

Redes de Computadores e a Internet

Prof. Paulo Sena
Paulo.sena@estacio.br

Capítulo I: Introdução

Objetivo do capítulo:

- r entender o contexto, visão geral, “sacar” o que são redes
- r maior profundidade, detalhes *posteriormente* no curso
- r abordagem:
 - m uso da Internet como exemplo

Resumo:

- r o que é a Internet
- r o que é um protocolo?
- r a borda (periferia) da rede: hosts, rede de acesso, meio físico
- r o núcleo da rede: comutação de pacote/circuito. Estrutura da Internet
- r desempenho: atraso, perda e vazão

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

O que é a Internet: visão dos componentes



r milhões de dispositivos de computação conectados: **hospedeiros (hosts) = sistemas finais**

m rodando **aplicações de rede**

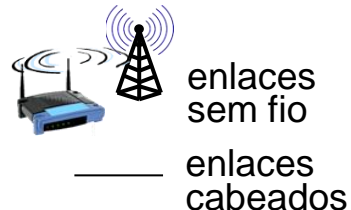
r **enlaces (links) de comunicação**

m fibra, cobre, rádio, satélite

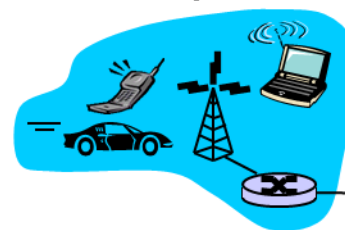
m Taxa de transmissão = largura de banda (bandwidth)

r **Roteadores (comutadores de pacotes):** encaminham pacotes (pedaços de dados)

m **Roteadores e switches**



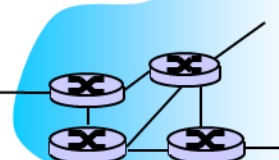
Rede móvel



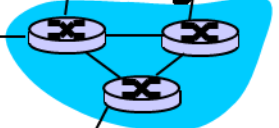
Rede doméstica



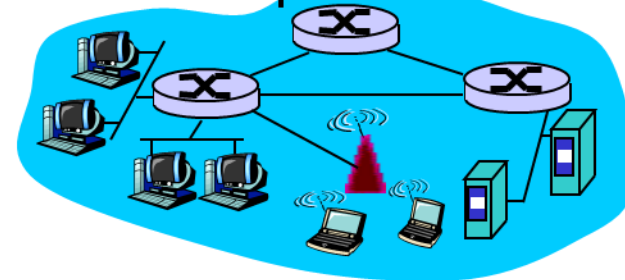
ISP Global



ISP Regional



Rede corporativa



Aparelhos internet interessantes



Porta retratos IP
<http://www.ceiva.com/>

Tostadeira habilitada para a Web +
Previsão do tempo



Tweet-a-watt:
Monitoração do uso
de energia



Geladeira
Internet

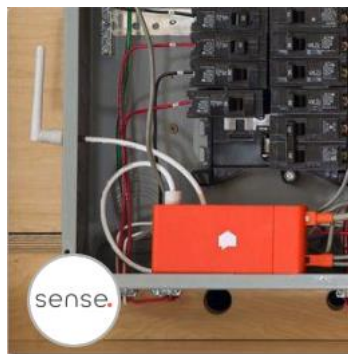


Slingbox: veja,
Controle remotamente
sua TV a cabo.



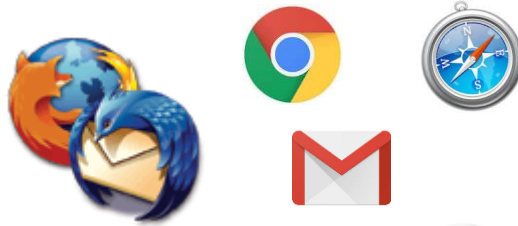
Telefones Internet

Dispositivos IoT (Internet das Coisas)



Aplicações Populares

r Navegação



r Correio



r Mensagens Instantâneas



r Armazenamento de Arquivos



r Jogos em rede



r Voz e Vídeo



r Blogs



r Redes Sociais



r Trabalho Cooperativo



O que é a Internet: visão dos componentes

r **Internet: "rede de redes"**

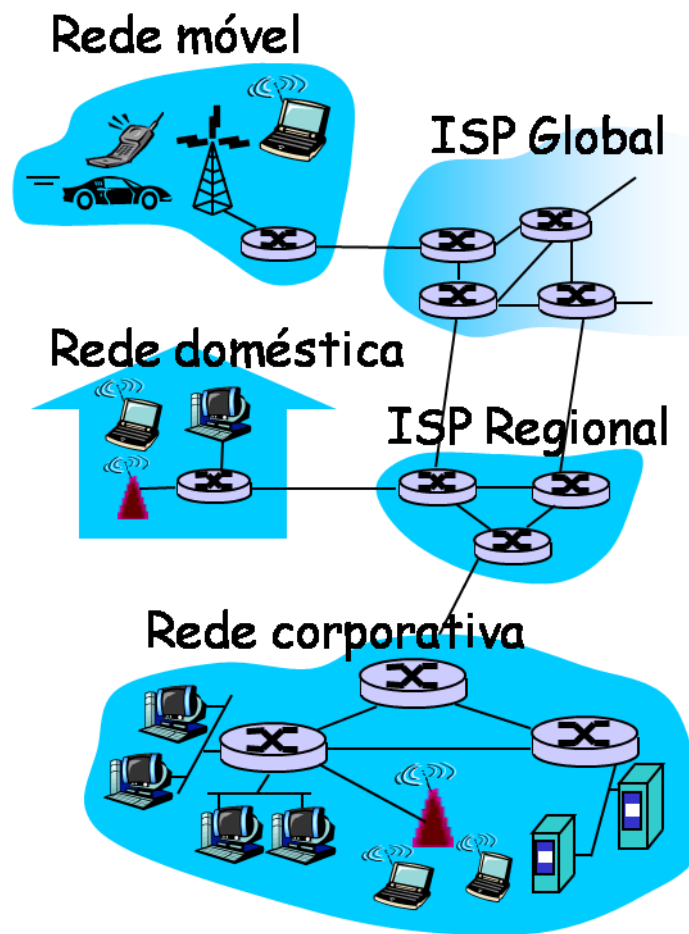
- m livremente hierárquica
- m ISPs interconectados

r **protocolos:** controlam o envio e o recebimento de mensagens

- m ex., TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11

r **Padrões Internet**

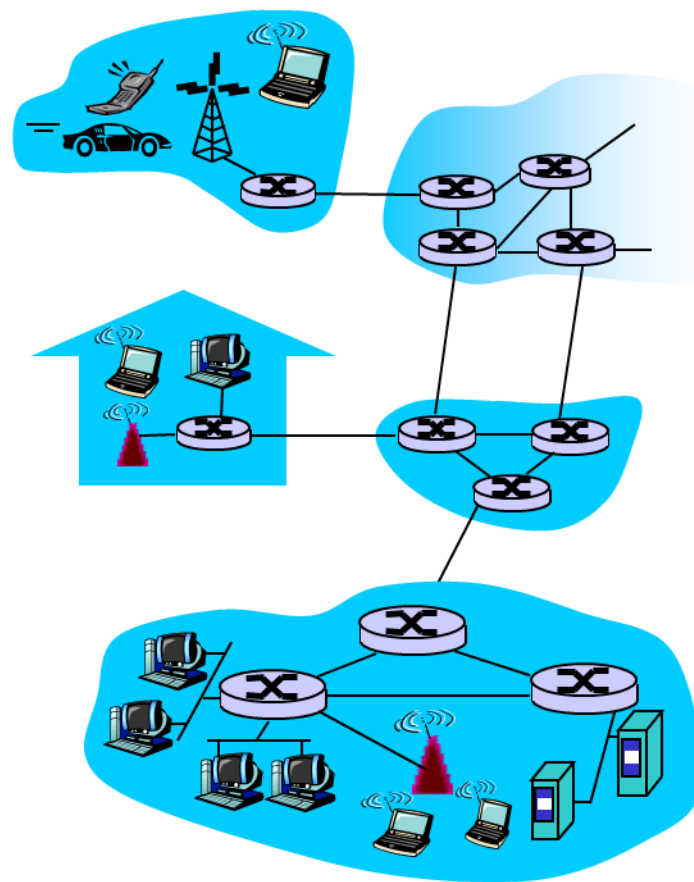
- m RFC: Request for comments
- m IETF: Internet Engineering Task Force
- m www.ietf.org



RFCs de 1º de Abril

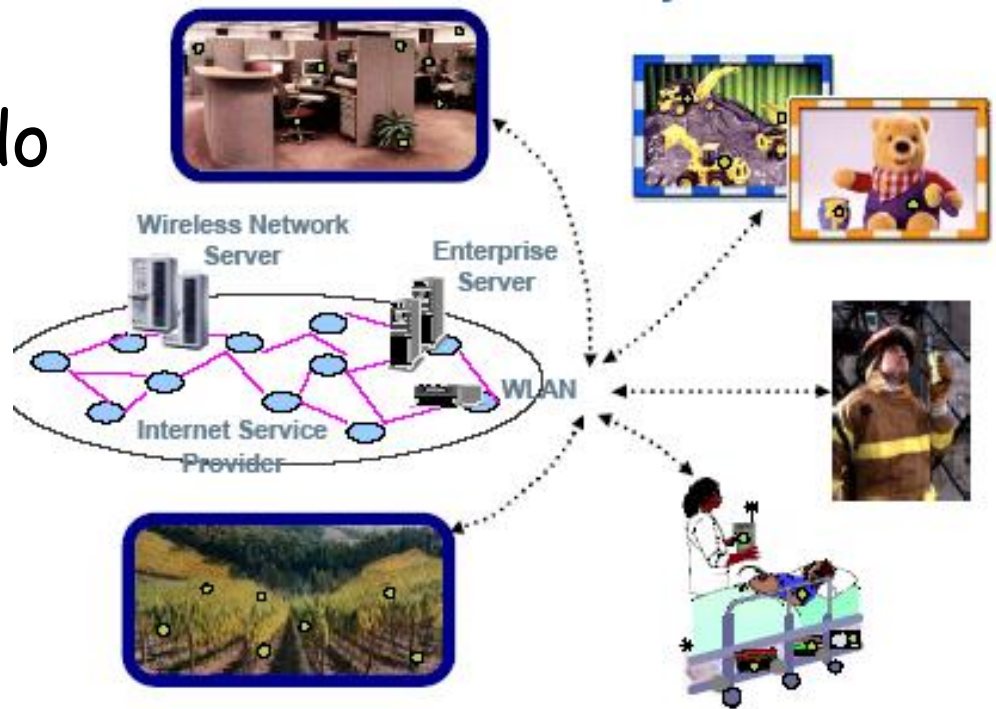
O que é a Internet: visão dos serviços

- r *a infraestrutura de comunicação* permite o uso de aplicações distribuídas:
 - m Web, e-mail, jogos, mensagens instantâneas, voz sobre IP (VoIP), redes sociais , ...
- r *Provê interface de programação para aplicações*
 - m Permitem que programas de aplicações se conectem à Internet
 - m Provê opções de serviço, de forma análoga aos Correios



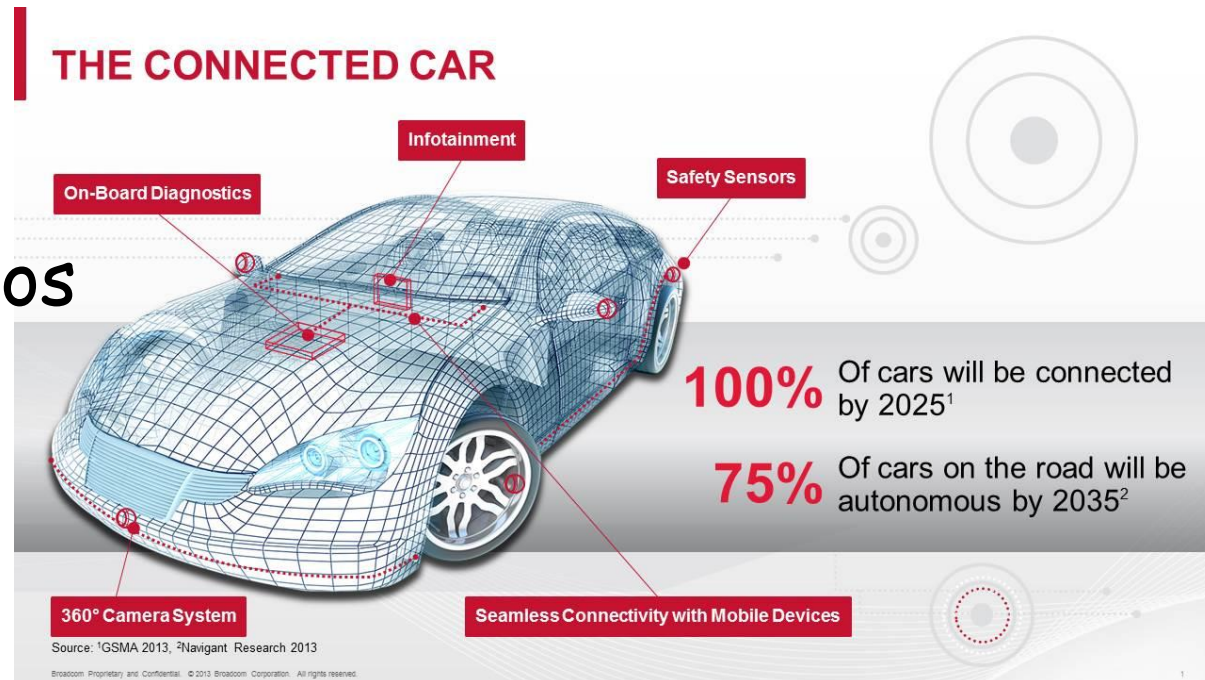
Redes de Sensores e Internet das Coisas (IoT)

- r Comunicação sem fio interconectando dispositivos sensores-atuadores-processadores de baixo custo habilitando sensoriamento e atuação no mundo real



Redes Veiculares

- r Redes Intraveiculares
- r Ethernet em Automóveis
- r V2V e V2I
- r Carros Elétricos
- r IoT



O que é um protocolo?

protocolos humanos:

- r "que horas são?"
 - r "tenho uma dúvida"
 - r apresentações
- ... msgs específicas são enviadas
- ... ações específicas são realizadas quando as msgs são recebidas, ou acontecem outros eventos

