

# PTC 3360

## I. Redes de comunicação – Parte I

(Kurose, Seções 1.1 e 1.2)

Agosto 2025

# I. Redes de comunicação

## *Objetivo:*

Introduzir a terminologia e a infraestrutura das redes de comunicação atuais

## *Abordagem:*

Usar a Internet como exemplo

## *Visão geral:*

- ❖ O que é a Internet?
- ❖ O que é um protocolo?
- ❖ **Borda da rede:** *hosts*, acesso a rede, meio físico
- ❖ **Núcleo da rede:** comutação por pacote e por circuito, estrutura da Internet

## *Conceitos básicos*

- ❖ Elementos e estrutura de redes
- ❖ Camadas de protocolos, modelos de serviço

# Conteúdo

---

A. O que é a Internet?

B. A borda da rede

- Sistemas finais, redes de acesso, enlaces

C. Núcleo da rede

- Comutação de pacotes, comutação de circuitos, estrutura da rede

D. Camadas de protocolos, modelos de serviços

# A. O que é a Internet ?

2 formas de responder essa pergunta:

i) Conjunto de *hardware* e *software*

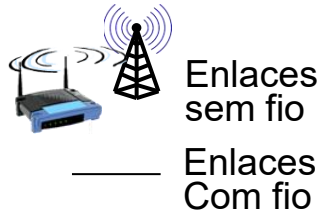
ii) Infraestrutura de serviços

# O que é a Internet? i) *hardware* e *software*



❖ Bilhões de *dispositivos computacionais* conectados  
(5,3 bilhões de usuários - 2023)

- *hospedeiros (hosts)* = sistemas finais
- rodam aplicativos (*apps*) de rede



❖ Enlaces de comunicação

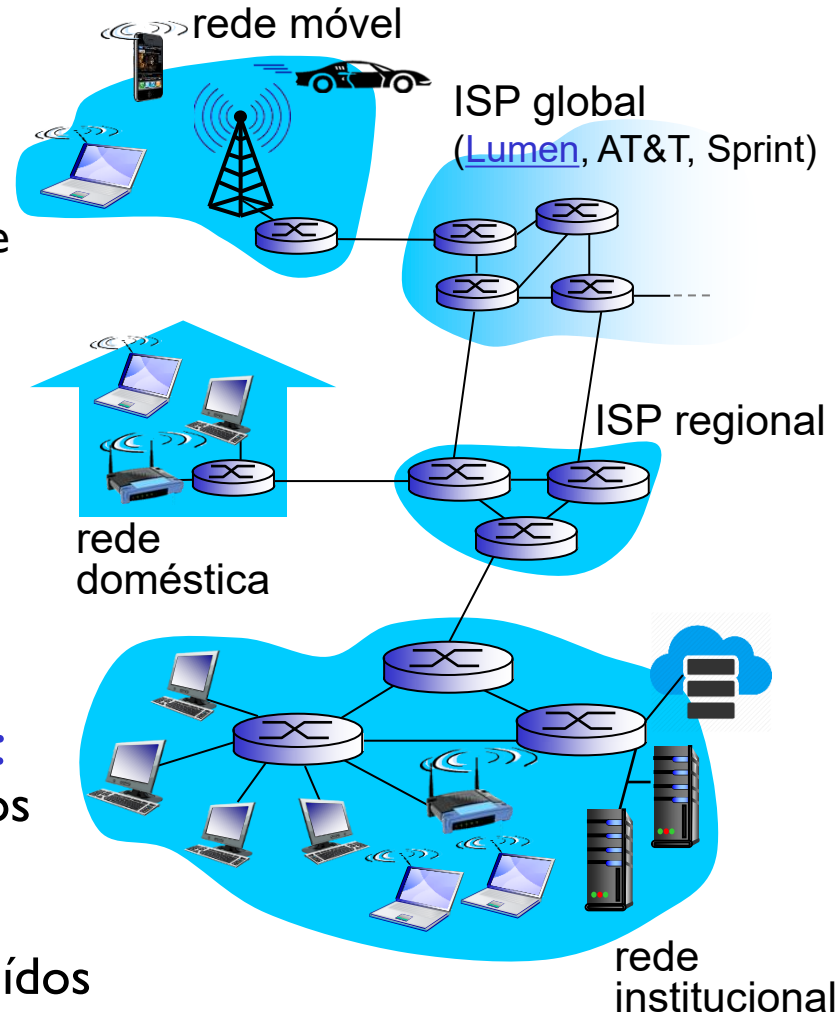
- Fibra ótica, cabos de cobre, enlaces de rádio (terrestre, satélite)



