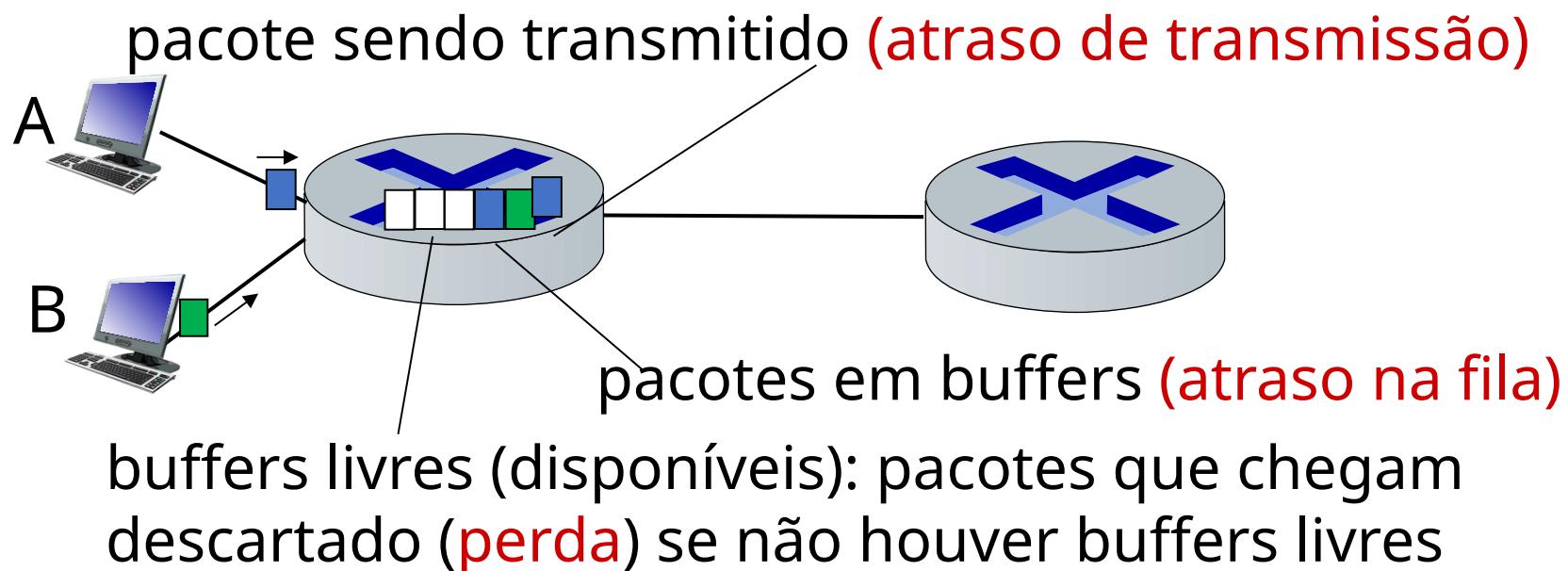
Capítulo 1: roteiro

- O que é a Internet?
- O que é um protocolo?
- Borda da rede: hosts, rede de acesso, mídia física
- Núcleo da rede: comutação de pacotes/circuitos, quadro da Internet
- Desempenho: perda, atraso, taxa de transferência
- Segurança
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- Histórico

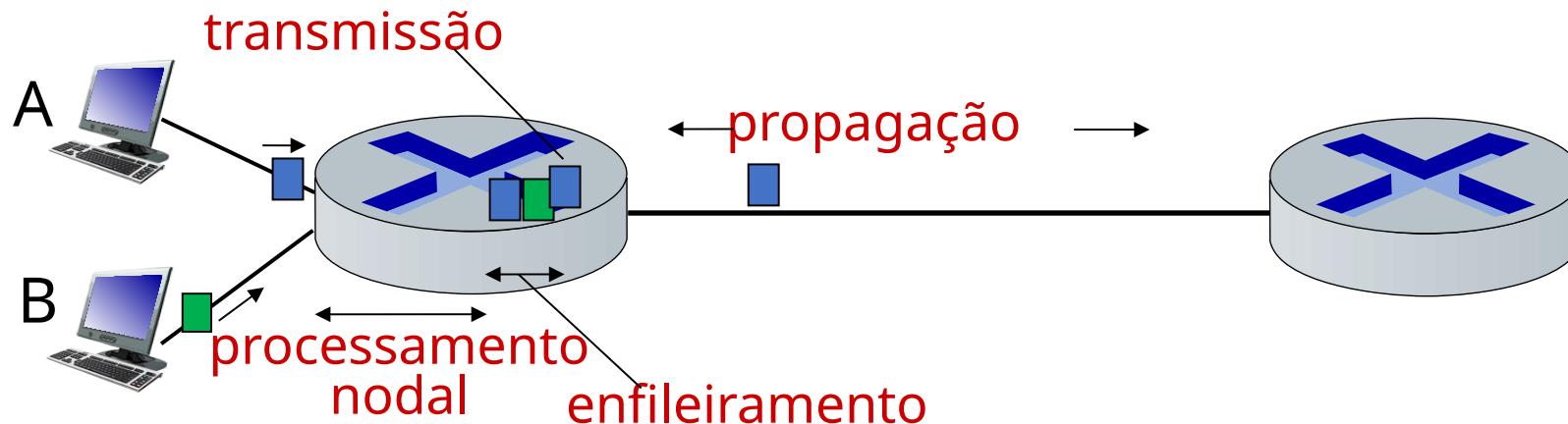


Como ocorrem o atraso e a perda de pacotes?

- os pacotes *são enfileirados* nos buffers do roteador, aguardando a vez de serem transmitidos
 - o comprimento da fila aumenta quando a taxa de chegada ao link (temporariamente) excede a capacidade do link de saída
- a perda de* pacotes ocorre quando a memória para armazenar os pacotes enfileirados fica cheia



Atraso do pacote: quatro fontes



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

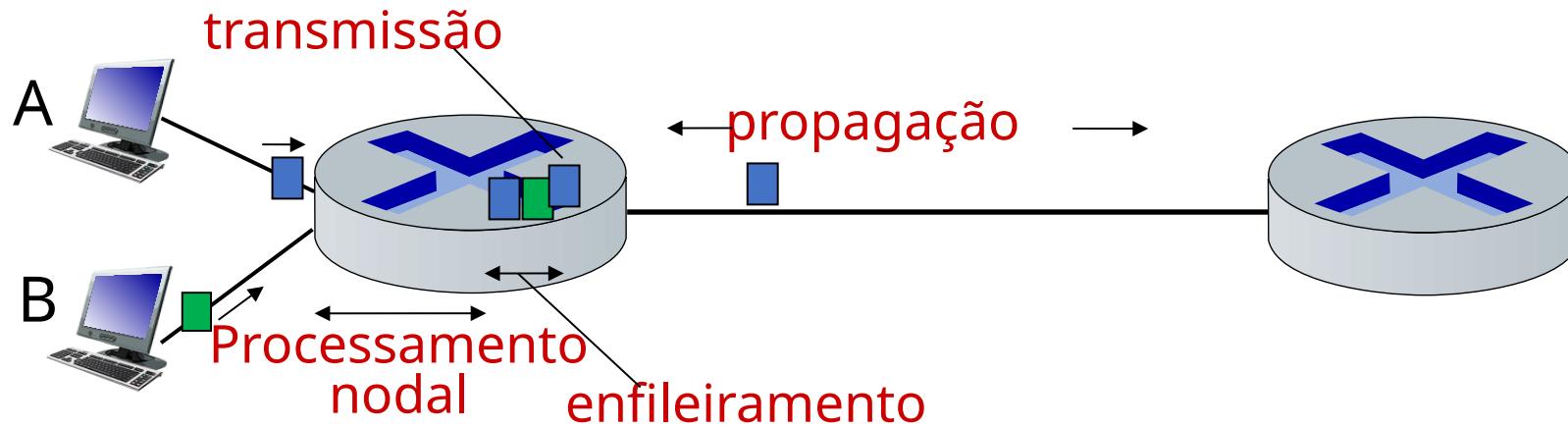
d_{proc} : processamento
nodal

- verificar erros de bit
- determinar o link de saída
- normalmente < microssegundos

d_{queue} : atraso na fila

- tempo de espera no link de saída para transmissão
- depende do nível de congestionamento do roteador

Atraso do pacote: quatro fontes



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

d_{trans} : atraso na transmissão:

- L : comprimento do pacote (bits)
- R : taxa de transmissão do link (bps)

$$\boxed{d_{\text{trans}} = L/R}$$

d_{prop} : atraso de propagação:

- d : comprimento do link físico
- s : velocidade de propagação ($\sim 2 \times 10^8$ m/s)

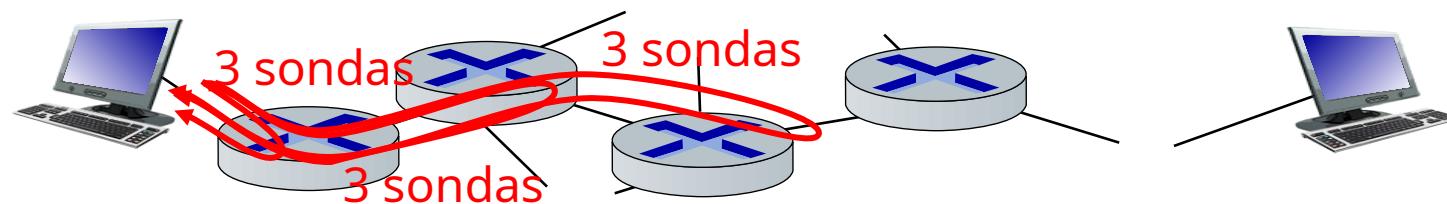
$$\boxed{d_{\text{prop}} = d/s}$$

d_{trans} e d_{prop}

muito
diferentes

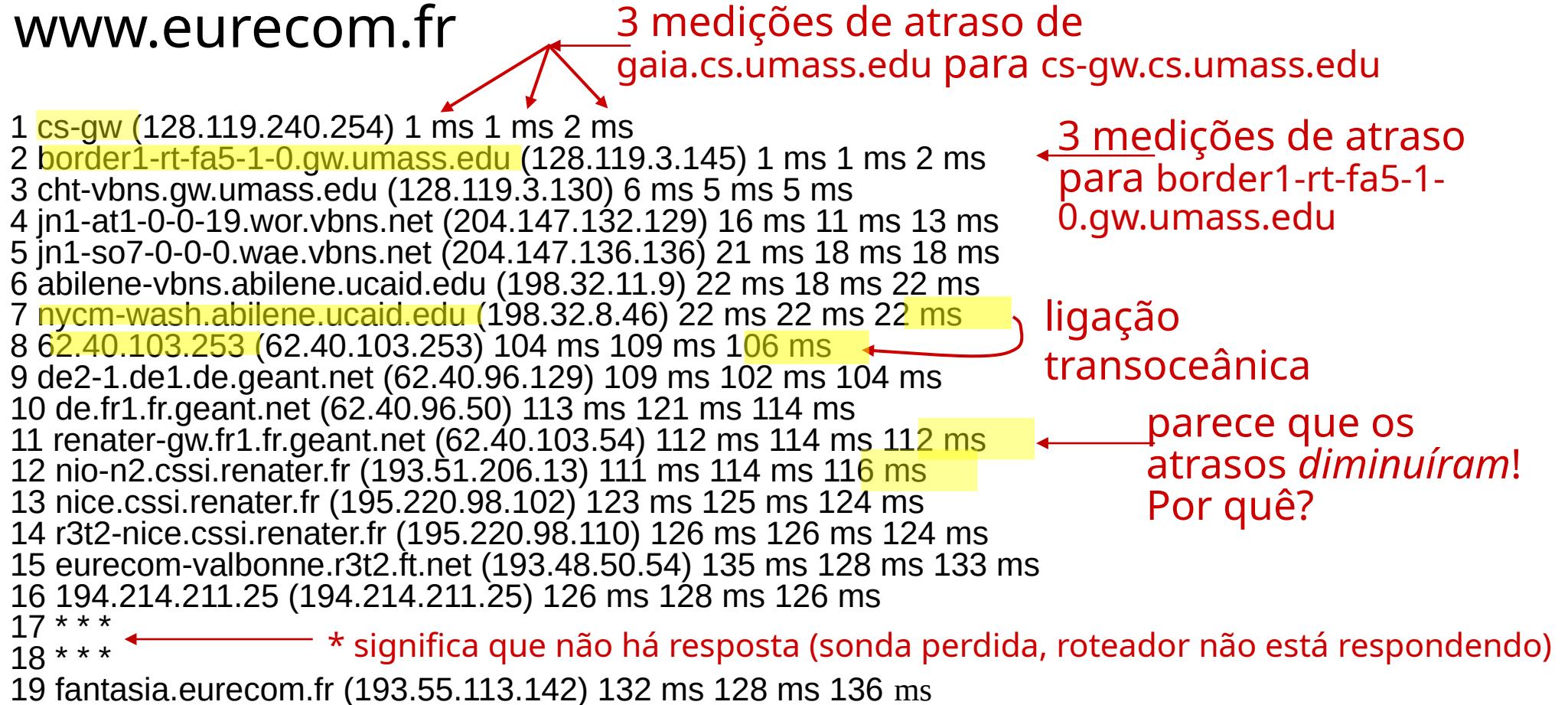
Atrasos e rotas "reais" da Internet

- Como são os atrasos e as perdas "reais" na Internet?
- Programa **traceroute**: fornece medição de atraso da origem ao roteador ao longo do caminho final da Internet até o destino. Para todos os i :
 - envia três pacotes que chegarão ao roteador i no caminho para o destino (com o valor do campo time-to-live de i)
 - roteador i devolverá os pacotes ao remetente
 - O remetente mede o intervalo de tempo entre a transmissão e a resposta



Atrasos e rotas reais da Internet

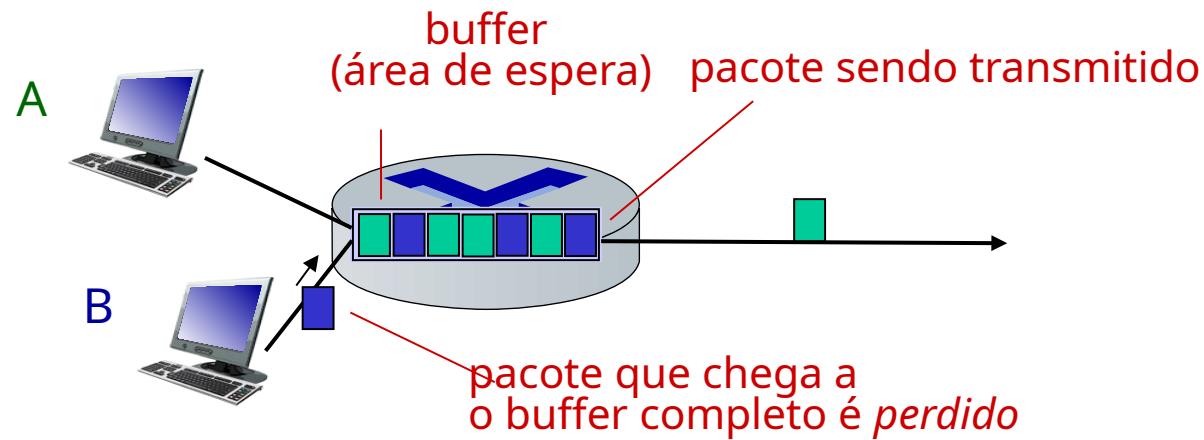
traceroute: gaia.cs.umass.edu para
www.eurecom.fr