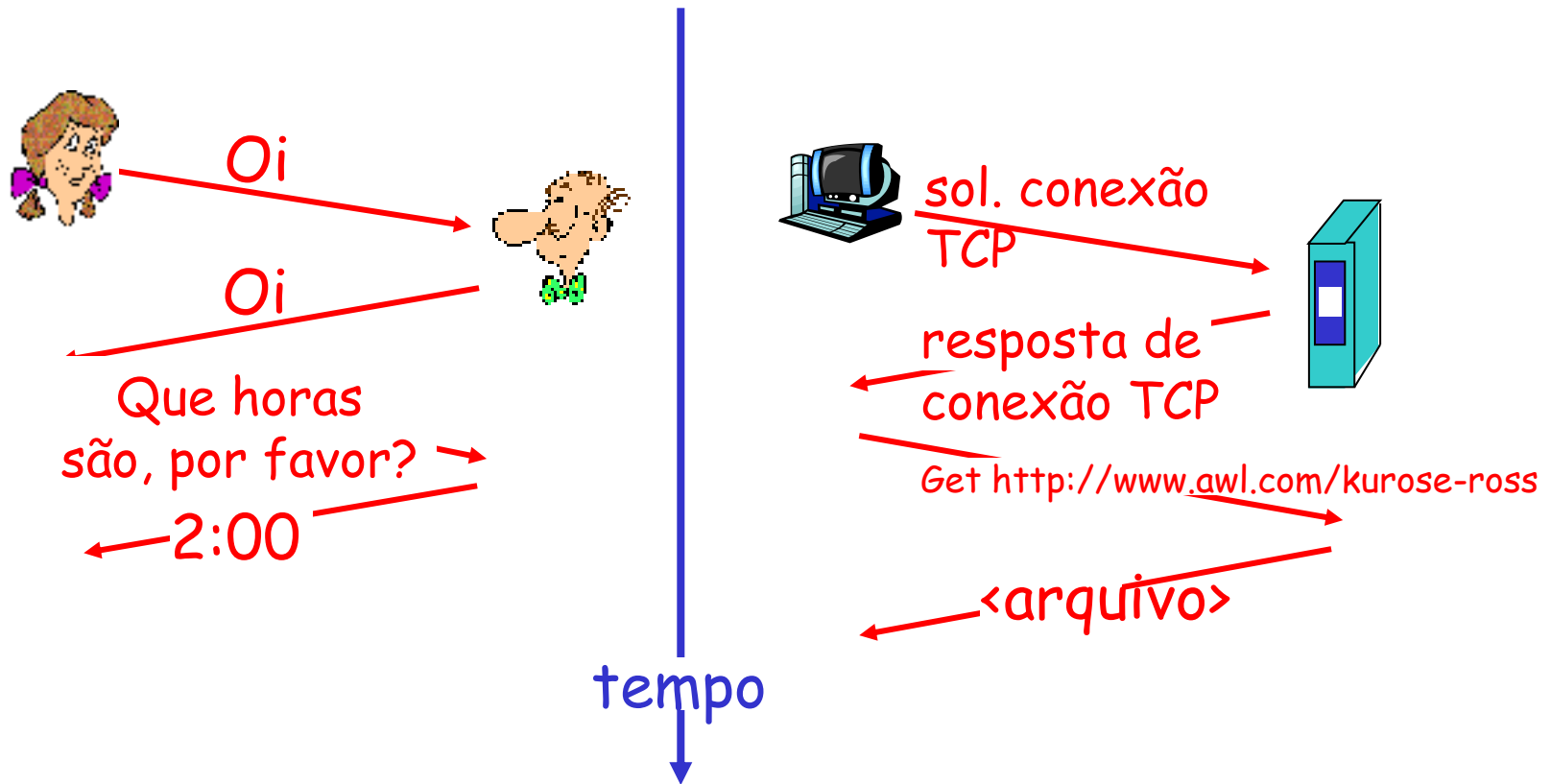
Protocolos de rede:

- r máquinas ao invés de pessoas
- r 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:



P: Apresente outro protocolo humano!

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

Uma olhada mais de perto na estrutura da rede:

r **Borda da rede:**

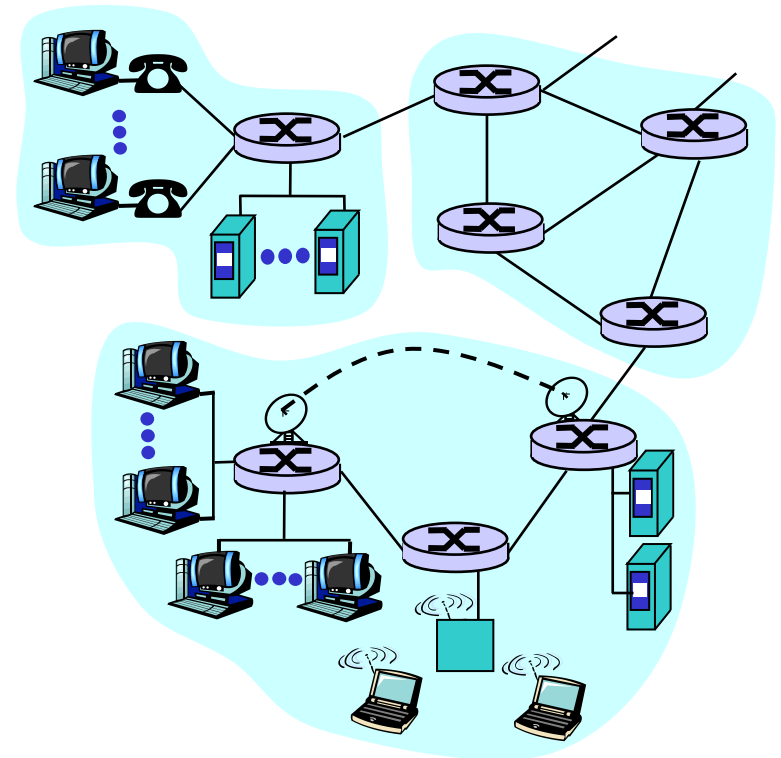
- m hospedeiros (hosts)/sistemas finais: clientes e servidores
- m Servidores frequentemente em Data Centers

r **redes de acesso, meio físico:**

- m enlaces de comunicação cabeados e sem fio

r **núcleo da rede:**

- m Roteadores interconectados
- m rede de redes



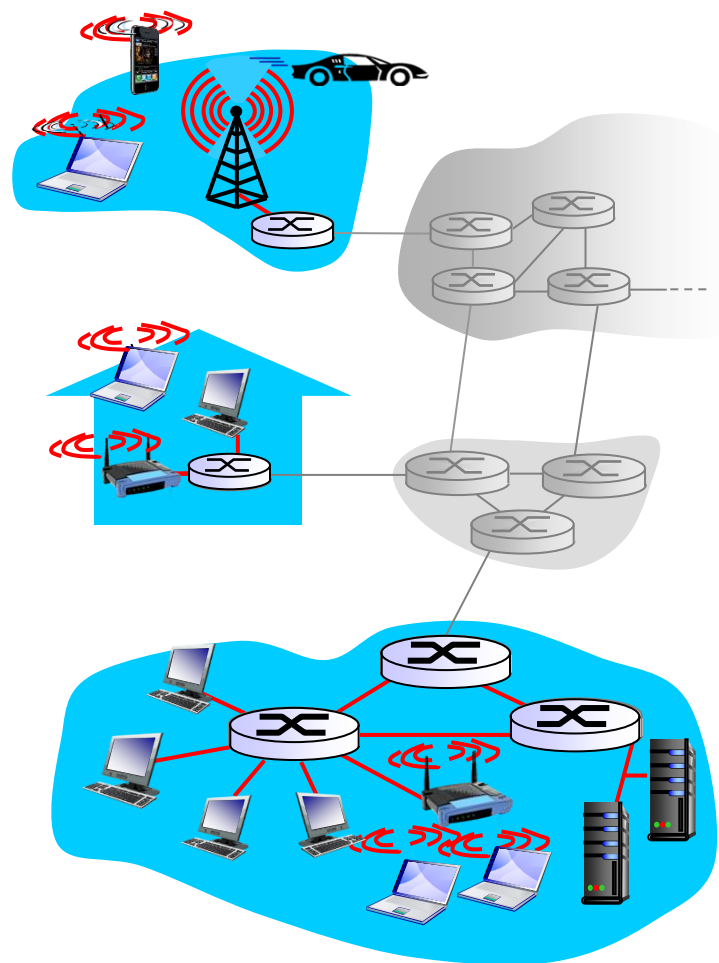
Redes de acesso e meios físicos

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

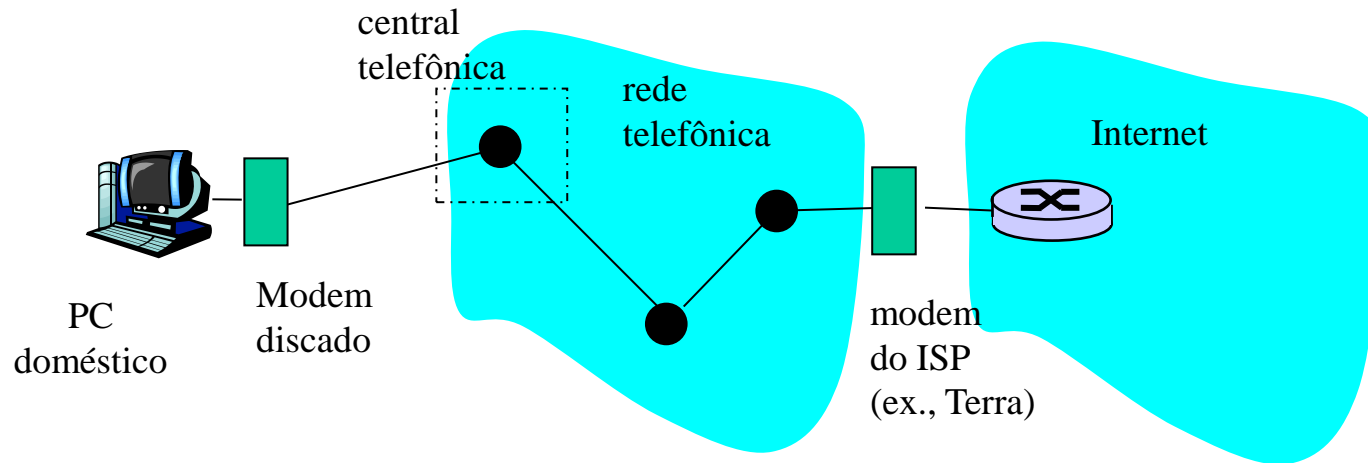
- r redes de acesso residencial
- r redes de acesso corporativo (escola, empresa)
- r redes de acesso sem fio

Questões a serem consideradas:

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



Acesso discado (alguém ainda usa?)



- r Usa a infraestrutura existente de telefonia
 - m Residência está conectada à **central telefônica**
- r Até 56kbps de acesso direto ao roteador (frequentemente menos)
- r Não dá para navegar e usar o telefone ao mesmo tempo: não está **"sempre conectado"**