❖ Comutadores de pacotes:  
encaminham **pacotes** (conjuntos de bits)



❖ **Armazenamento:** dados distribuídos em várias unidades de disco rígidos e *solid-state drives (SSD)*



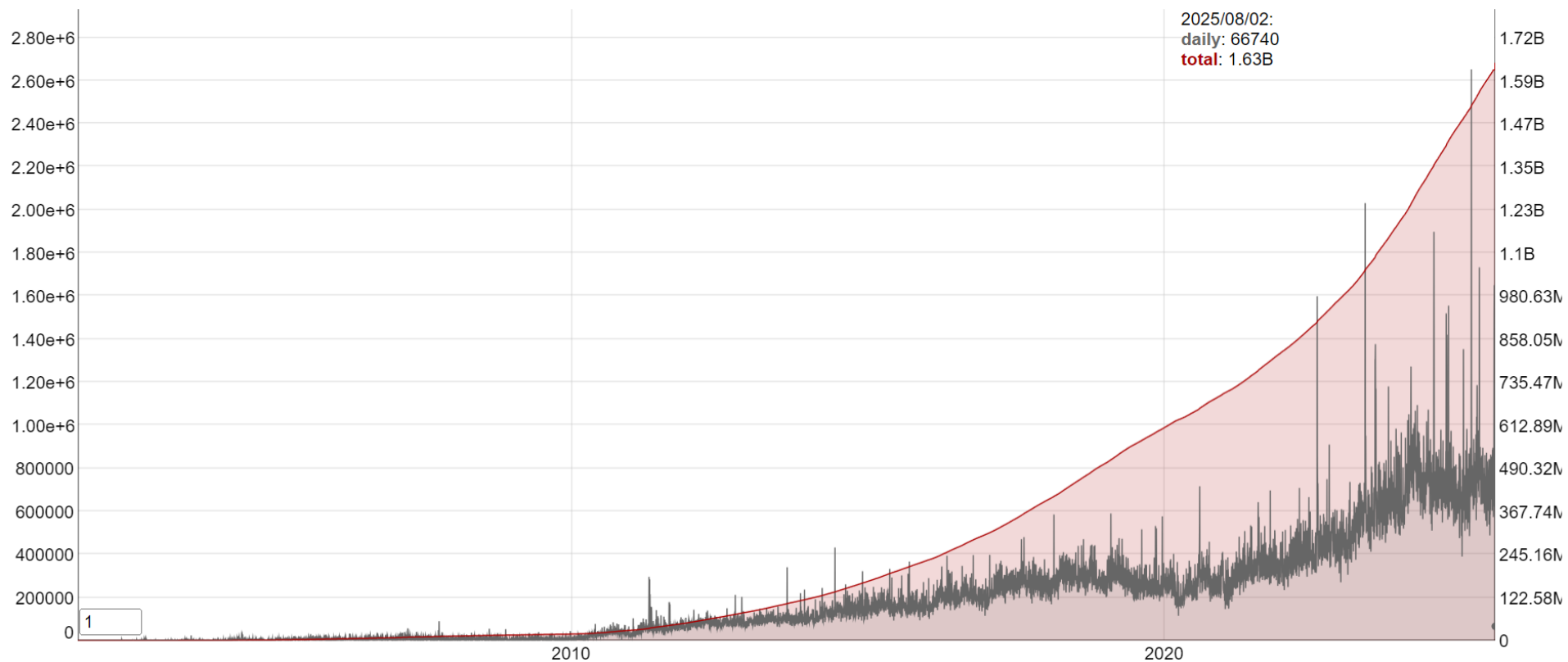
*ISP = Internet Service Provider*



Torre celular com diversos tipos de antena



Interior de um container de 12 m da Microsoft, data center de Chicago



- Em 02/08/2025, pelo menos
  - 1,6 bilhão de redes Wi-Fi no mundo
  - Brasil: 26,9 milhões (10º no mundo) – 8,0 milhões em São Paulo
- <https://wicle.net/stats>