* Faça alguns traceroutes de países exóticos em www.traceroute.org

Perda de pacotes

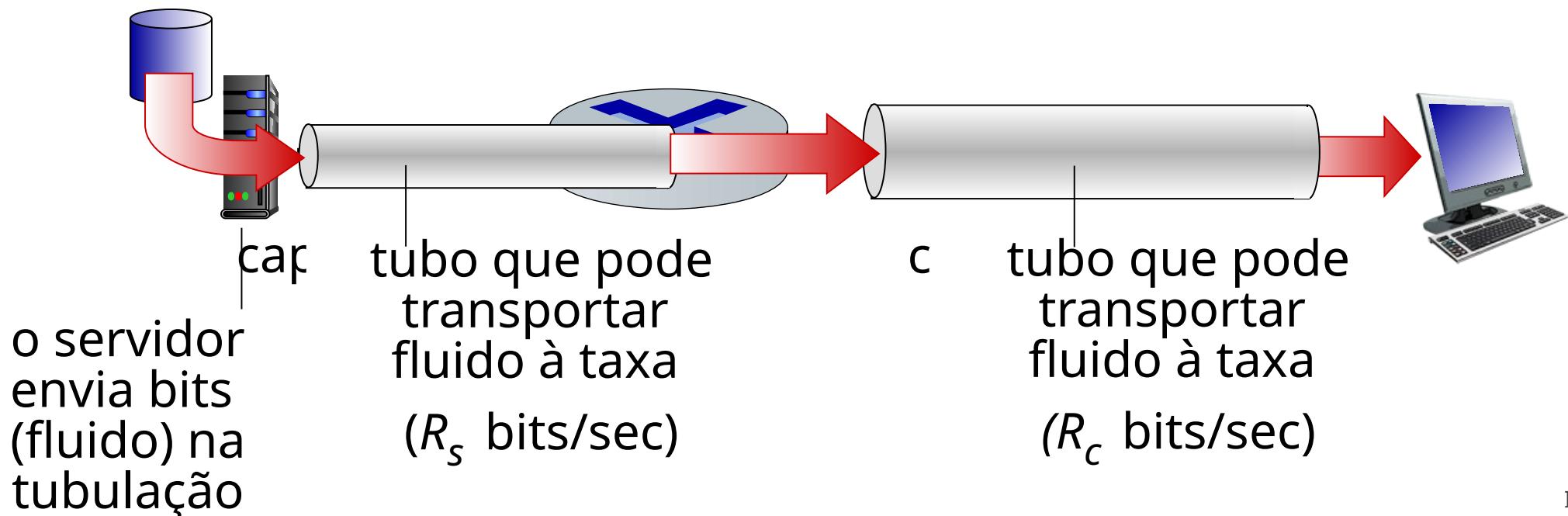
- fila (também conhecida como buffer) o link anterior no buffer tem capacidade finita
- o pacote que chega à fila cheia é descartado (também conhecido como perdido)
- o pacote perdido pode ser retransmitido pelo nó anterior, pelo sistema final de origem ou não ser retransmitido



* Confira o applet Java para uma animação interativa (no site do editor) sobre filas e perdas

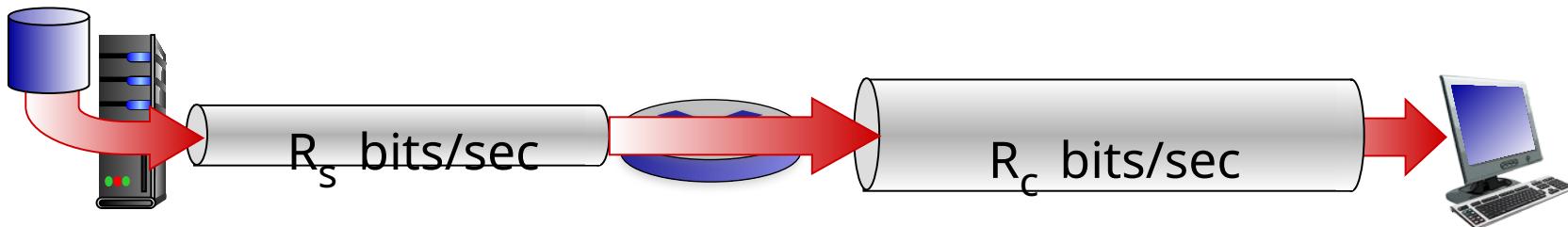
Taxa de transferência

- taxa de *transferência*: taxa (bits/unidade de tempo) na qual os bits estão sendo enviados do remetente para o receptor
 - *instantânea*: taxa em um determinado momento
 - *média*: taxa durante um longo período de tempo

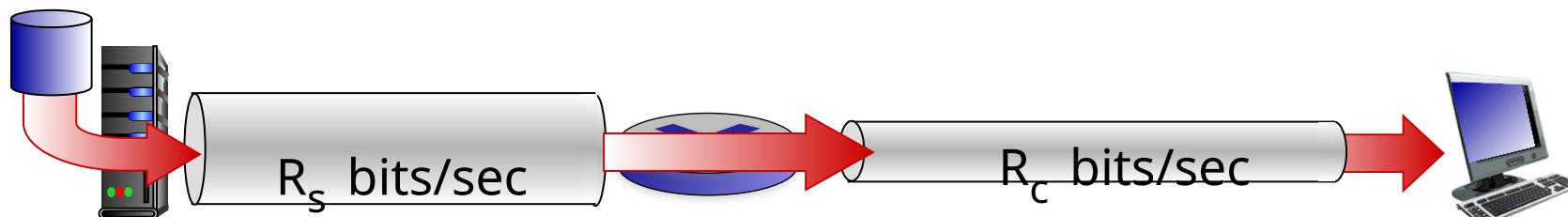


Taxa de transferência

$R_s < R_c$ Qual é a taxa de transferência média de fim de linha?



$R_s > R_c$ Qual é a taxa de transferência média de fim de linha?



link de gargalo

link no caminho final que limita a taxa de transferência final

Capítulo 1: roteiro

- O que é a Internet?
- O que é um protocolo?
- Borda da rede: hosts, rede de acesso, mídia física
- Núcleo da rede: comutação de pacotes/circuitos, quadro da Internet
- Desempenho: perda, atraso, taxa de transferência
- **Segurança**
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- Histórico



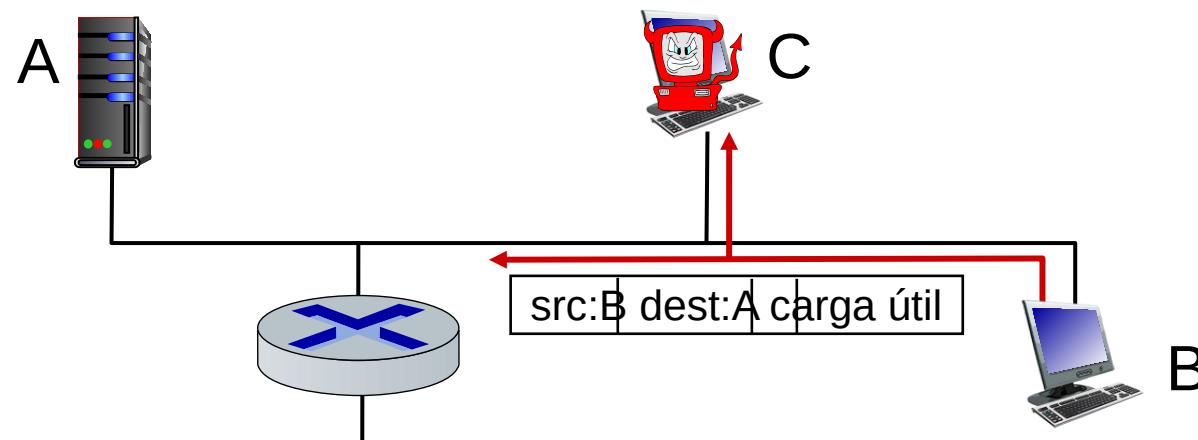
Segurança de rede

- A Internet não foi projetada originalmente com (muita) segurança em mente
 - *visão original*: "um grupo de usuários que confiam mutuamente e estão ligados a uma rede transparente" ☐
 - Os projetistas de protocolos da Internet estão tentando "recuperar o atraso"
 - considerações de segurança em todas as camadas!
- Agora precisamos pensar sobre isso:
 - como os bandidos podem atacar as redes de computadores
 - como podemos defender as redes contra ataques
 - como projetar arquiteturas imunes a ataques

Vilões: interceptação de pacotes

pacote "sniffing":