Modulação

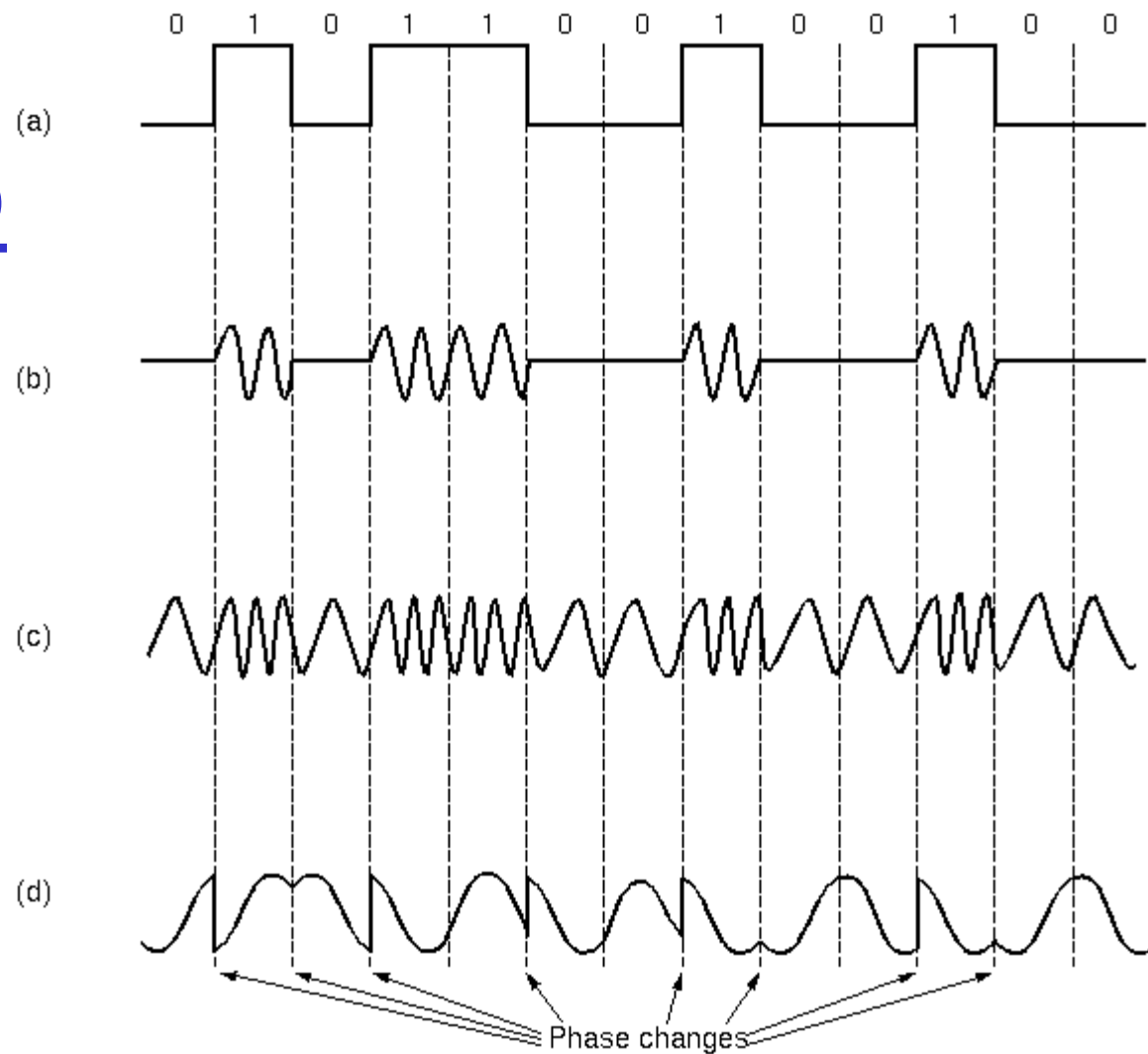
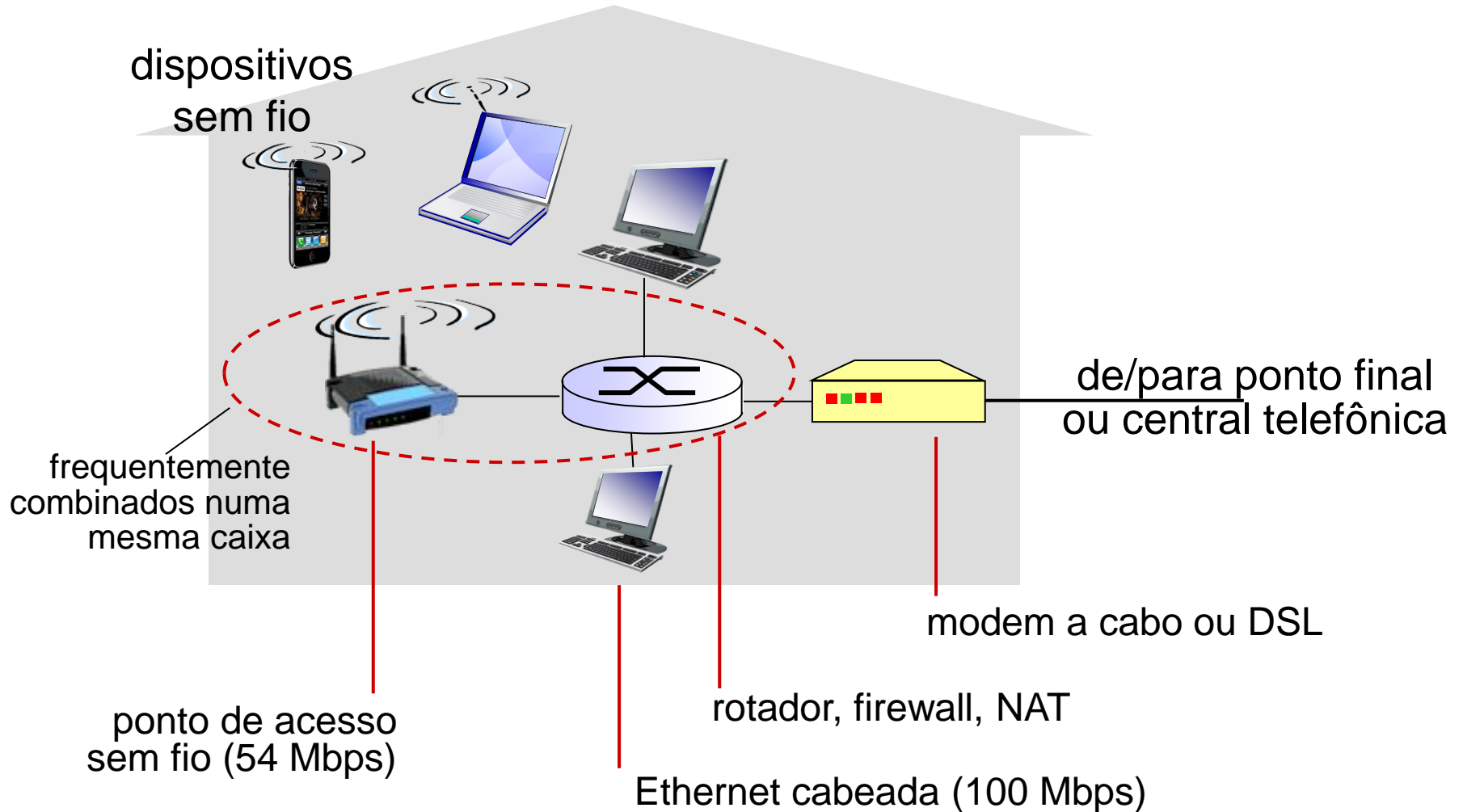
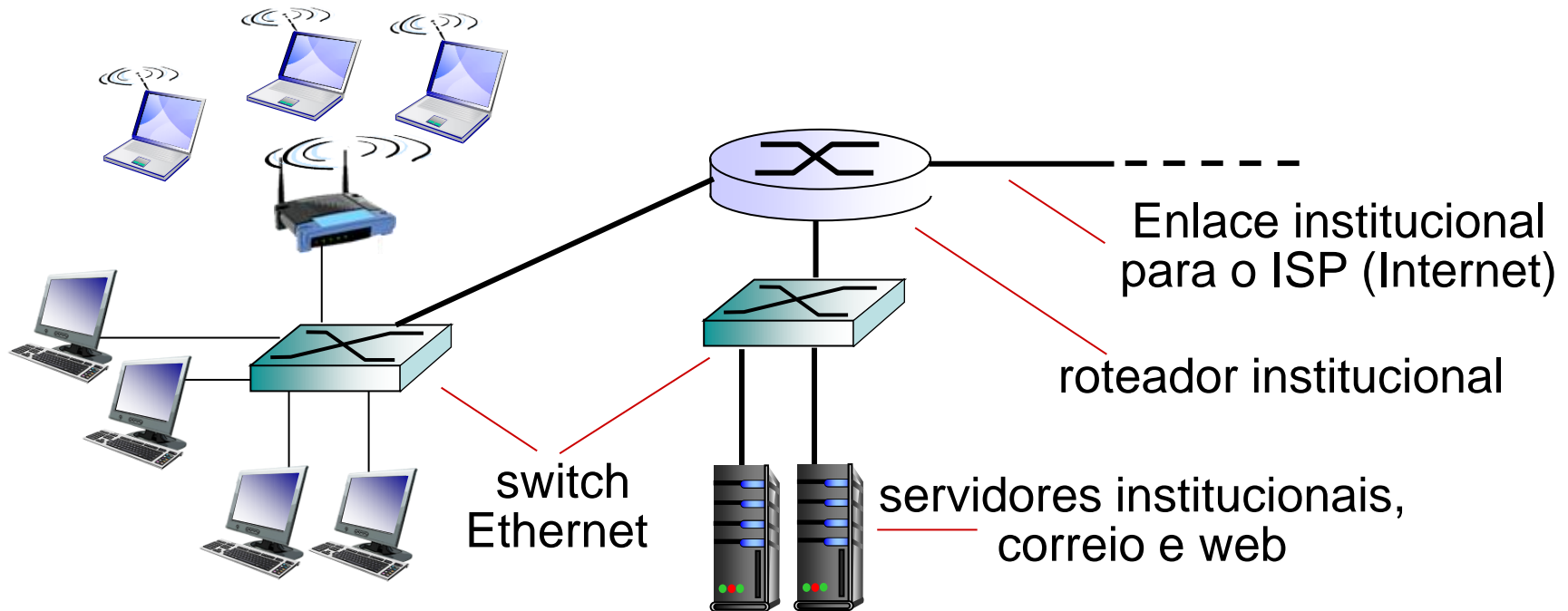


Fig. 2-18. (a) A binary signal. (b) Amplitude modulation. (c) Frequency modulation. (d) Phase modulation.

Redes de acesso: rede doméstica



Redes de acesso corporativas (Ethernet)



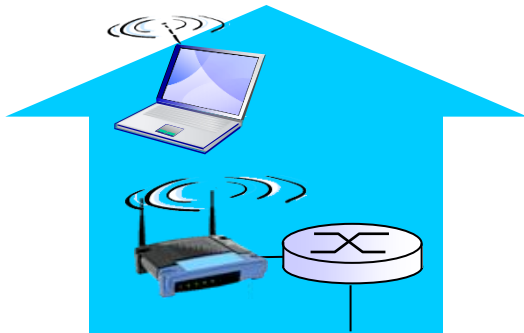
- r Usado tipicamente em empresas, universidades, etc.
- r Ethernet de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps e 10Gbps
- r Hoje tipicamente os sistemas terminais se conectam a switches Ethernet

Redes de acesso sem fio (wireless)

- r rede de acesso compartilhado *sem fio* conecta o sistema final ao roteador
 - m Via estação base = “ponto de acesso” sem fio

LANs sem fio:

- dentro de um edifício (200 m)
- 802.11b/g/n/ac (WiFi): taxas de transmissão de 11, 54, 450, 1.300 Mbps



para a Internet

acesso sem fio de longa distância

- provido por uma operadora (celular), 10's km
- entre 1 e 10 Mbps
- 3G, 4G: LTE

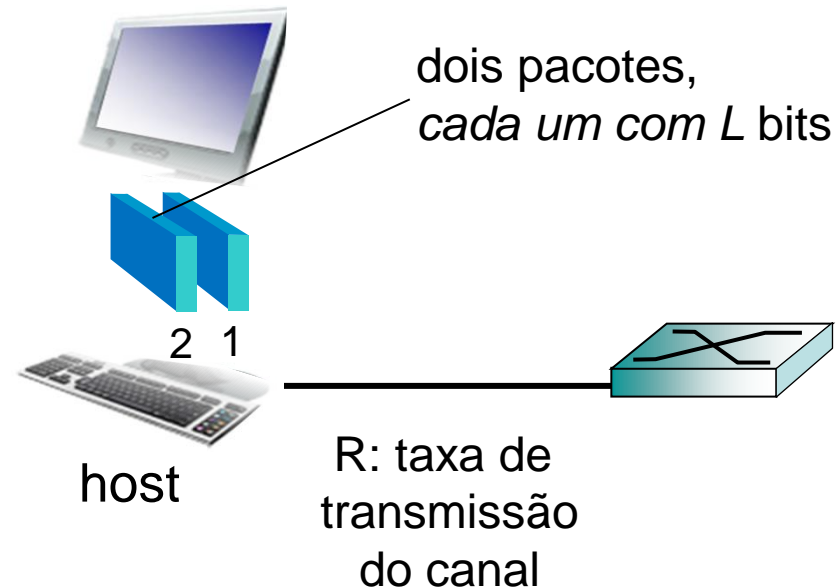


para a Internet

Hospedeiro: envia pacotes de dados

função de transmissão do hospedeiro:

- r pega msg da aplicação
- r quebra em pequenos pedaços, conhecidos como *pacotes*, com L bits de comprimento
- r transmite o pacote pela rede de acesso a uma *taxa de transmissão* R
- m taxa de transmissão do canal, ou *capacidade* do canal, ou *largura de banda do canal*



$$\begin{array}{l} \text{atraso de} \\ \text{transmissão} \\ \text{do pacote} \end{array} = \begin{array}{l} \text{tempo necessário} \\ \text{para transmitir um} \\ \text{pacote de } L \text{ bits} \\ \text{no canal} \end{array} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$

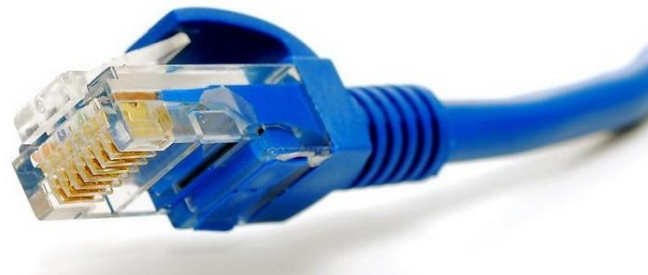
Meios Físicos

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



par trançado (TP - Twisted Pair)

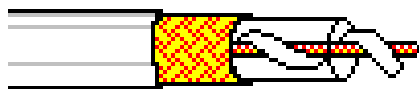
- r dois fios de cobre isolados
 - m Categoria 5: 100Mbps e 1 Gbps Ethernet
 - m Categoria 6: 10 Gbps
 - m Categoria 8: 40 Gbps



Meios físicos: cabo coaxial, fibra

Cabo coaxial:

- r fio (transporta o sinal) dentro de outro fio (blindagem)
- r bidirecional
- r banda larga (*broadband*):
 - m múltiplos canais num cabo
 - m HFC