# Como abordar um sistema tão complexo?

---

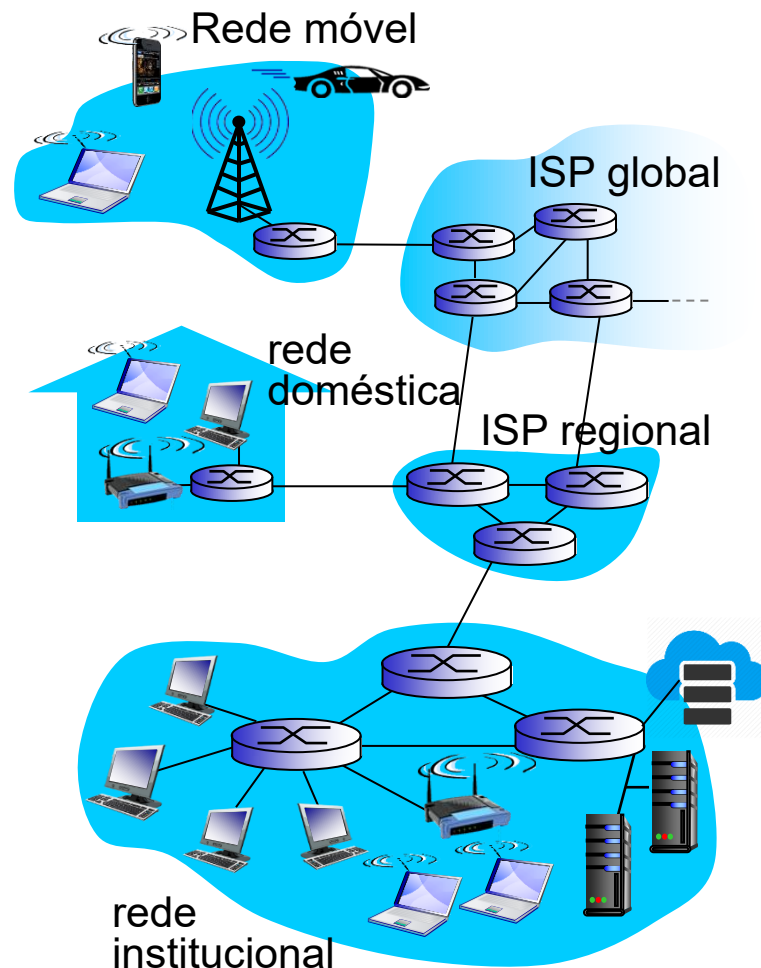
- ❖ *Dado que as redes de comunicação (Internet, por exemplo) são tão complexas, como estudar e entender seu funcionamento?*
- ❖ *Resposta:* Vamos focar em princípios e estrutura básicos – fundamentos para entender as redes não só de hoje mas do futuro também.
- ❖ Sem perder de vista conceitos mais gerais, usar **exemplos concretos vindos sobretudo da Internet.**
- ❖ Observação: O uso de acrônimos é disseminado na área de redes (**sopa de letras**), como você perceberá nas próximas aulas. Mas você não precisa se preocupar em decorá-los.





# O que é a Internet: i) *hardware* e *software*

- ❖ *Protocolos* controlam envio, recebimento de mensagens
  - Por exemplo, TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11
- ❖ *Padrões Internet*
  - IETF: **Internet Engineering Task Force**
    - RFC: Request for comments 9829 (02/08/25)
    - <https://www.ietf.org/standards/rfcs/>
  - IEEE (camadas de enlace e física)
    - Exemplo: **IEEE 802 Standards Committee** – Ethernet e WiFi
    - <http://www.ieee802.org/>



# O que é um protocolo?

## *Exemplos de protocolos humanos:*

- ❖ Falar “alô” ao iniciar uma conversa telefônica
- ❖ Levantar a mão para fazer uma pergunta na aula