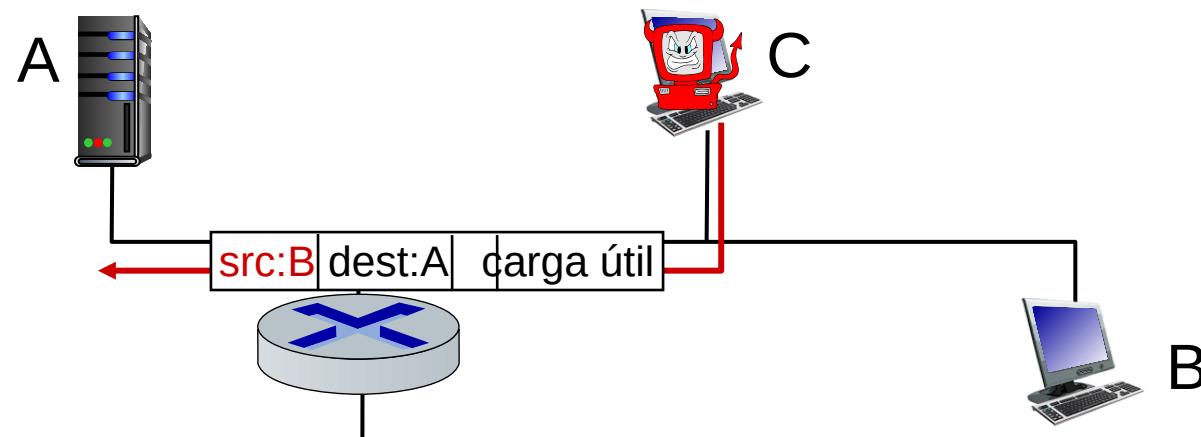
- mídia de transmissão (Ethernet compartilhada, sem fio)
- a interface de rede promíscua lê/registra todos os pacotes (por exemplo, incluindo senhas!) que passam por ela



O software Wireshark, usado em nossos laboratórios de final de capítulo, é um farejador de pacotes (gratuito)

Vilões: identidade falsa

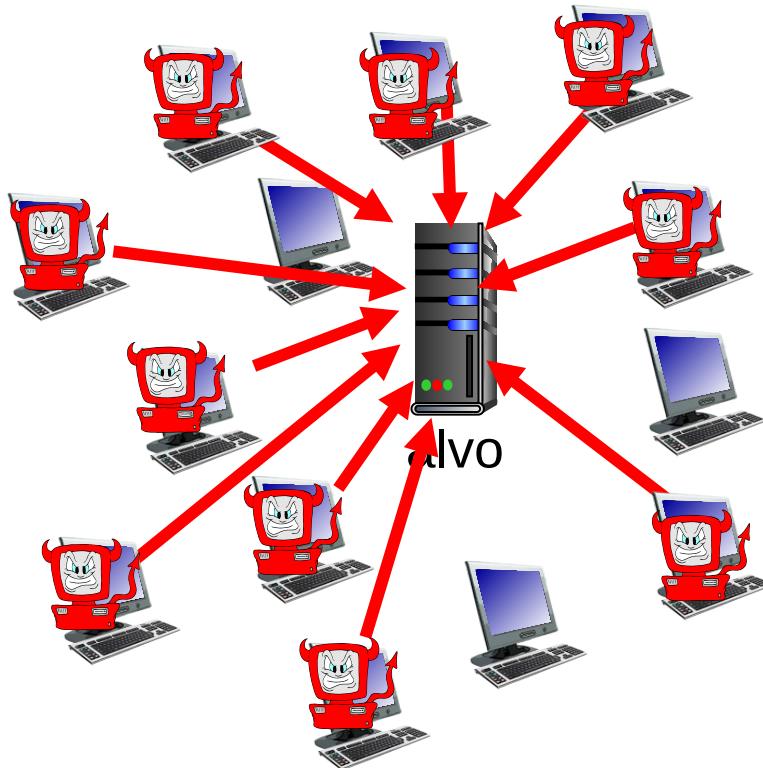
IP spoofing: injeção de pacote com endereço de origem falso



Bandidos: negação de serviço

Negação de serviço (DoS): os invasores tornam os recursos (servidor, largura de banda) indisponíveis para o tráfego legítimo ao sobrecarregar o recurso com tráfego falso

1. selecione o alvo
2. invadir hosts na rede (consulte botnet)
3. enviar pacotes para o alvo a partir de hosts comprometidos



Linhas de defesa:

- **autenticação:** provando que você é quem diz ser
 - as redes celulares fornecem identidade de hardware por meio do cartão SIM; esse tipo de hardware não ajuda na Internet tradicional
- **confidencialidade:** por meio de criptografia
- **verificações de integridade:** as assinaturas digitais evitam/detectam adulterações
- **restrições de acesso:** VPNs protegidas por senha
- **firewalls:** "middleboxes" especializados em redes de acesso e centrais:
 - off-by-default: filtra pacotes de entrada para restringir remetentes, receptores e aplicações
 - detecção/reação a ataques DOS

... muito mais sobre segurança (em todo o Capítulo 8)

Capítulo 1: roteiro

- O que é a Internet?
- O que é um protocolo?
- Borda da rede: hosts, rede de acesso, mídia física
- Núcleo da rede: comutação de pacotes/circuitos, quadro da Internet
- Desempenho: perda, atraso, taxa de transferência
- Segurança
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- Histórico



"Camadas" de protocolo e modelos de referência

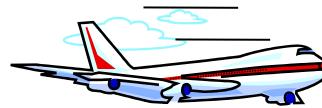
As redes são complexas, com muitas "peças":

- hosts
- roteadores
- links de várias mídias
- aplicações
- protocolos
- hardware, software

Pergunta: há alguma esperança de *organizar* a quadro da rede?

- e/ou nossa *discussão* sobre redes?

Exemplo: organização de viagens aéreas



transferência de ponta a ponta de pessoa e bagagem

bilhete (compra)

Bagagem (check)

portões (carga)

decolagem na pista

roteamento de avião

ticket (reclamação)

bagagem (reivindicação)

portões (descarregamento)

aterrissagem na pista

roteamento de avião

roteamento de avião

Como você *definiria/discutiria* o sistema de viagens aéreas?

- uma série de etapas, envolvendo muitos serviços

Exemplo: organização de viagens aéreas

bilhete (compra)	<i>serviço de emissão de bilhetes</i>	ticket (reclamação)
Bagagem (check)	<i>serviço de bagagem</i>	bagagem (retirada)
portões (carga)	<i>serviço de portão</i>	portões (descarga)
decolagem na pista	<i>serviço de pista</i>	aterrissagem na pista
roteamento de aviã	<i>serviço de roteamento</i>	roteamento de avião

camadas: cada camada implementa um serviço
por meio de suas próprias ações de camada interna
depender de serviços fornecidos pela camada abaixo

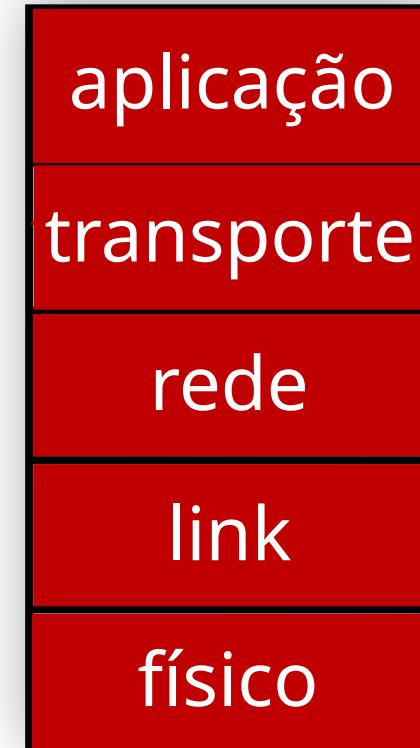
Por que usar camadas?

Abordagem para projetar/discutir sistemas complexos:

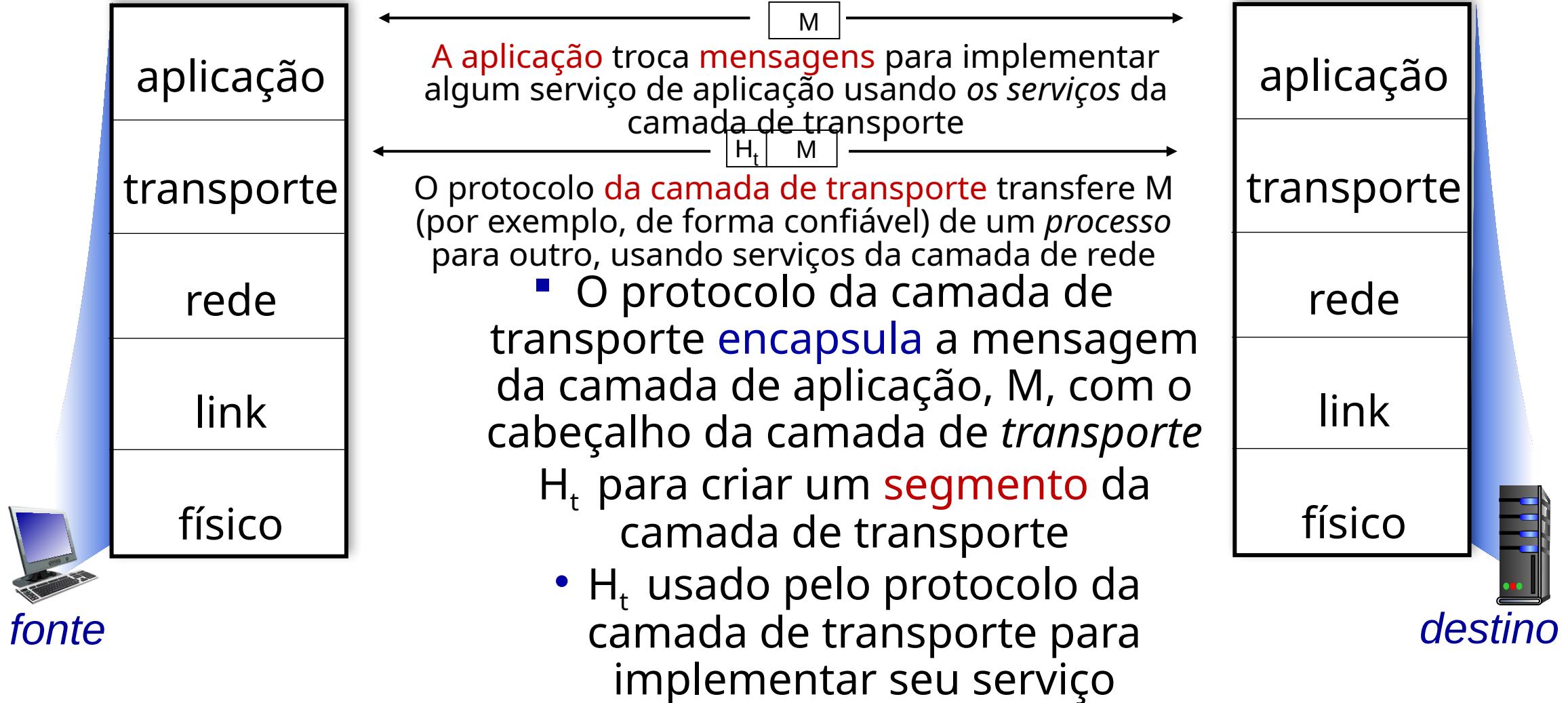
- A quadro explícita permite a identificação e o relacionamento das partes do sistema
 - *modelo de referência* em camadas para discussão
- a modularização facilita a manutenção e a atualização do sistema
 - alteração na *implementação* do serviço da camada: transparente para o restante do sistema
 - Por exemplo, a alteração no procedimento do portão não afeta o restante do sistema

Pilha de protocolos da Internet em camadas

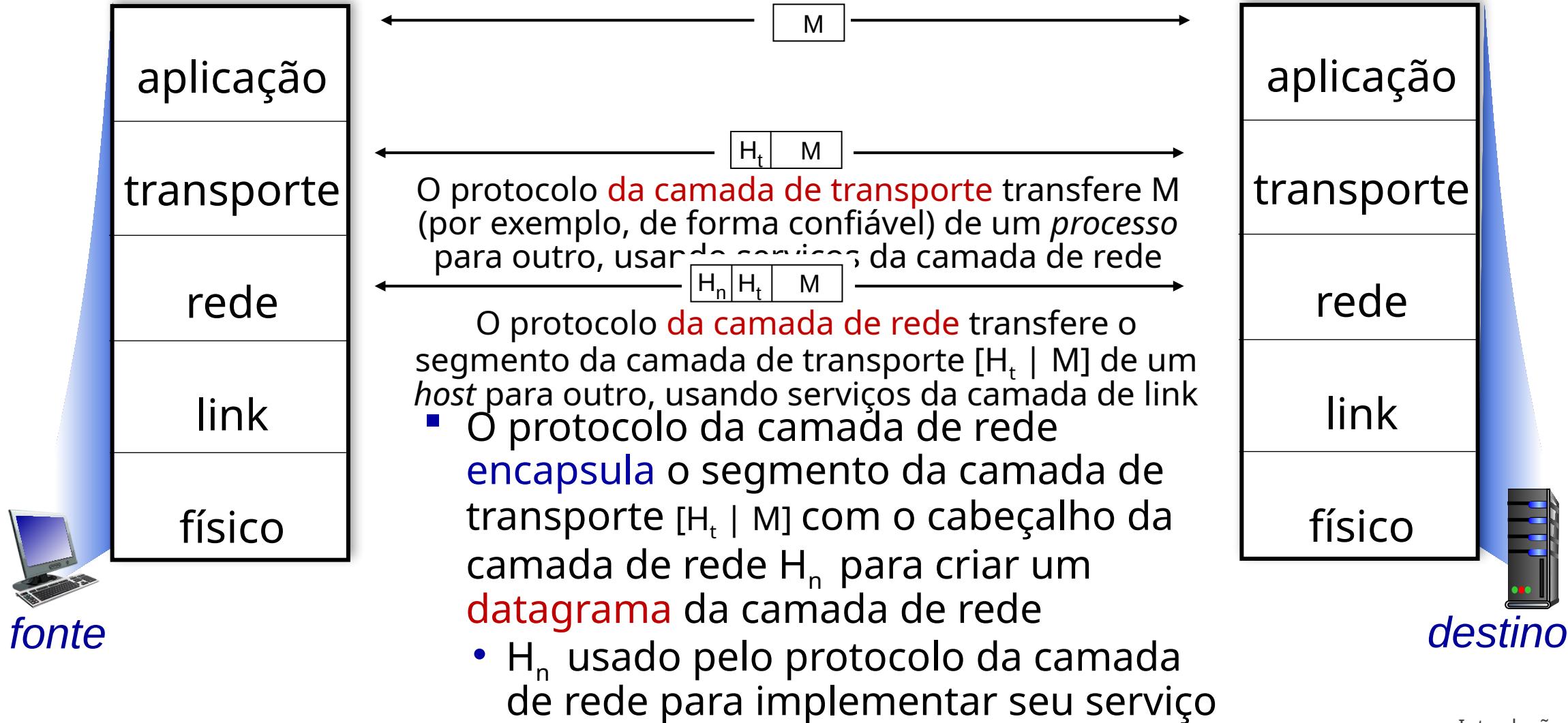
- *Aplicação*: suporte a aplicações de rede
 - HTTP, IMAP, SMTP, DNS
- *transporte*: transferência de dados processo-processo
 - TCP, UDP
- *rede*: roteamento de datagramas da origem ao destino
 - IP, protocolos de roteamento
- *link*: transferência de dados entre elementos de rede vizinhos
 - Ethernet, 802.11 (WiFi), PPP
- *físico*: bits "no fio"