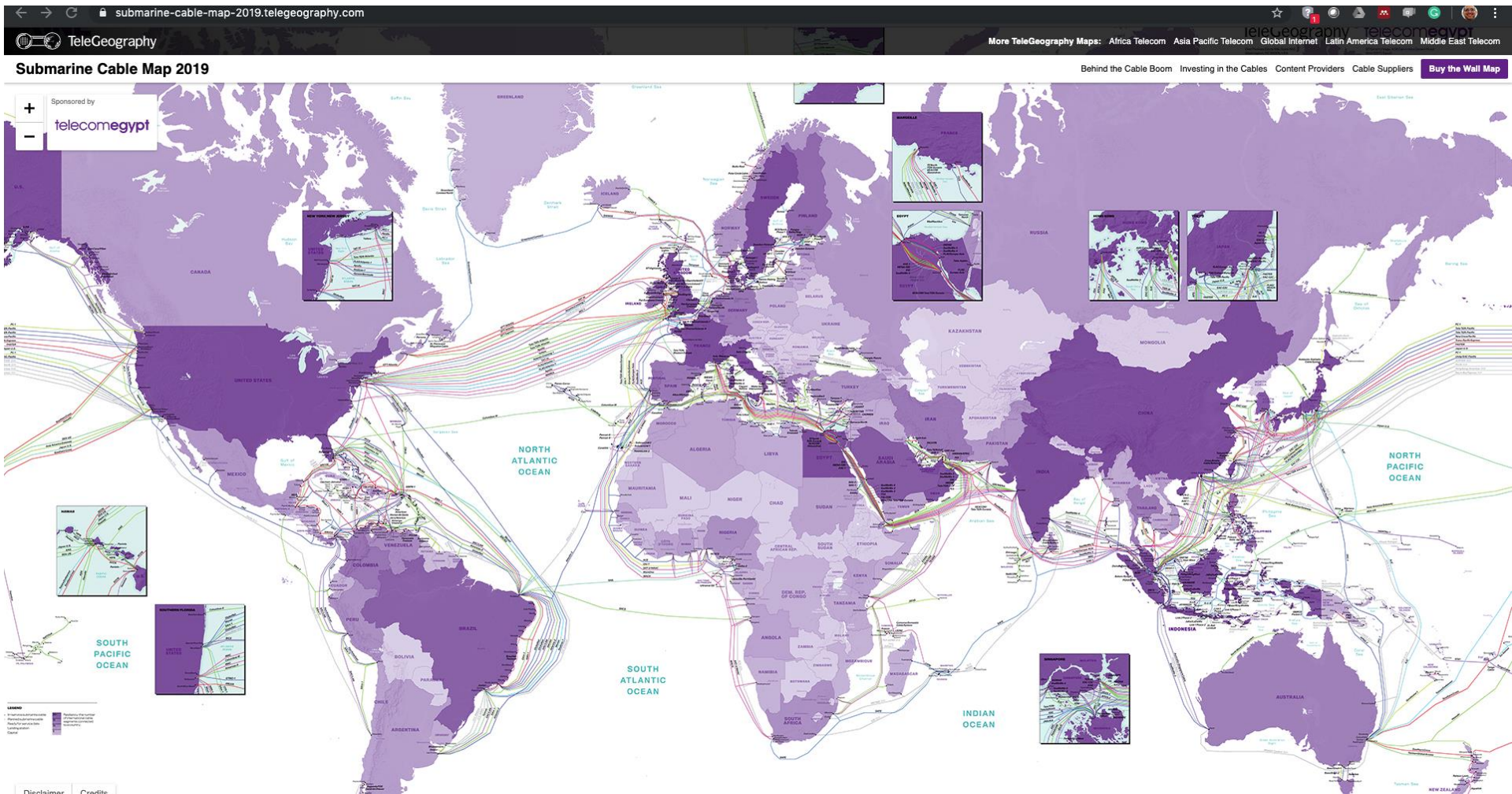


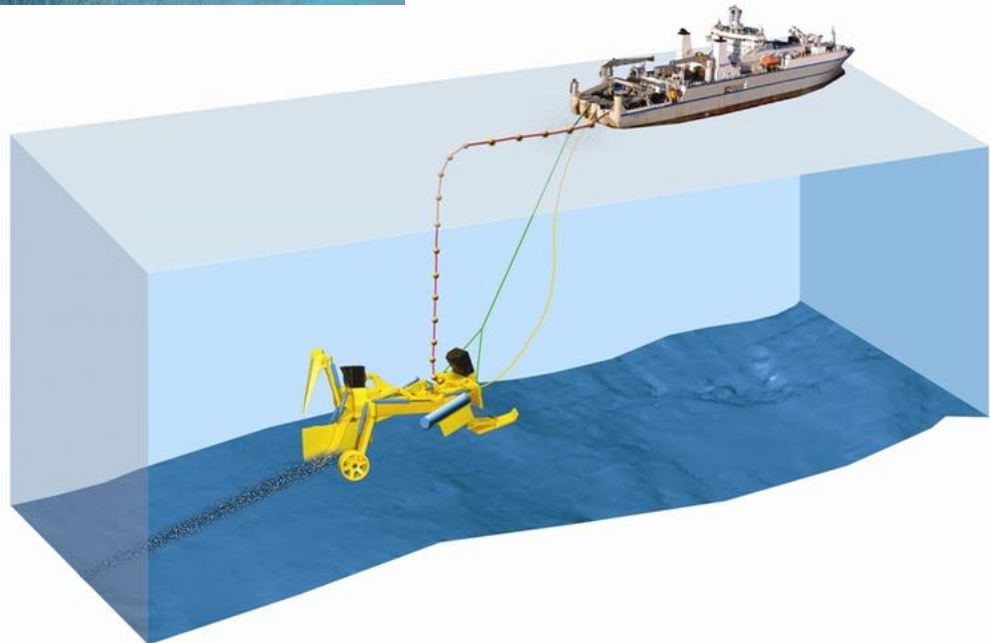
Cabo de fibra óptica:

- r fibra de vidro transporta pulsos de luz
- r opera em alta velocidade:
 - m transmissão ponto a ponto de alta velocidade (ex., 10' s a 100' s Gbps)
- r baixa taxa de erros:
 - r repetidores mais afastados;
 - r imune a ruído eletromagnético



Cabos Submarinos





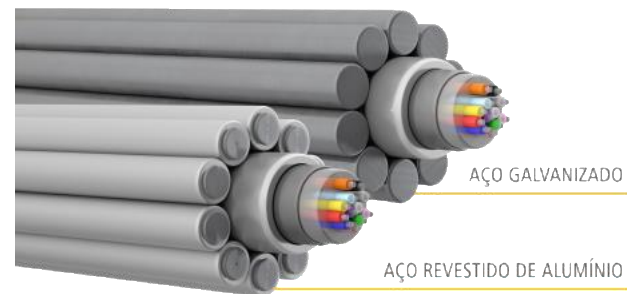
eletroNet

Rede Eletronet »

Configuração da Rede



Cabos OPGW



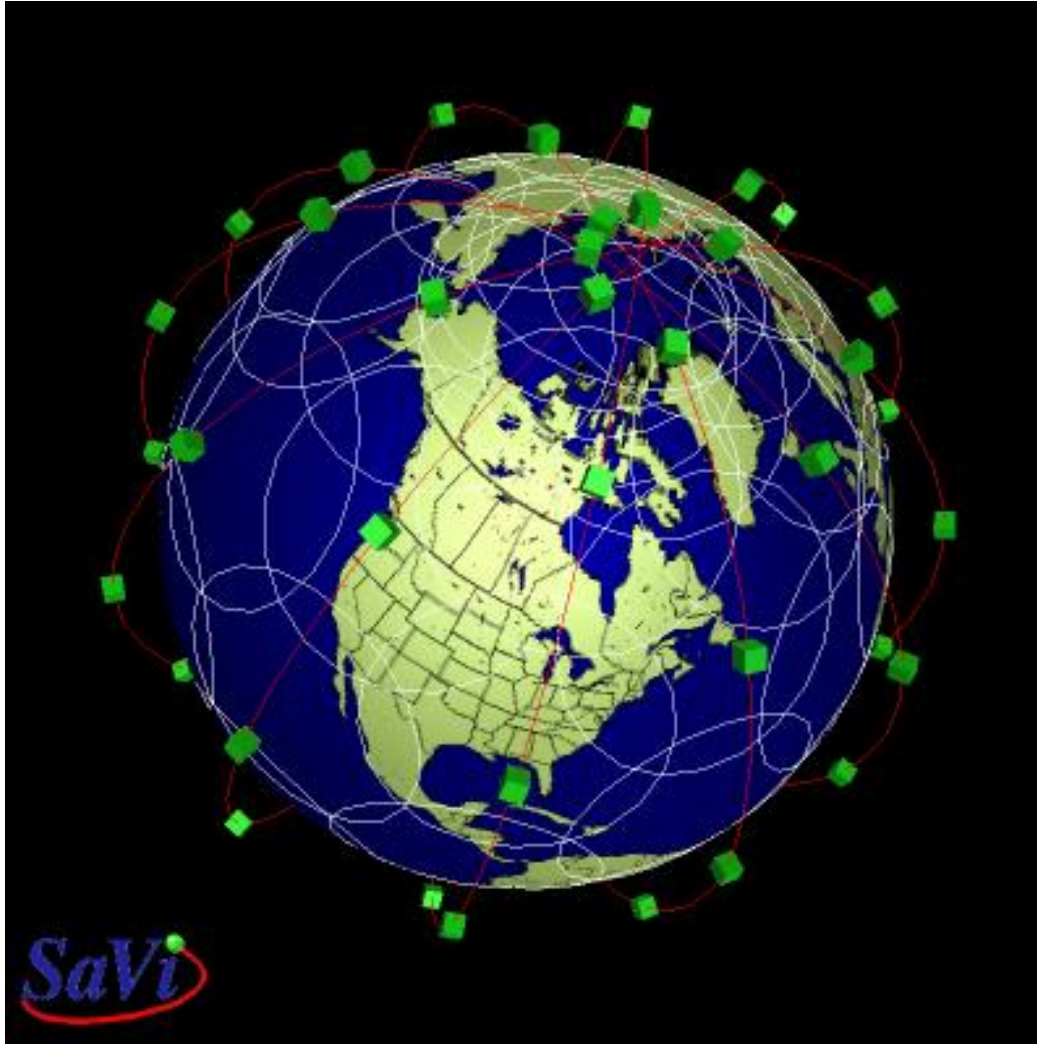
Meios físicos: rádio

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

Tipos de enlaces de rádio:

- r **microondas**
 - m ex.: canais de até 45 Mbps
- r **LAN** (ex., Wifi)
 - m 11Mbps, 54 Mbps, ...
- r **longa distância** (ex., celular)
 - m ex. 3G, ~ 1 Mbps
- r **satélite**
 - m canal de até 50Mbps (ou múltiplos canais menores)
 - m atraso de propagação de 270 msec (fim-a-fim)
 - m geoestacionários versus de baixa altitude (LEOS)

Meios Físicos: Satélites de Baixa Órbita - Iridium



- r Projeto original:
 - m 77 satélites
 - m No. atômico do Irídio
- r Projeto implementado:
 - m 66 satélites
 - m No. atômico do **Disprósio!!!**

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

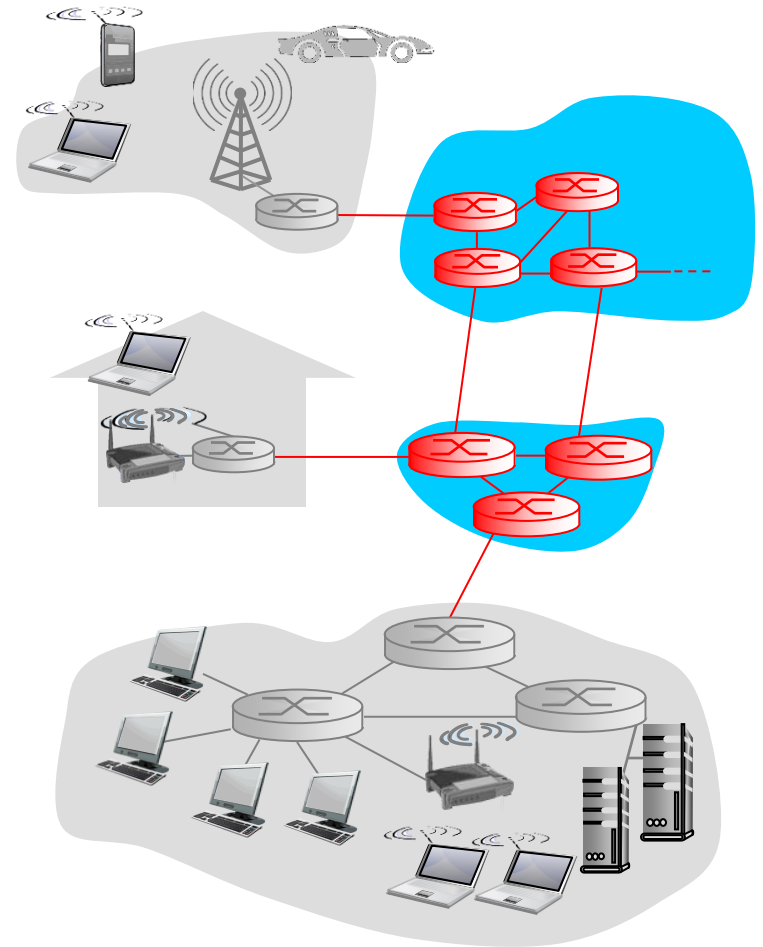
1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

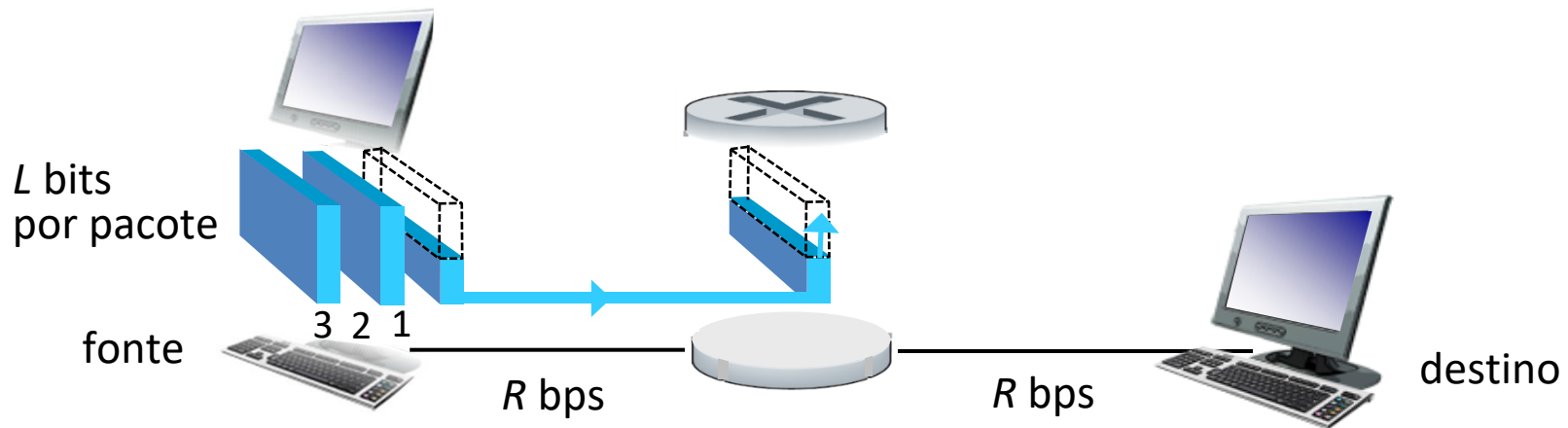
1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

O Núcleo da Rede

- r Malha de roteadores interconectados
- r **comutação de pacotes:**
hospedeiros quebram mensagens da camada de aplicação em *pacotes*
 - m Repassa os pacotes de um roteador para o próximo, através de enlaces no caminho da origem até o destino
 - m cada pacote é transmitido na capacidade máxima do enlace.



Comutação de pacotes: armazena e repassa



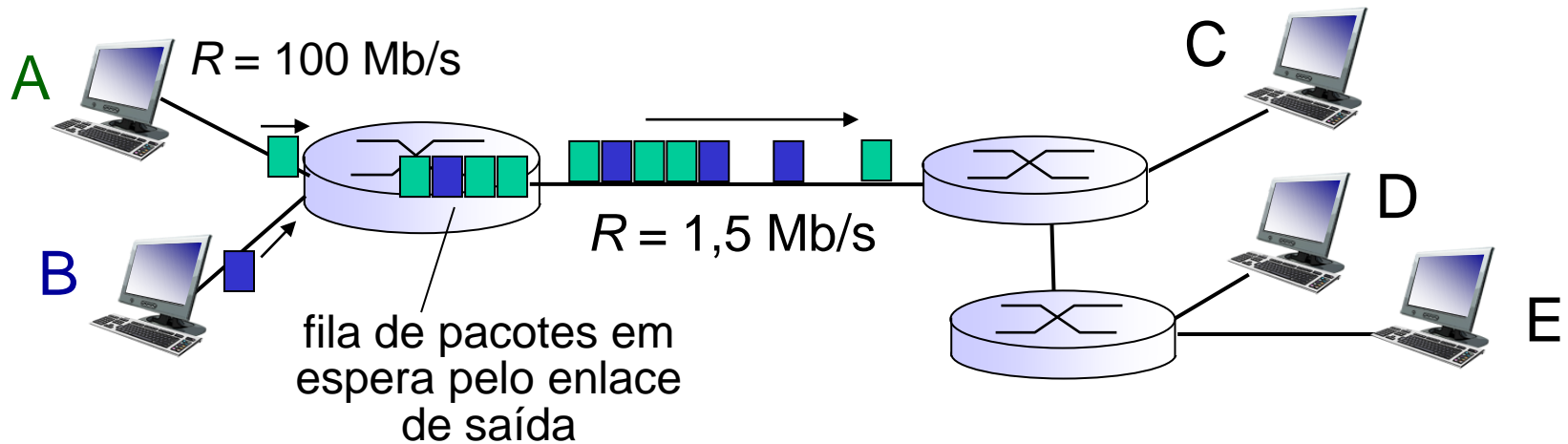
- leva L/R seg para transmitir (botar para fora) um pacote de L -bits num enlace a R bps
- **armazena e repassa:** todo o pacote deve chegar ao roteador antes que possa ser transmitido no próximo enlace
- ❖ atraso fim-a-fim = $2L/R$ (desprezando o atraso de propagação)

exemplo numérico para um salto/etapa:

- $L = 7,5$ Mbits
- $R = 1,5$ Mbps
- atraso de transmissão em um salto = 5 seg

} mais sobre atrasos em breve...