... mensagens específicas enviadas

... ações específicas tomadas quando mensagens são recebidas

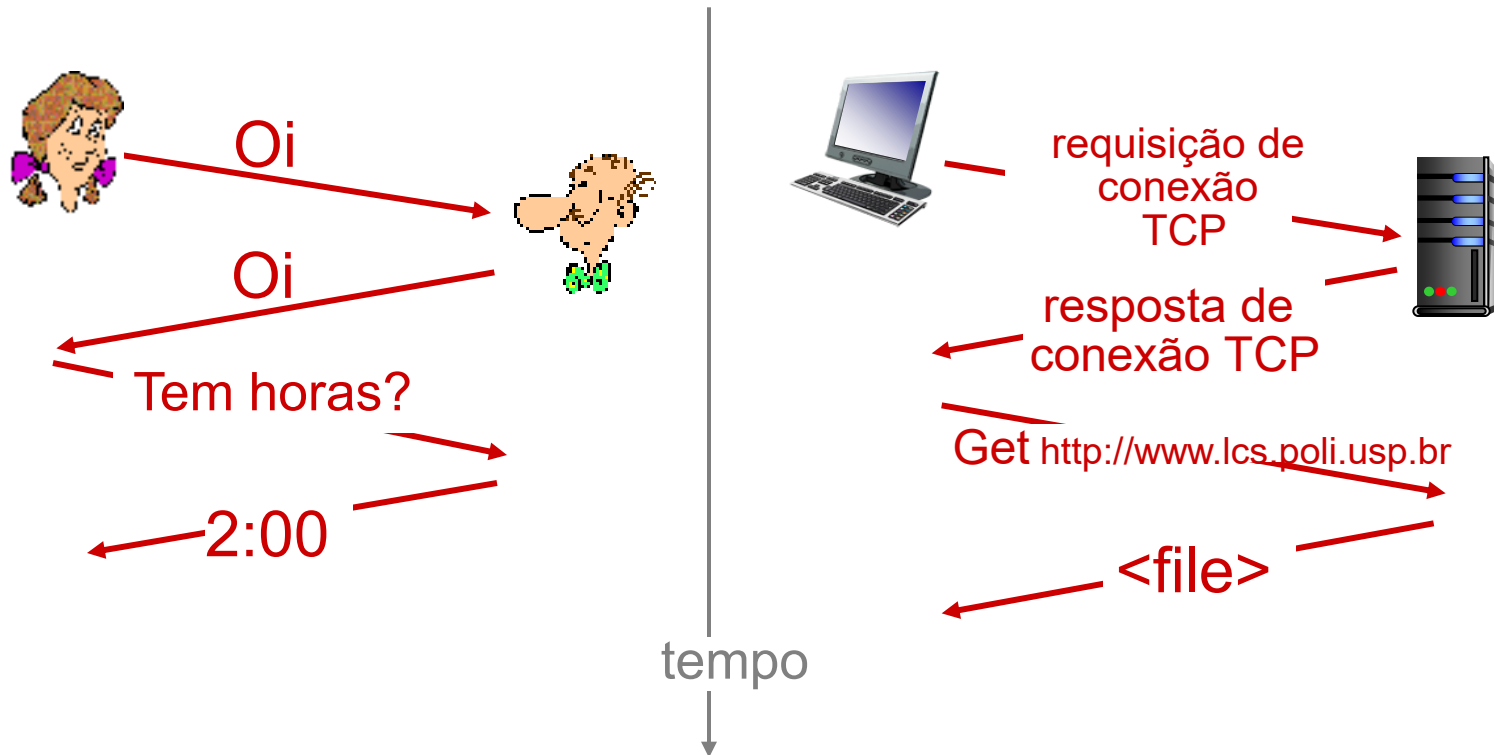
## *Protocolos de rede:*

- ❖ Máquinas ao invés de humanos
- ❖ Todas atividade de comunicação na Internet é governada por protocolos!

*Protocolos definem **formato** e **ordem** das **mensagens enviadas e recebidas** entre entidades da rede e **ações tomadas** quando da transmissão e recepção de mensagens*

# O que é um protocolo?

Um protocolo humano e um protocolo de rede de computadores



*Dominar a área de Redes de Comunicação é, em boa medida, entender o que, porquê e como dos protocolos de rede!*

# A. O que é a Internet ?

2 formas de responder essa pergunta:

i) Conjunto de *hardware* e *software*

ii) Infraestrutura de serviços

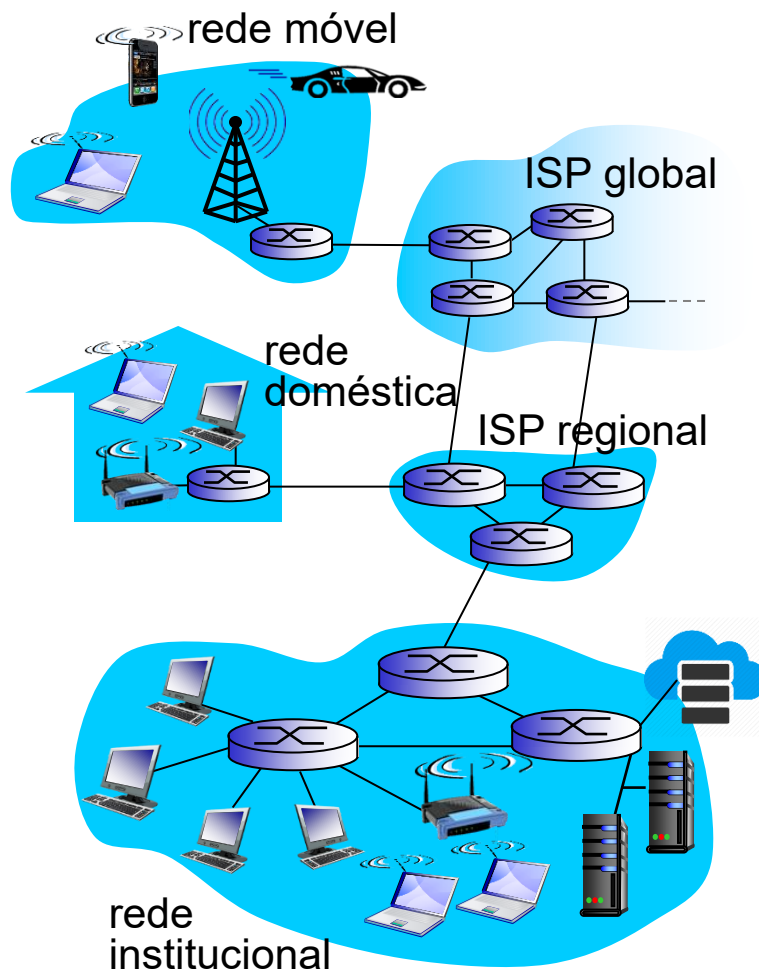
# O que é a Internet? ii) serviços

## ❖ *Infraestrutura que provê serviços a aplicativos (apps) que rodam em sistemas finais.*

- Exemplos de apps: Web, VoIP, email, jogos, e-commerce, redes sociais, ...

## ❖ *Provê interface de programação para apps (API)*

- Regras que permitem apps enviar e receber dados (mensagens).
- Pode prover várias opções de serviço, de forma análoga às cartas em um serviço postal convencional.



# Uma segunda olhada na estrutura da rede:

## ❖ *Borda da rede:*

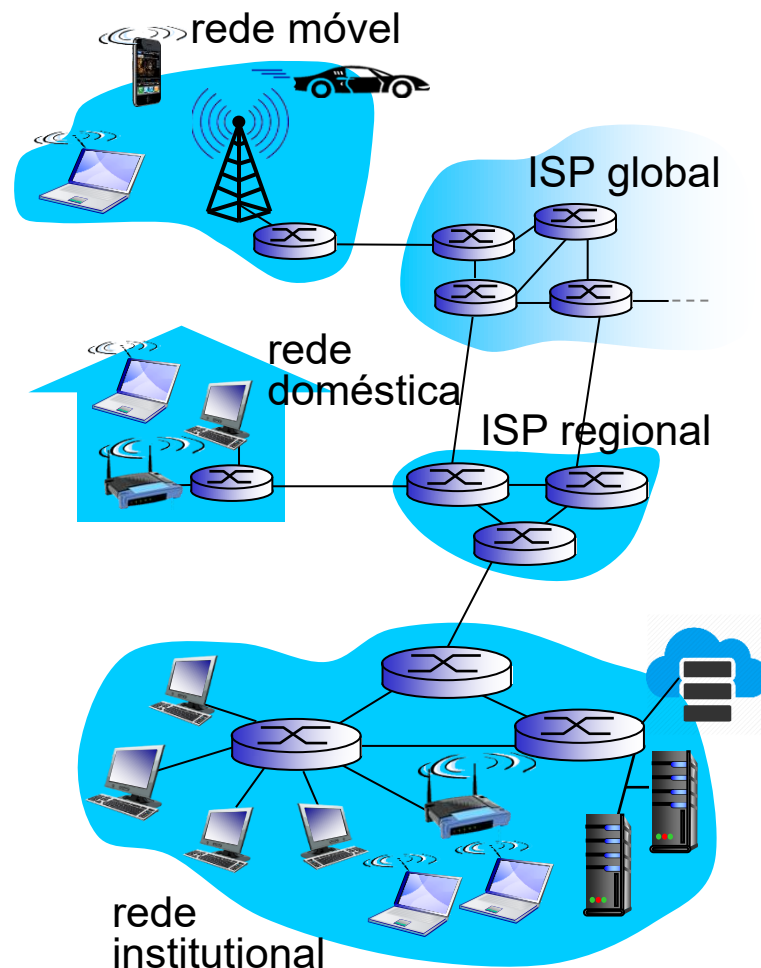
- *Hosts:* clientes e servidores
- Servidores muitas vezes em *data centers*
- Google – *data centers* com  $10^5$  servidores