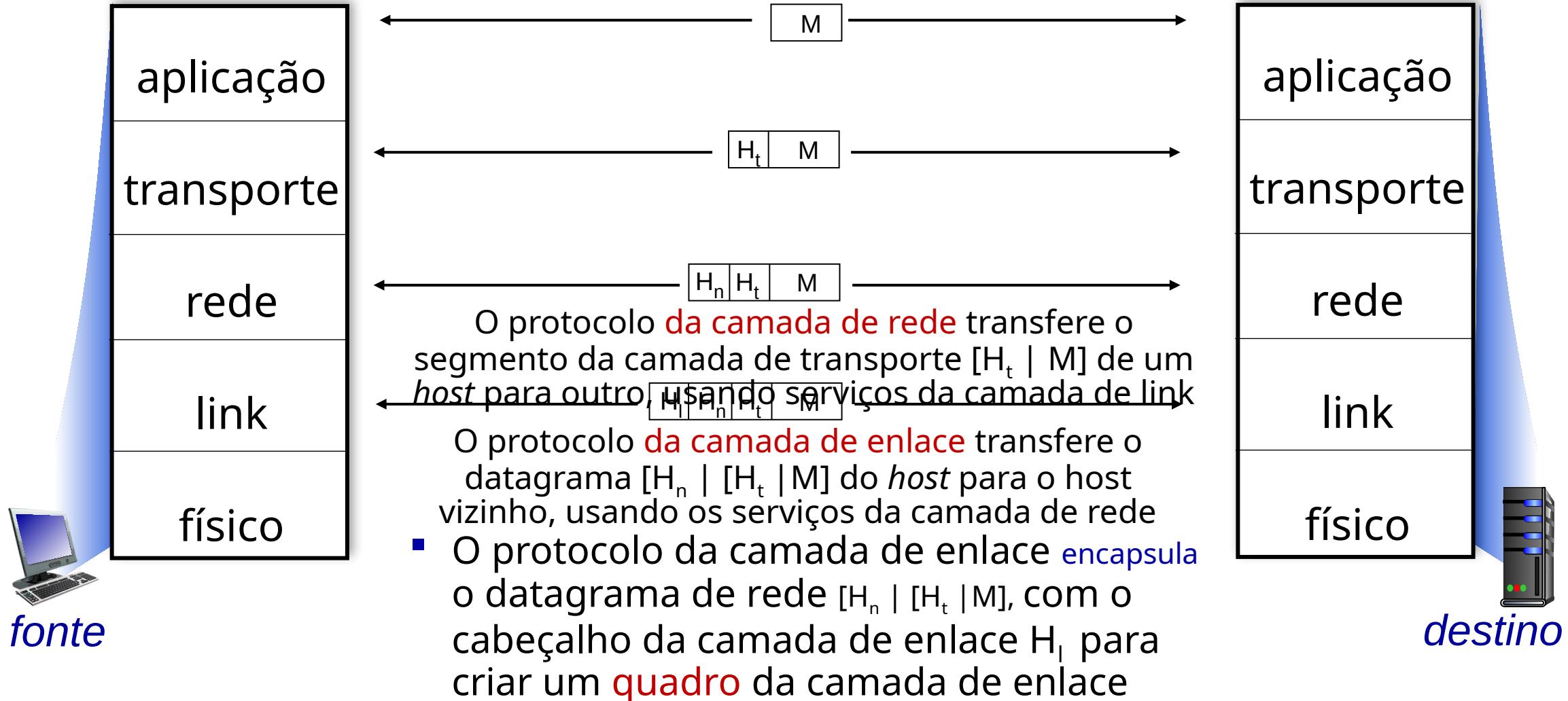
Serviços, camadas e encapsulamento



Serviços, camadas e encapsulamento

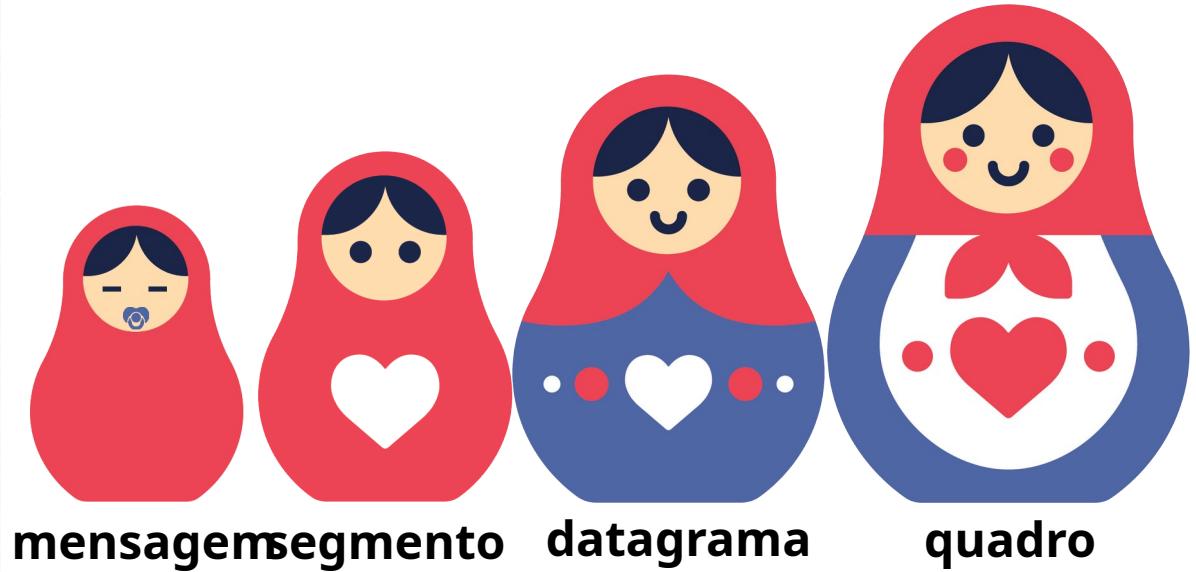


Serviços, camadas e encapsulamento

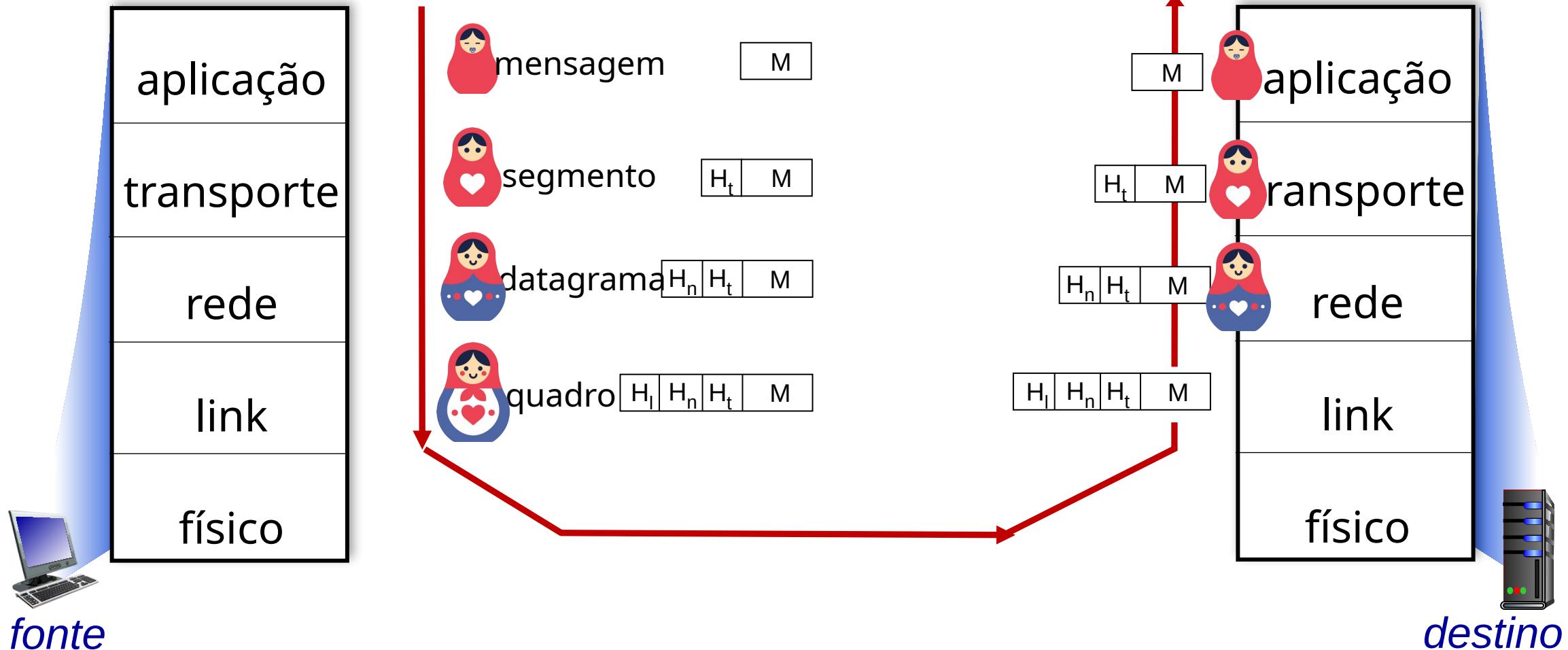


Encapsulamento

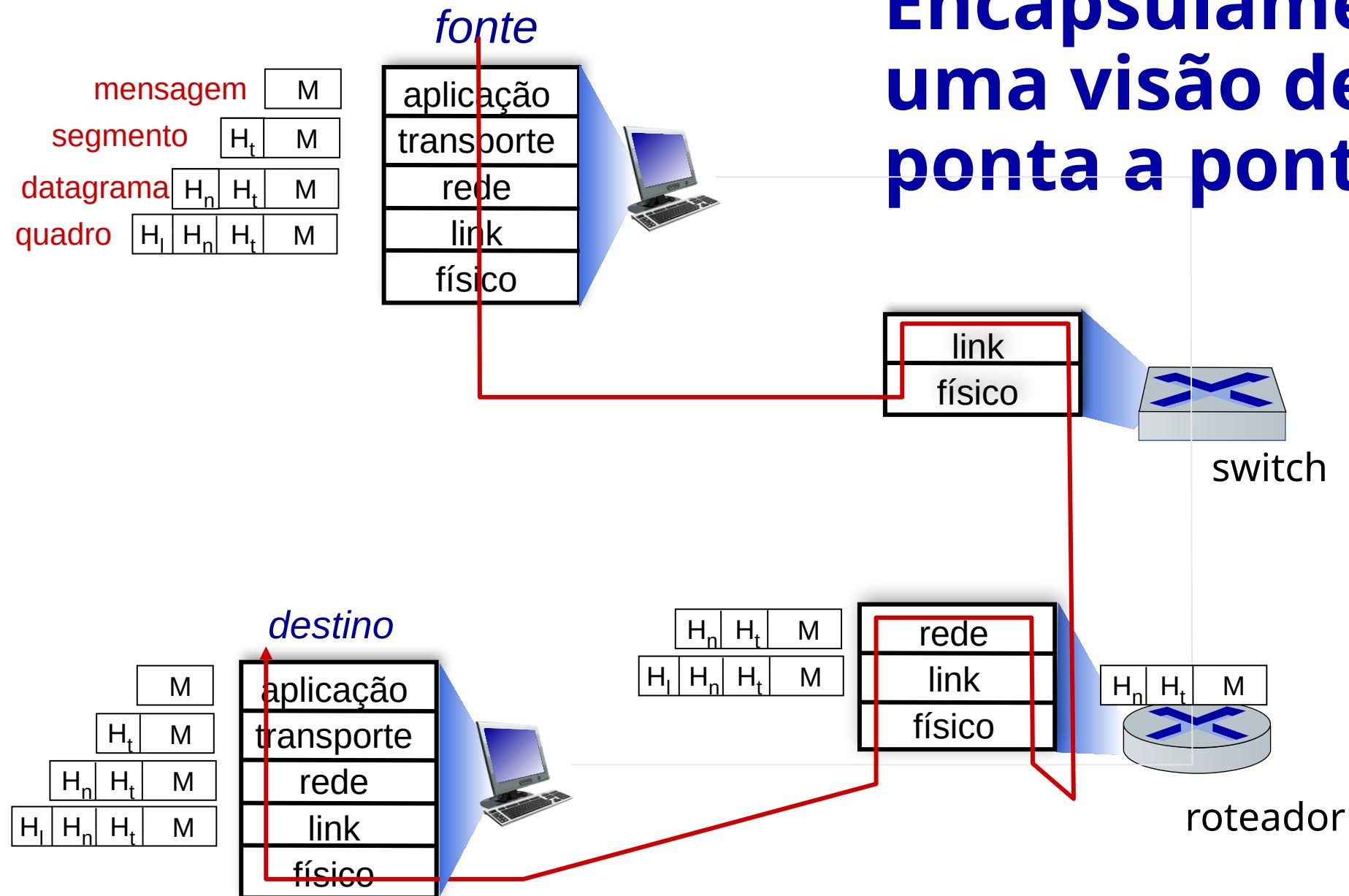
Bonecas Matryoshka (bonecas empilhadas)



Serviços, camadas e encapsulamento



Encapsulamento: uma visão de ponta a ponta



Capítulo 1: roteiro

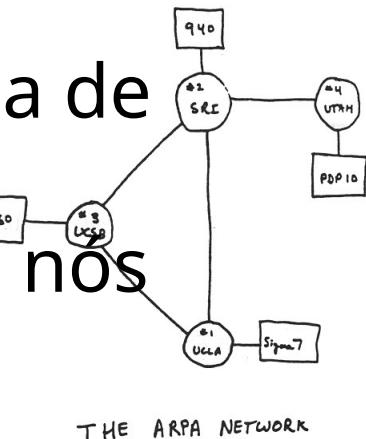
- O que é a Internet?
- O que é um protocolo?
- Borda da rede: hosts, rede de acesso, mídia física
- Núcleo da rede: comutação de pacotes/circuitos, quadro da Internet
- Desempenho: perda, atraso, taxa de transferência
- Segurança
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- Histórico



Histórico da Internet

1961-1972: Princípios iniciais de comutação de pacotes

- 1961: Kleinrock - a teoria das filas mostra a eficácia da comutação de pacotes
 - 1964: Baran - comutação de pacotes em redes militares
 - 1967: ARPAnet concebida pela Agência de Projetos de Pesquisa Avançada
 - 1969: primeiro nó da ARPAnet em operação
- 1972:
 - Demonstração pública da ARPAnet
 - NCP (Network Control Protocol) primeiro protocolo host-host
 - primeiro programa de correio eletrônico
 - A ARPAnet tem 15 nós



Histórico da Internet

1972-1980: Internetworking, redes novas e proprietárias

- 1970: Rede de satélites ALOHAnet no Havaí
- 1974: Cerf e Kahn - arquitetura para redes de interconexão
- 1976: Ethernet no Xerox PARC
- final da década de 70: arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- 1979: A ARPAnet tem 200 nós

Os princípios de internetworking de Cerf e Kahn:

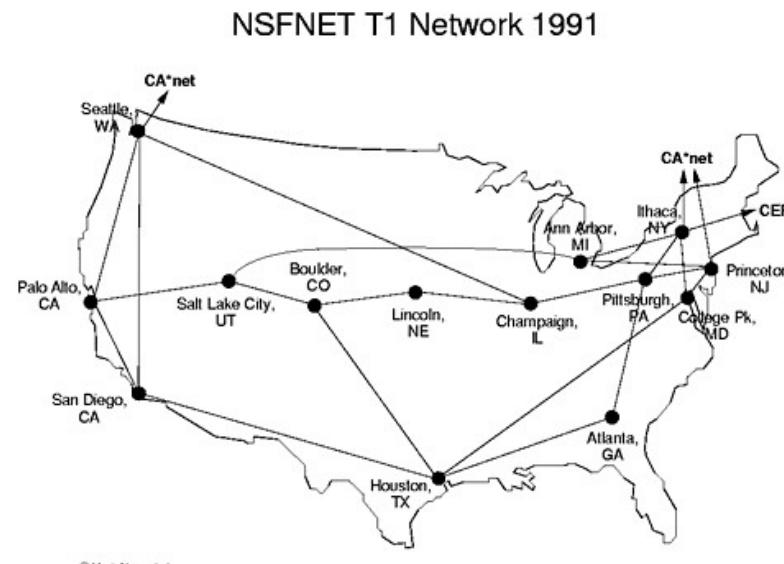
- minimalismo, autonomia - não são necessárias mudanças internas para interconectar redes
- modelo de serviço de melhor esforço
- roteamento sem estado
- controle descentralizado