Comutação de pacotes: atraso de enfileiramento, perdas



enfileiramento e perdas:

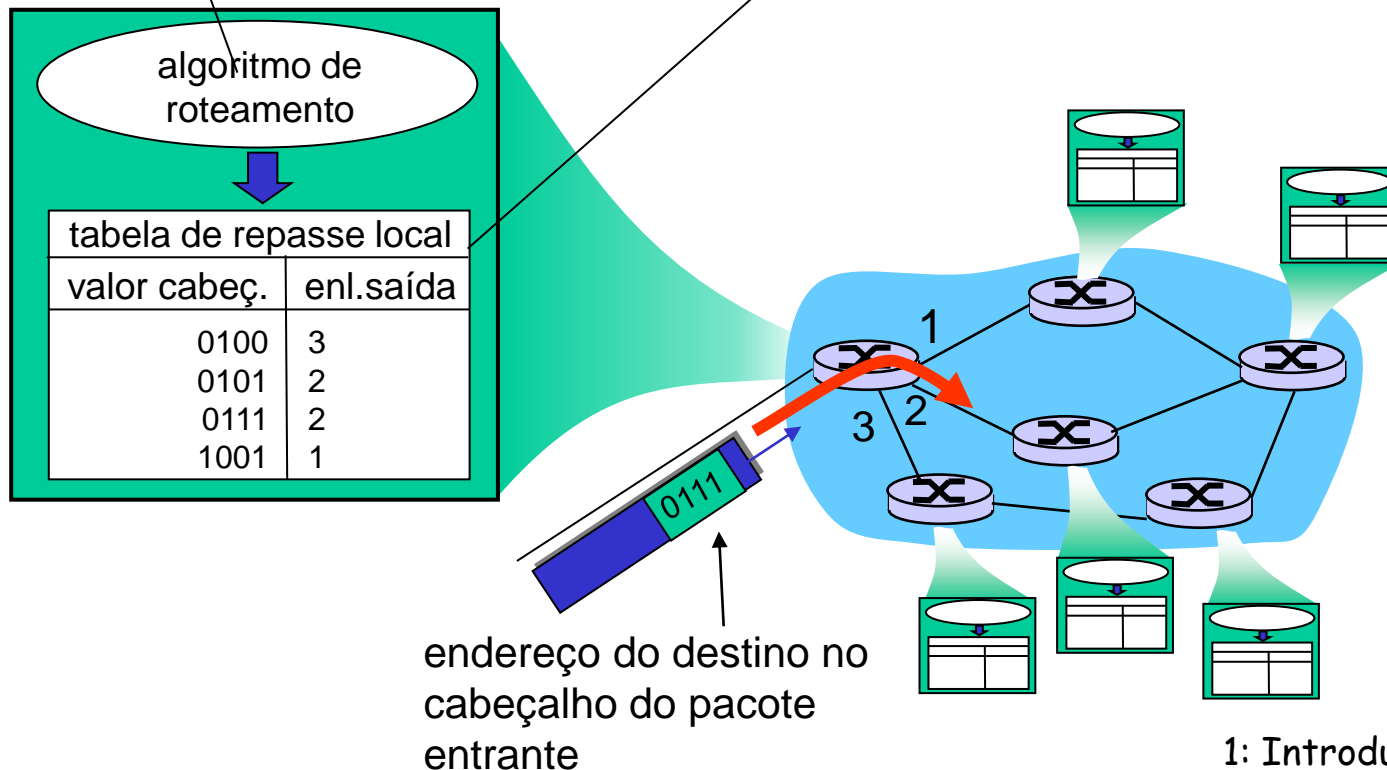
- ❖ Se a taxa de chegadas (em bits) no enlace exceder a taxa de transmissão do canal num certo intervalo de tempo:
 - pacotes irão enfileirar, esperar para serem transmitidos no enlace
 - pacotes poderão ser descartados (perdidos) se a memória (buffer) encher

Duas funções chave do núcleo da rede

roteamento: determina a rota origem-destino tomada pelos pacotes

- *algoritmos de roteamento*

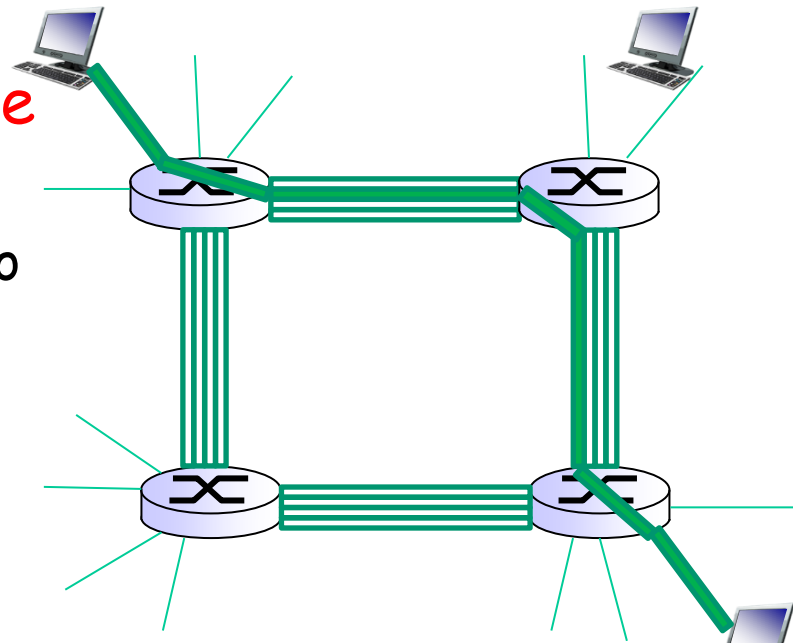
repasse: move pacotes da entrada do roteador para a saída apropriada do roteador



Alternativa: comutação de circuitos

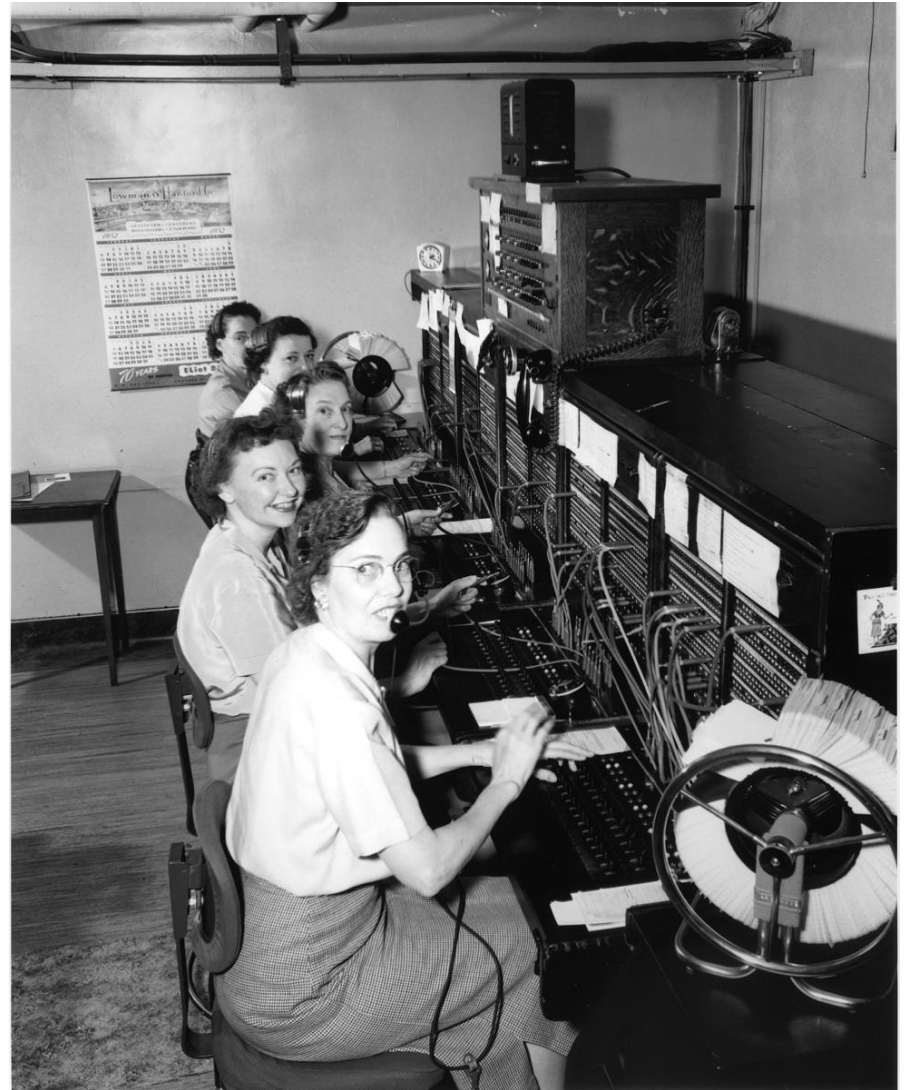
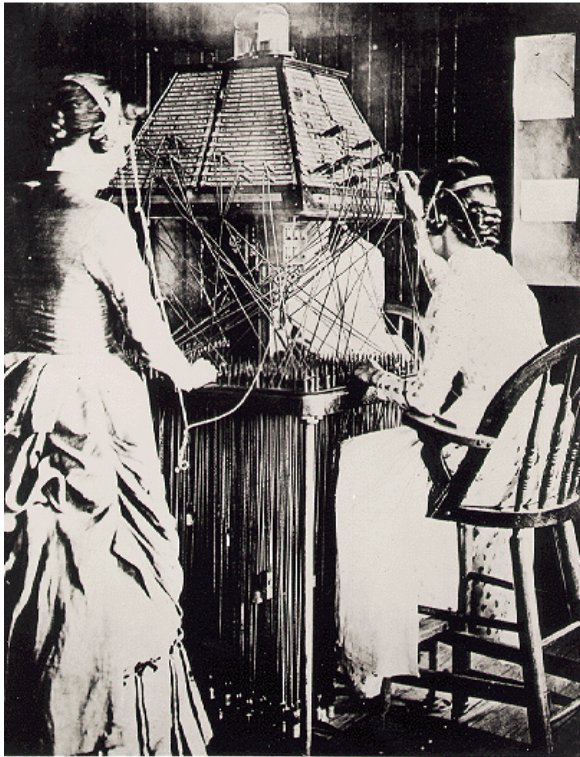
recursos fim-a-fim alocados/
reservados para "chamada" entre
origem-destino:

- r No diagrama, cada enlace possui quatro circuitos.
 - m chamada recebe o 2º circuito no enlace superior e o 1º circuito no enlace da direita
- r recursos dedicados: sem compartilhamento
 - m desempenho tipo circuito (garantido)
- r segmento do circuito fica ocioso se não for utilizado pela chamada (*sem compartilhamento*)
- r Usado normalmente na rede telefônica tradicional



Núcleo da Rede: Comutação de Circuitos

From Computer Desktop Encyclopedia
Reproduced with permission.
© 1996 AT&T

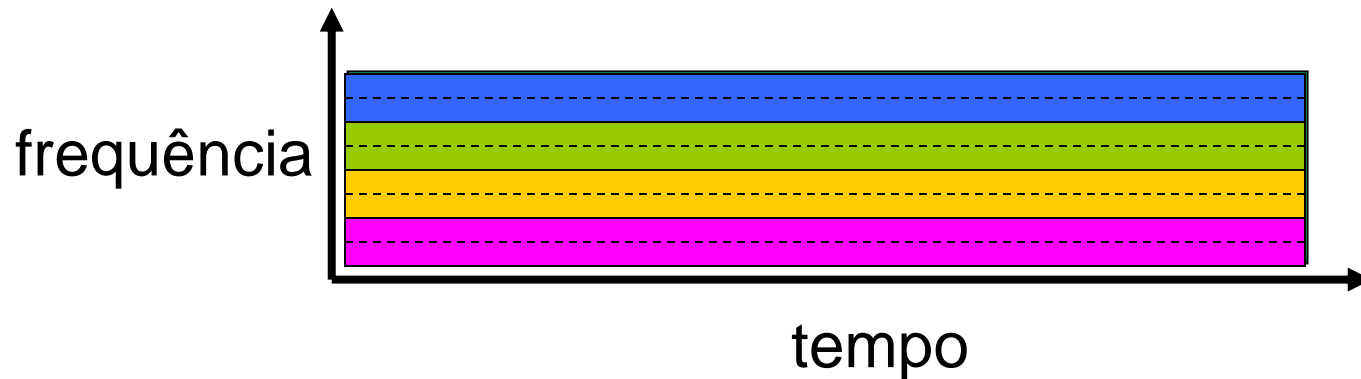


Comutação de Circuitos: FDM e TDM

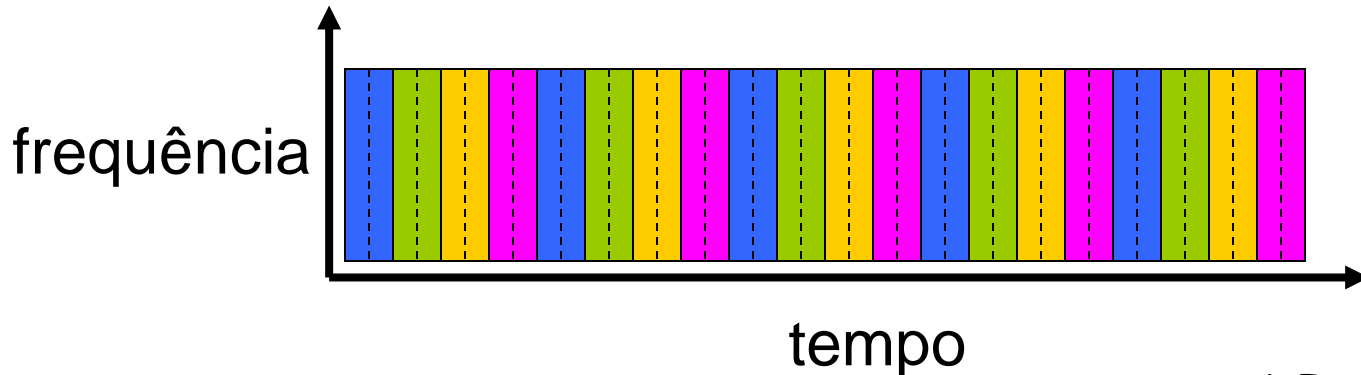
Exemplo:

4 usuários ■ ■ ■ ■

FDM



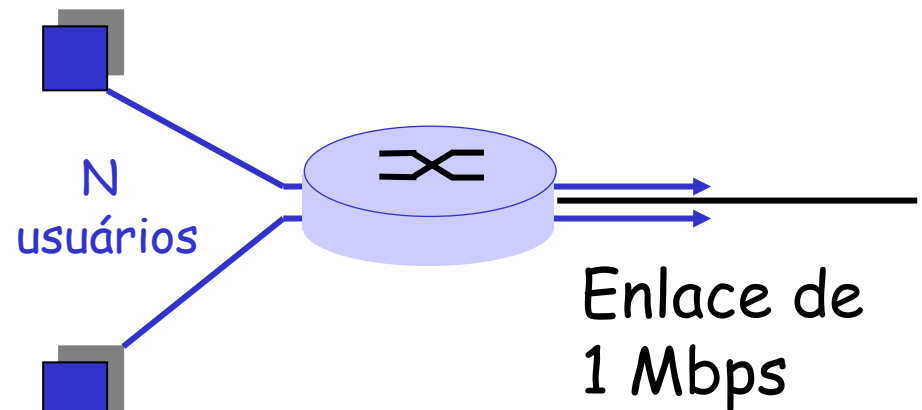
TDM



Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

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

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



P: como foi obtido o valor 0,0004?