definir a arquitetura atual da Internet

Histórico da Internet

1980-1990: novos protocolos, uma proliferação de redes

- 1983: implantação do TCP/IP
- 1982: protocolo de e-mail smtp definido
- 1983: DNS definido para tradução de nome para endereço IP
- 1985: protocolo ftp definido
- 1988: Controle de congestionamento TCP
- novas redes nacionais: CSnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100.000 hosts conectados à confederação de redes



Histórico da Internet

1990, anos 2000: comercialização, Web, novos aplicativos

- Início da década de 1990: A ARPAnet é desativada
 - 1991: A NSF suspende as restrições ao uso comercial da NSFnet (desativada em 1995)
 - Início da década de 1990: Web
 - hipertexto [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, mais tarde Netscape
 - Final da década de 1990: comercialização da Web
- Final da década de 1990 - anos 2000:
- mais aplicações matadores: mensagens instantâneas, compartilhamento de arquivos P2P
 - segurança de rede em primeiro plano
 - est. 50 milhões de hosts, mais de 100 milhões de usuários
 - links de backbone funcionando a Gbps

Histórico da Internet

2005 até o presente: escala, SDN, mobilidade, nuvem

- implantação agressiva de acesso doméstico em banda larga (10-100 Mbps)
- 2008: rede definida por software (SDN)
- crescente onipresença do acesso sem fio de alta velocidade: 4G/5G, WiFi
- os provedores de serviços (Google, FB, Microsoft) criam suas próprias redes
 - contornar a Internet comercial para se conectar "perto" do usuário final, fornecendo acesso "instantâneo" à mídia social, pesquisa, conteúdo de vídeo, ...
- as empresas executam seus serviços na "nuvem" (por exemplo, Amazon Web Services, Microsoft Azure)
- aumento dos smartphones: mais dispositivos móveis do que fixos na Internet (2017)
- ~15 bilhões de dispositivos conectados à Internet (2023, statista.com)

Capítulo 1: resumo

Cobrimos uma "tonelada" de material!