P: o que ocorre se > 35 usuários?

Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

A comutação de pacotes ganha de lavada?

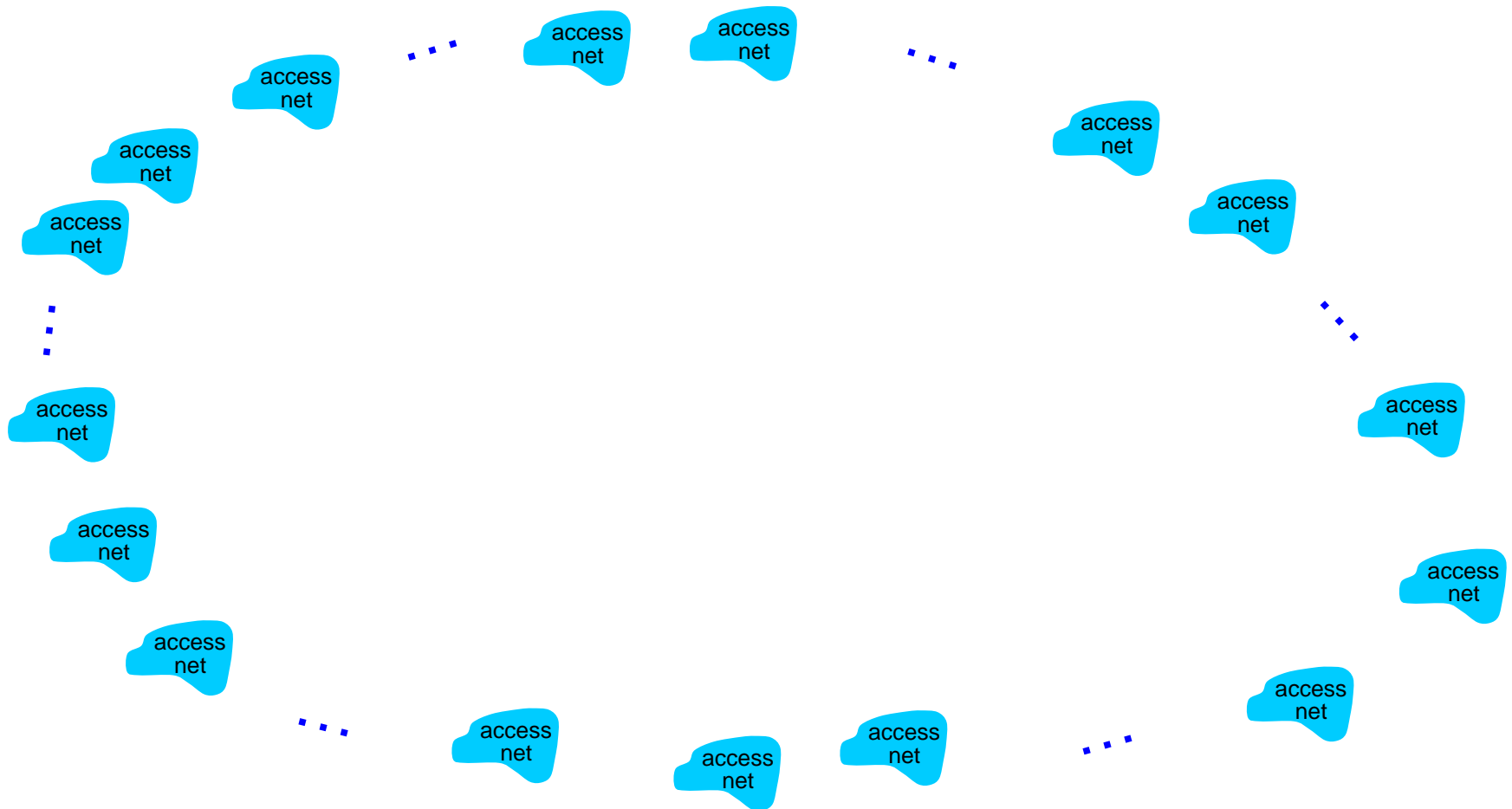
- r Ótima para dados em rajadas
 - m compartilhamento dos recursos
 - m não necessita estabelecimento de conexão
- r **Congestionamento excessivo:** atraso e perda de pacotes
 - m necessita de protocolos para transferência confiável de dados, controle de congestionamento
- r **P: Como fornecer um comportamento do tipo circuito?**
 - m São necessárias garantias de banda para aplicações de áudio e vídeo
 - m ainda é um problema não resolvido (cap. 7)

Estrutura da Internet: rede de redes

- r Sistemas finais conectam-se à Internet através de **ISPs** (*Internet Service Providers*) **de acesso**
 - m ISP residencial, corporativo e acadêmico
- r Os ISPs de acesso devem ser interconectados
 - m De modo que quaisquer dois hospedeiros possam enviar pacotes um para o outro
- r A rede de redes resultante é muito complexa
 - m Evolução foi dirigida pela economia e por políticas nacionais
- r Seguiremos uma abordagem passo-a-passo para descrever a estrutura atual da Internet

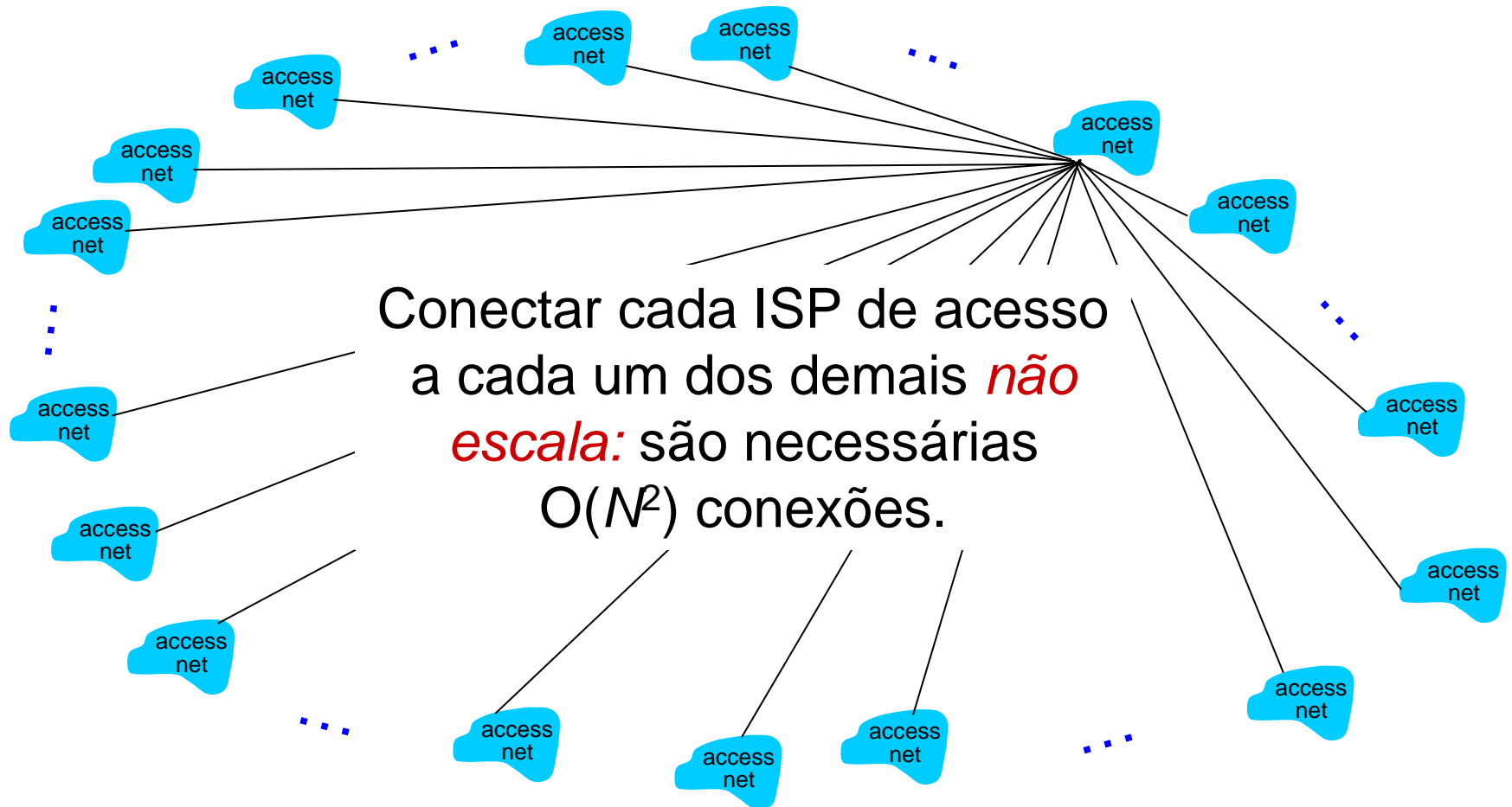
Estrutura da Internet: rede de redes

Pergunta: dados *milhões* de ISPs de acesso, como interligar todos eles?



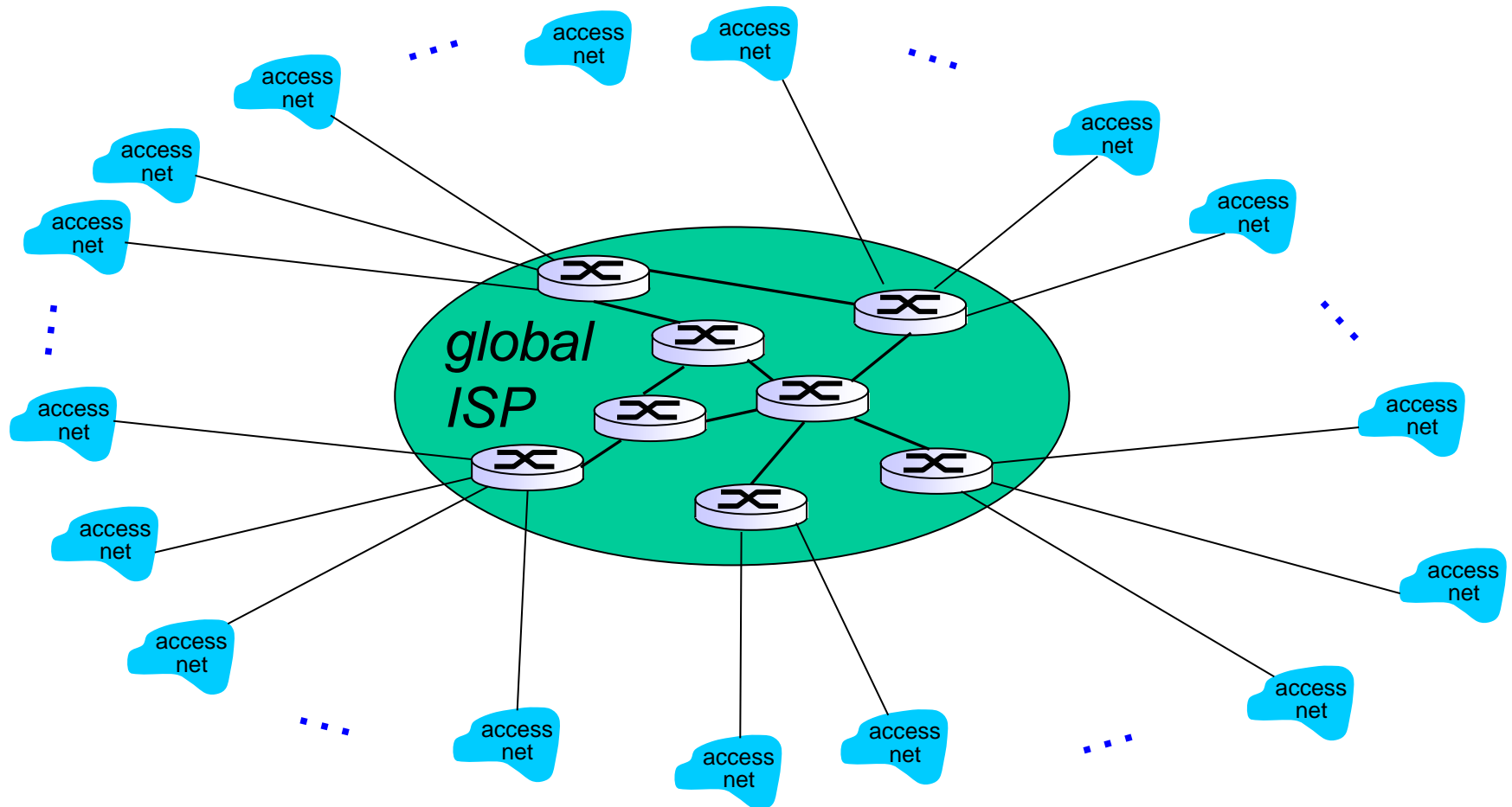
Estrutura da Internet: rede de redes

Opção: conectar cada ISP de acesso a cada um dos demais ISPs de acesso?