- Visão geral da Internet
- O que é um protocolo?
- borda da rede, rede de acesso, núcleo
 - comutação de pacotes versus comutação de circuitos
 - quadro da Internet
- desempenho: perda, atraso, taxa de transferência
- camadas, modelos de serviço
- segurança
- histórico

Agora você tem:

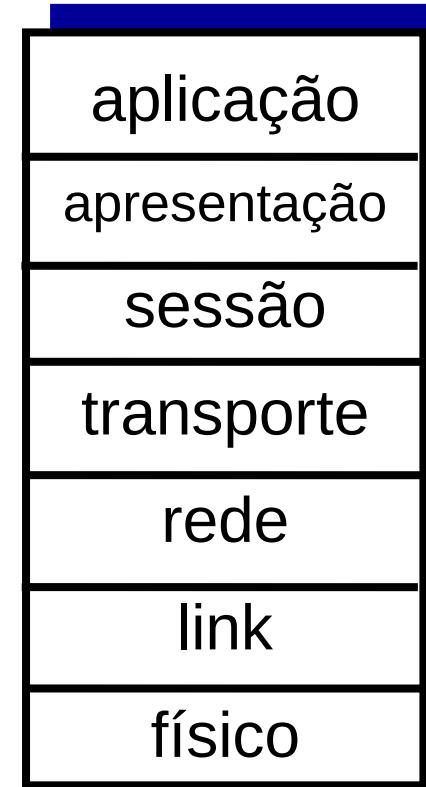
- contexto, visão geral, vocabulário, "sensação" de rede
- mais profundidade, detalhes e diversão para acompanhar!

Slides adicionais do Capítulo 1

Modelo de referência ISO/OSI

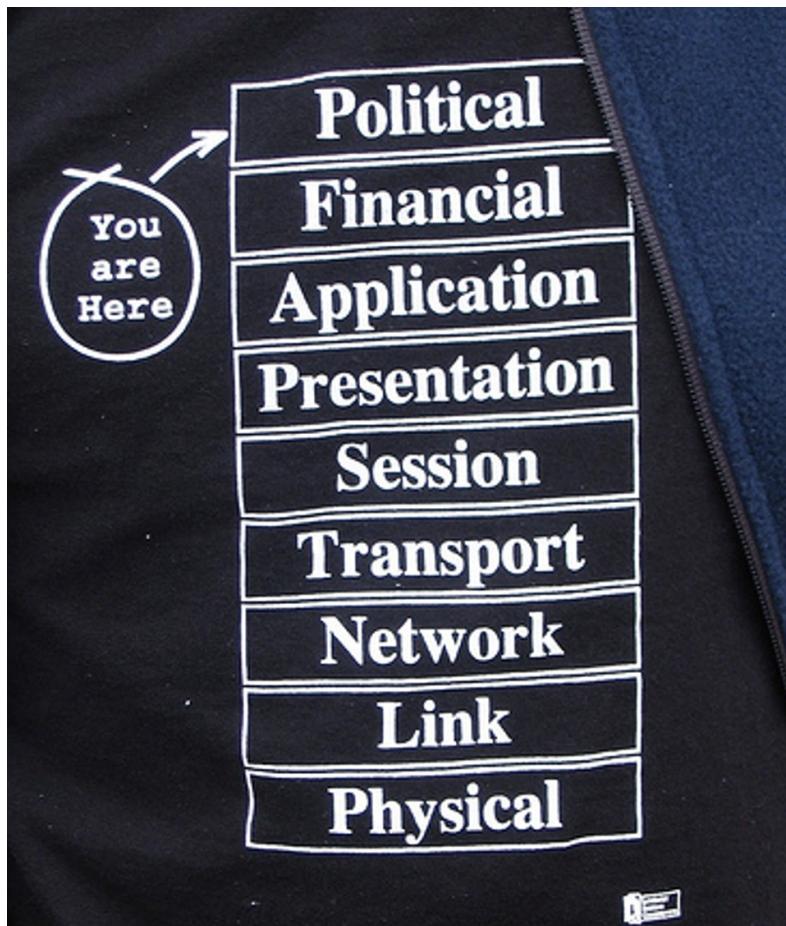
Duas camadas não encontradas na pilha de protocolos da Internet!

- *apresentação*: permite que os aplicativos interpretem o significado dos dados, por exemplo, criptografia, compactação, convenções específicas da máquina
- *sessão*: sincronização, ponto de verificação, recuperação de troca de dados
- A pilha da Internet "perdeu" essas camadas!
 - Esses serviços, se *necessários*, devem ser implementados na aplicação
 - necessário?

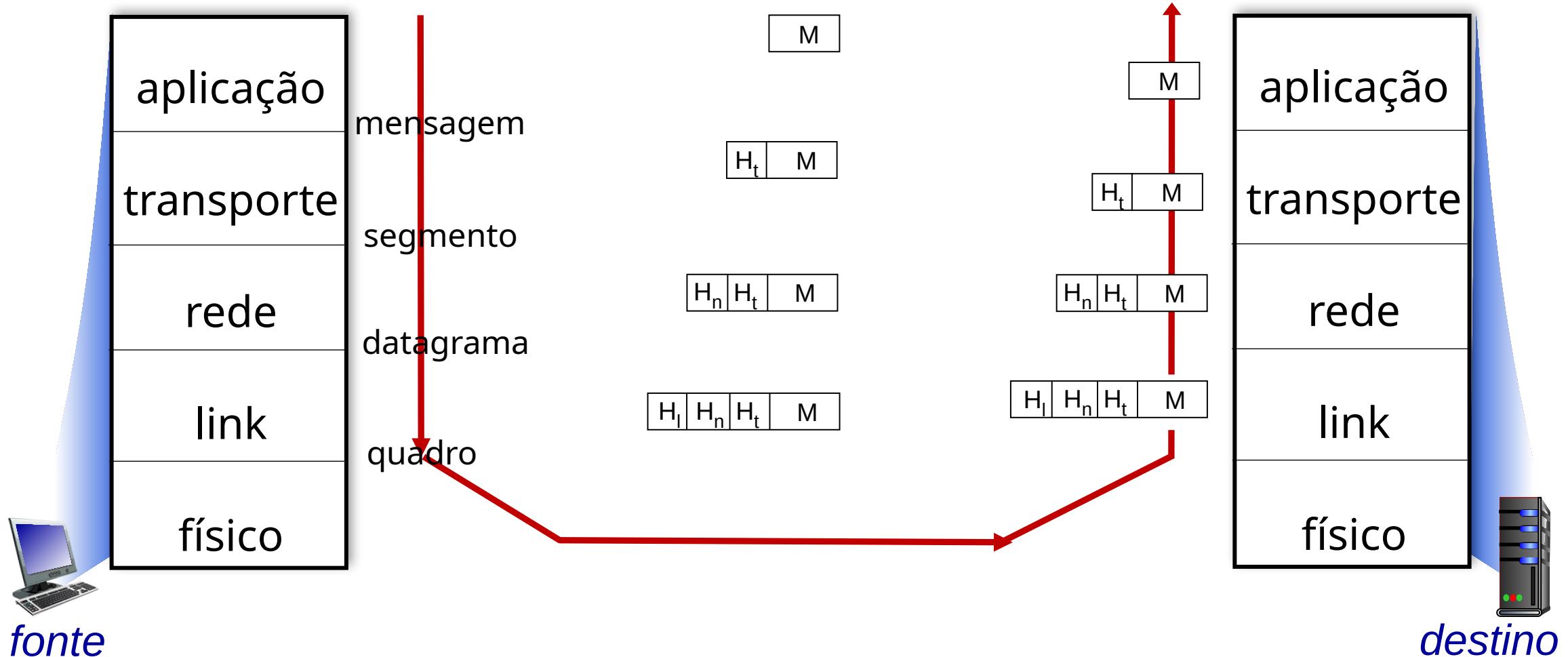


As sete camadas OSI/ISO
modelo de referência

Mais de sete camadas OSI



Serviços, camadas e encapsulamento



Wireshark