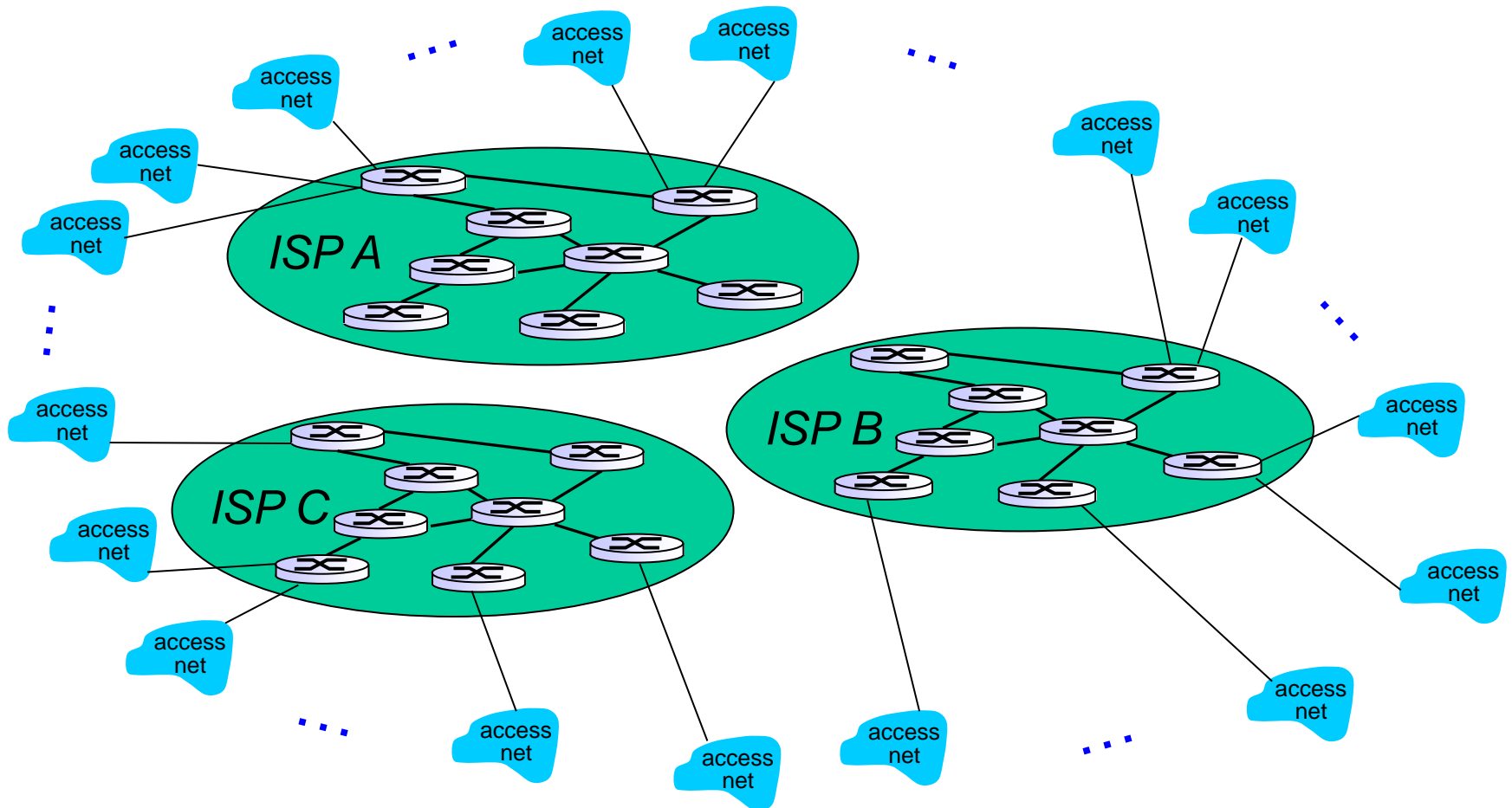
Estrutura da Internet: rede de redes

Opção: conectar cada ISP de acesso a um ISP de trânsito global?
Os ISPs de **usuário** e **provedor** têm um acordo econômico.



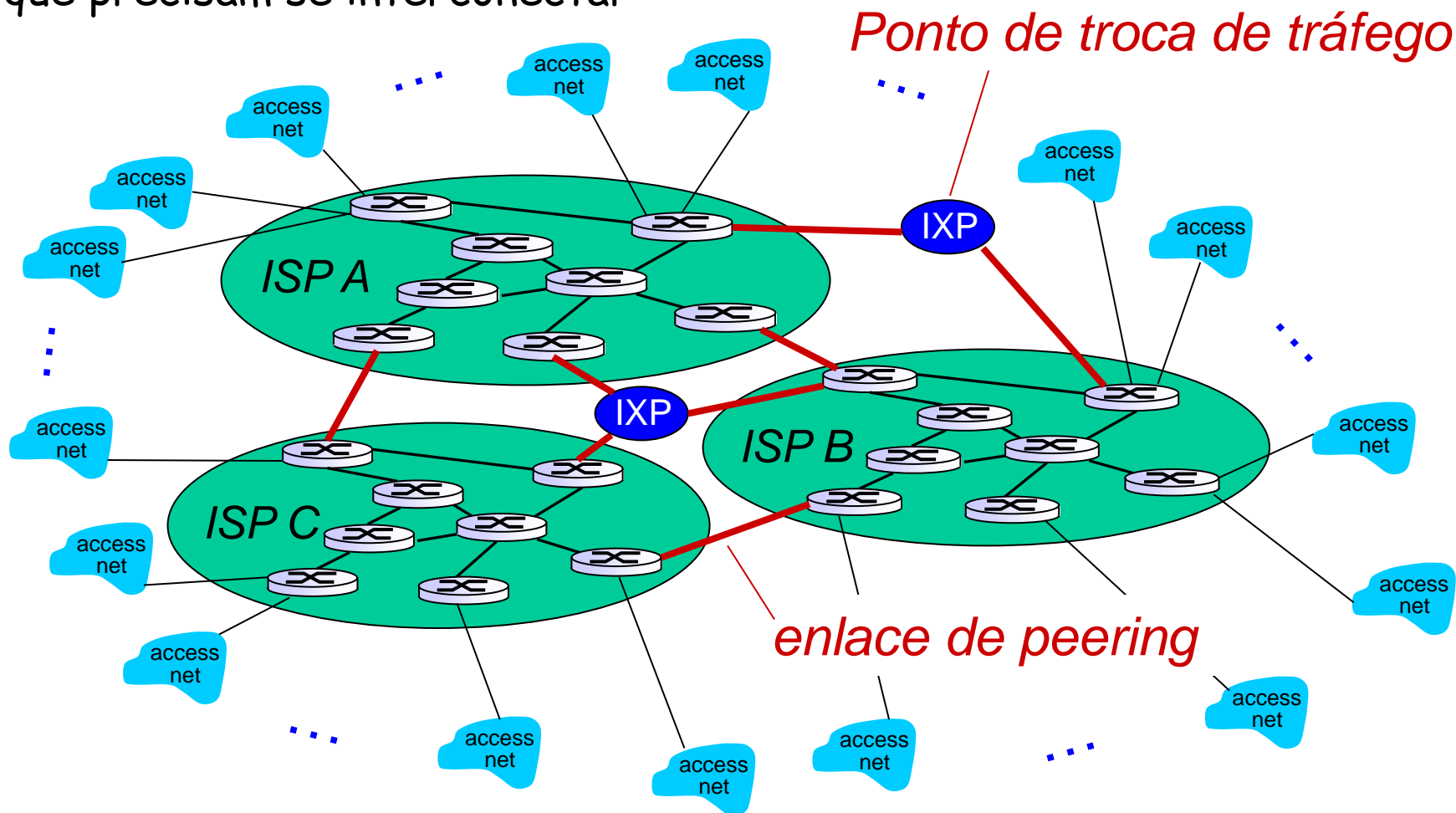
Estrutura da Internet: rede de redes

Mas, se um ISP global for um negócio viável, haverá competidores...



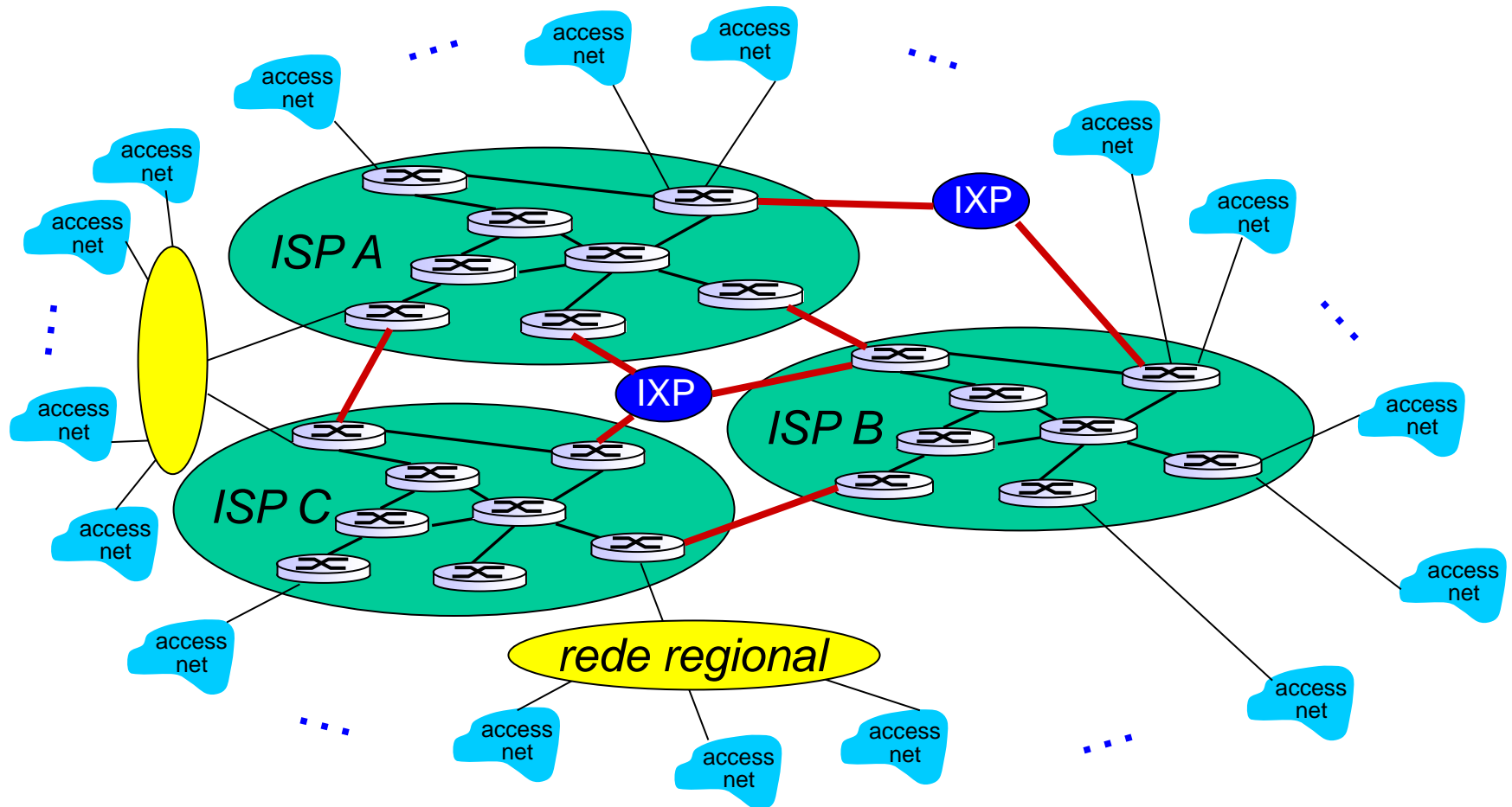
Estrutura da Internet: rede de redes

Mas, se um ISP global for um negócio viável, haverá competidores...
que precisam se interconectar



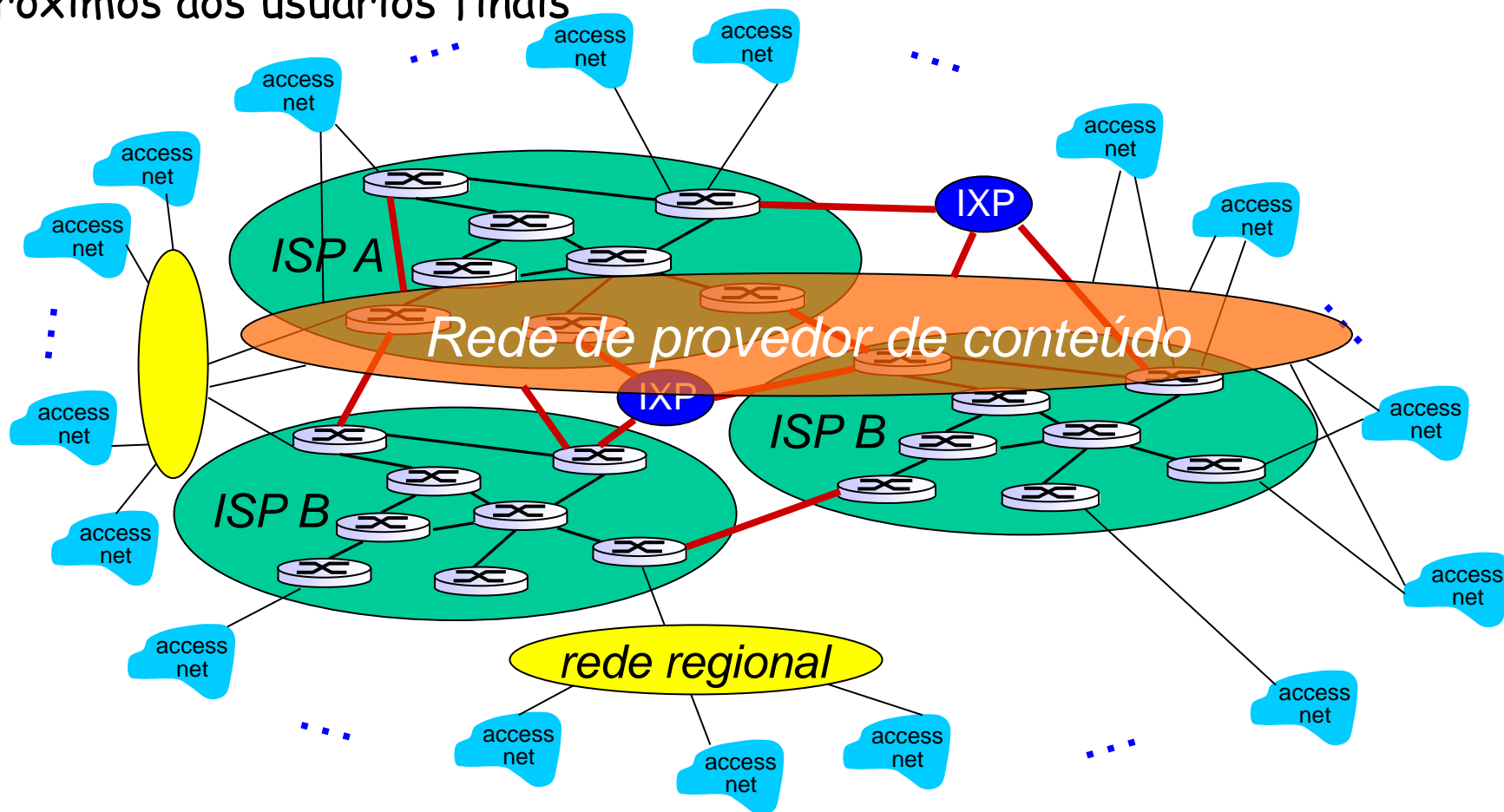
Estrutura da Internet: rede de redes

... e redes regionais podem surgir para conectar redes de acesso a ISPs

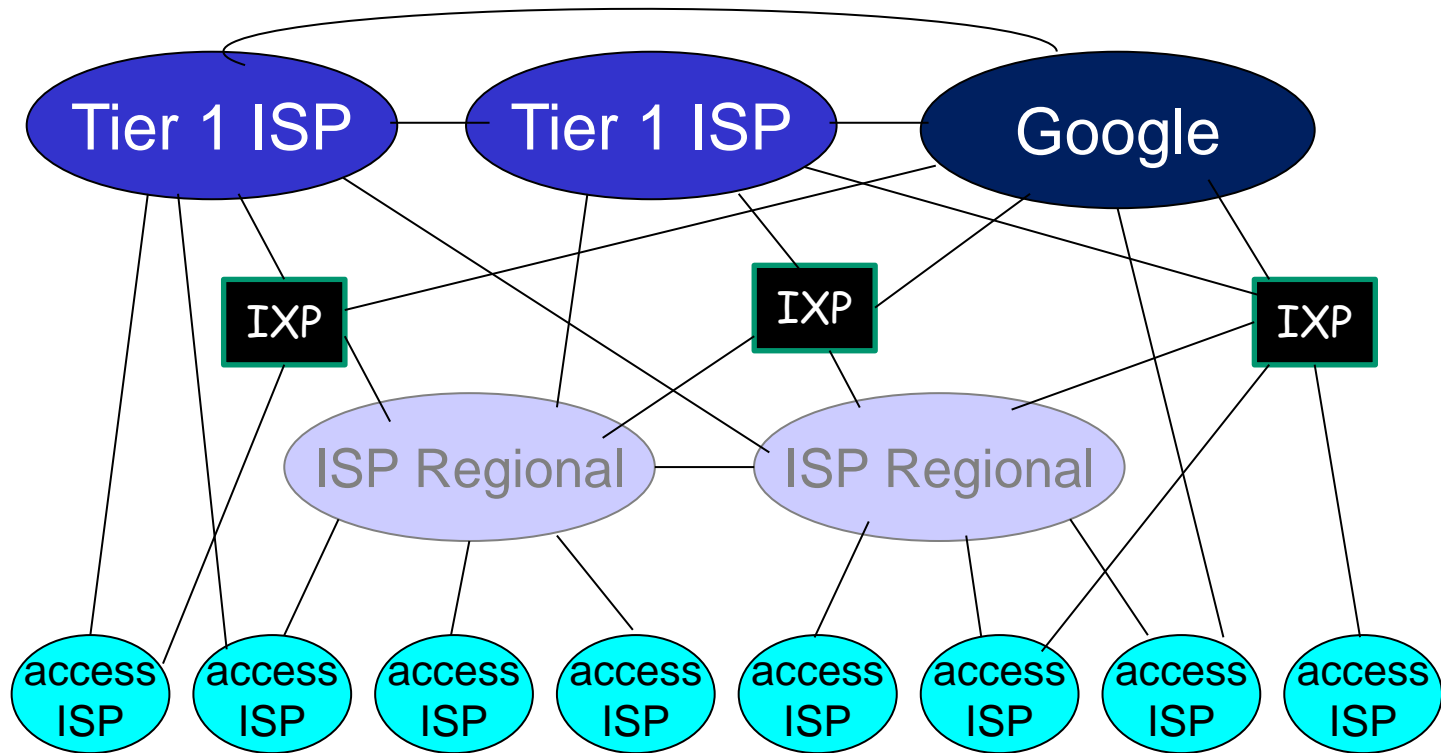


Estrutura da Internet: rede de redes

... e redes de provedores de conteúdo (ex.: Google, Microsoft, Akamai) podem criar as suas próprias redes, para levar serviços e conteúdos próximos aos usuários finais



Estrutura da Internet: rede de redes



- No centro: pequeno no. de grandes redes bem conectadas
 - **ISPs comerciais "tier-1"** (ex., Level 3, Sprint, AT&T, NTT), cobertura nacional e internacional)
 - **rede de provedor de conteúdo** (ex. Google): rede privada que conecta os seus centros de dados à Internet, normalmente "bypassando" ISPs tier-1 e regionais.

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

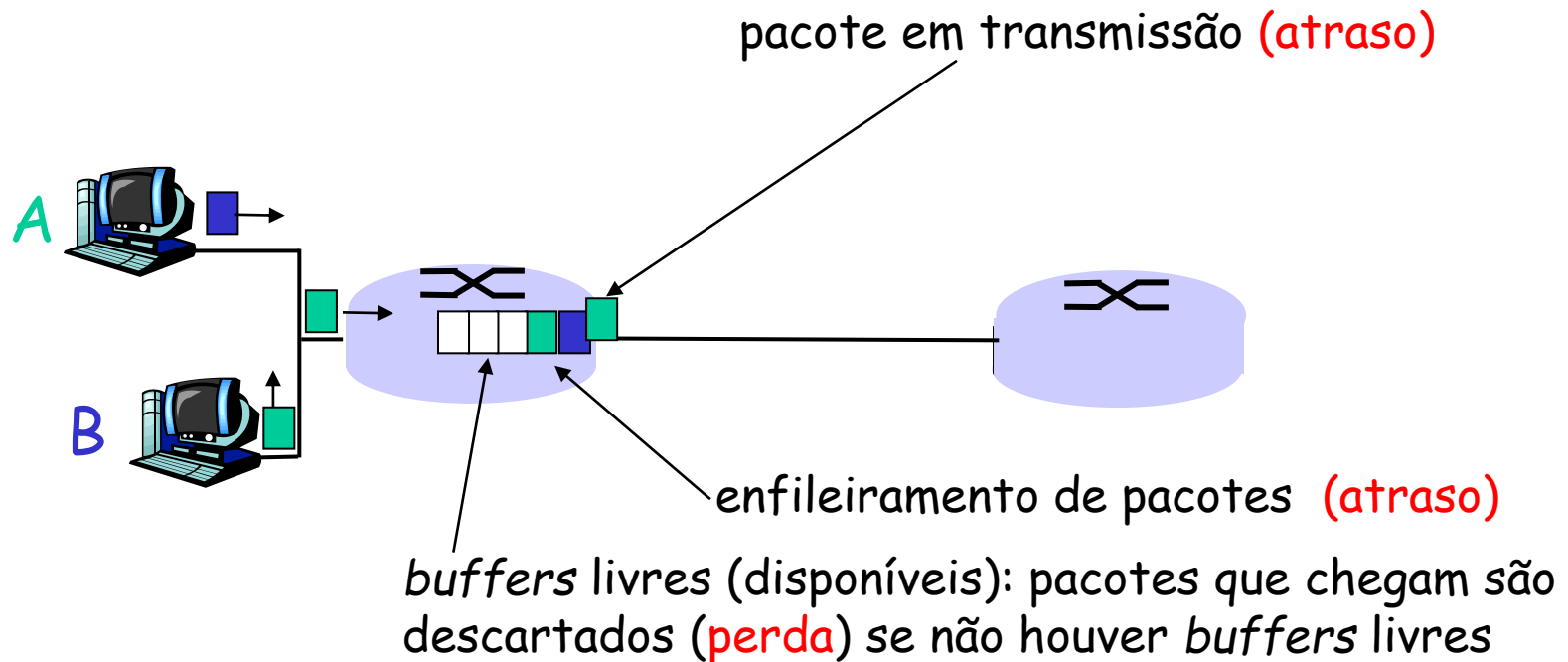
1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

Como ocorrem as perdas e atrasos?

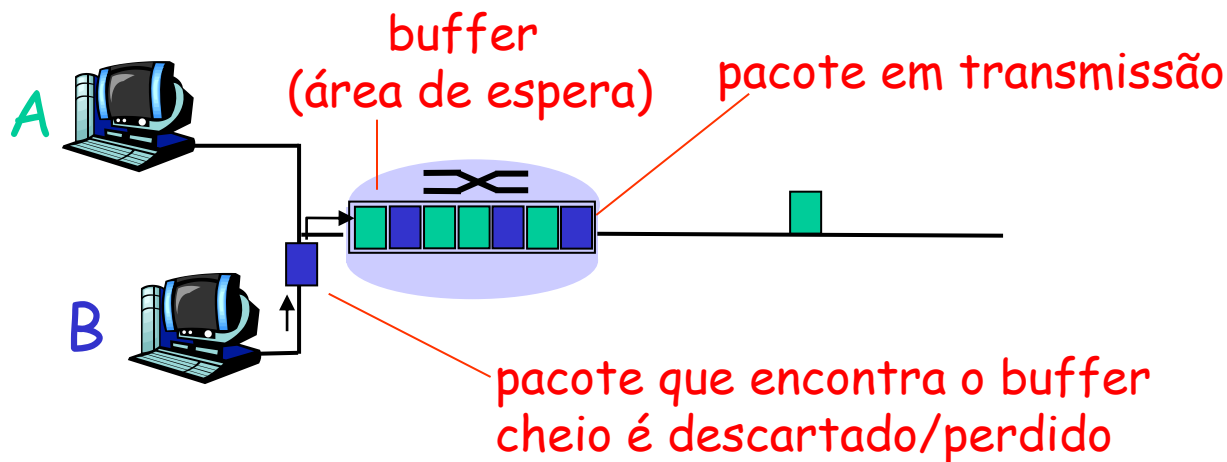
pacotes enfileiram nos buffers do roteador

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



Perda de pacotes

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

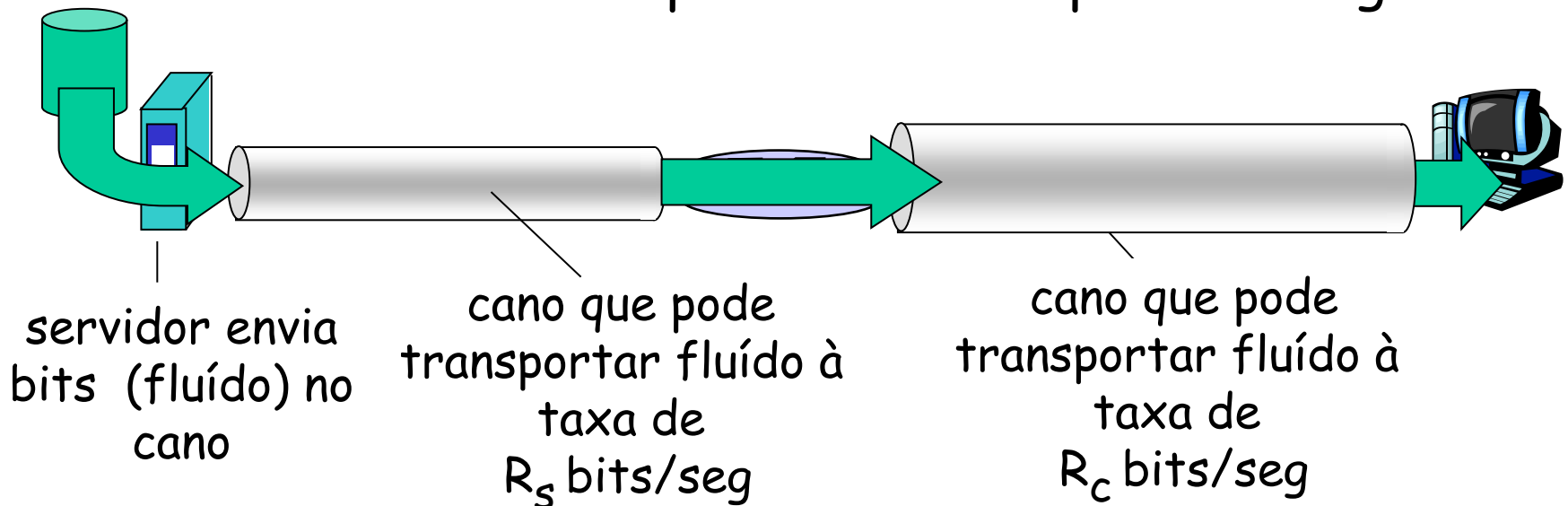


Vazão (Throughput)

r **vazão**: taxa (bits/unidade de tempo) na qual os bits são transferidos entre o transmissor e o receptor

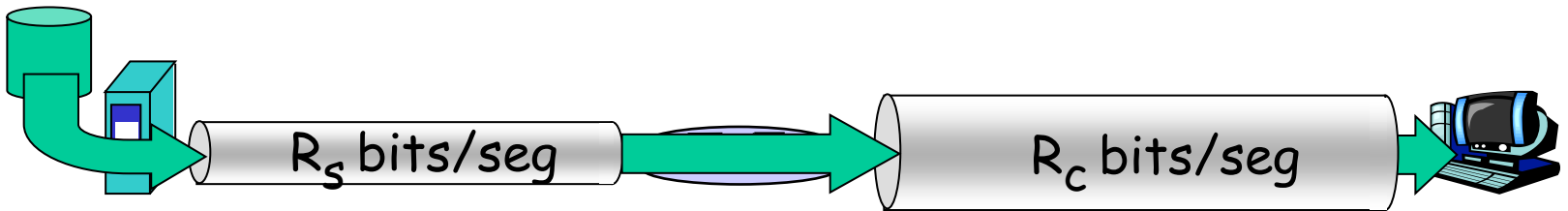
m **instantânea**: taxa num certo instante de tempo

m **média**: taxa num período de tempo mais longo

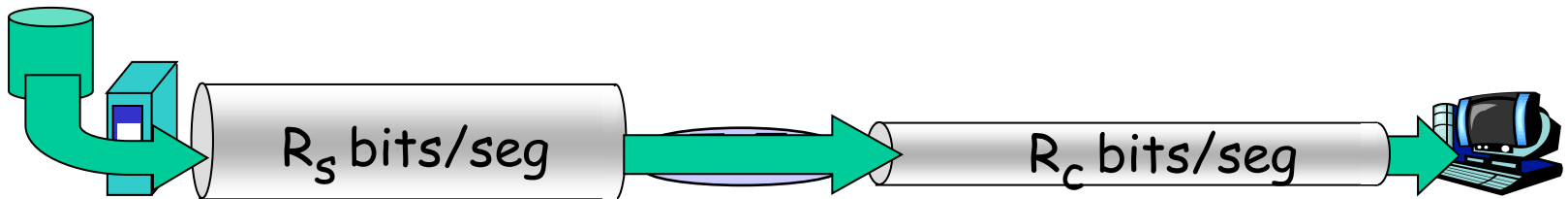


Vazão (mais)

r $R_s < R_c$ Qual é a vazão média fim-a-fim?



□ $R_s > R_c$ Qual é a vazão média fim-a-fim?



Enlace gargalo

link no caminho fim-a-fim que restringe a vazão fim-a-fim