## ❖ *Redes de acesso:*

- Redes que fisicamente conectam um *host* ao primeiro roteador (roteador de borda)
- Enlaces cabeados ou sem fio

## ❖ *Núcleo da rede:*

- ISPs interconectados
- Rede de redes



# Conteúdo

---

A. O que é a Internet?

B. A borda da rede

- Sistemas finais, redes de acesso, enlaces

C. Núcleo da rede

- Comutação de pacotes, comutação de circuitos, estrutura da rede

D. Camadas de protocolos, modelos de serviços

# Hosts diferentes (Internet das coisas)



Porta retrato IP

<http://www.ceiva.com/>



Torradeira com acesso à Web +  
Previsão do tempo

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/1264205.stm>



Fitbit



Tweet-a-watt:  
Monitoramento do uso de energia  
<https://learn.adafruit.com/tweet-a-watt/>



Refrigerador  
Internet



Amazon echo



carros



Pacemaker & Monitor



AR devices 1-16



# Hosts diferentes: convergência com telefonia



Internet *phones*

# Conteúdo

---

A. O que é a Internet?

B. A borda da rede

- Sistemas finais, redes de acesso, enlaces

C. Núcleo da rede

- Comutação de pacotes, comutação de circuitos, estrutura da rede

D. Camadas de protocolos, modelos de serviços

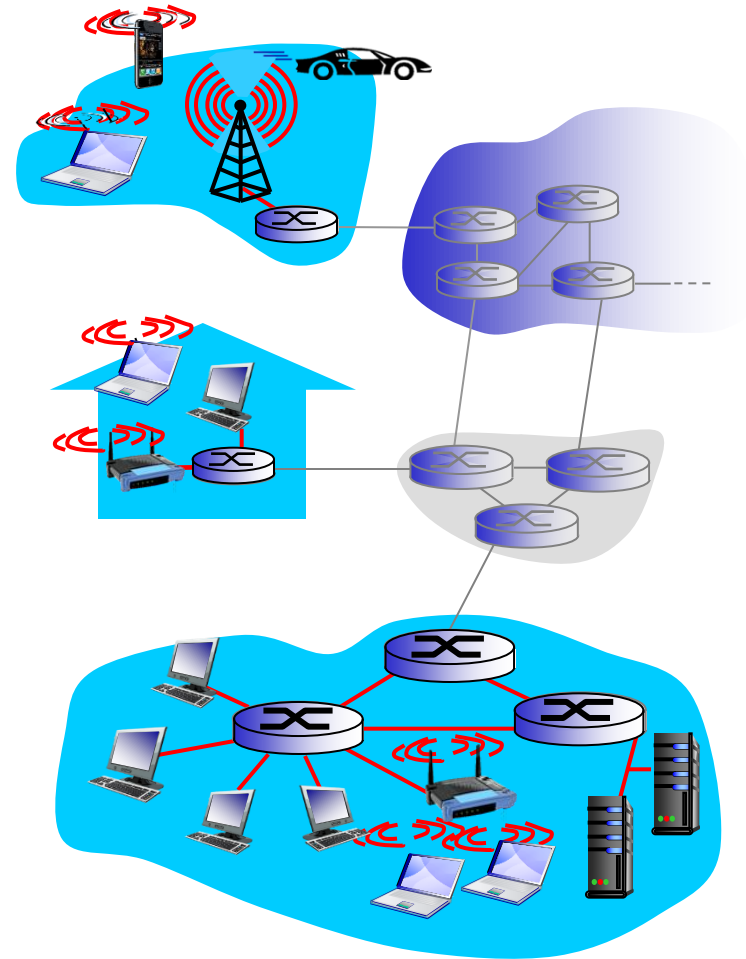
# Redes de acesso e meio físico

*Q: Como conectar sistemas finais aos roteadores da borda?*

- ❖ 1. Redes de acesso móvel
- ❖ 2. Redes de acesso residencial
- ❖ 3. Redes de acesso institucionais

*Propriedades:*

- ❖ Taxa de transmissão (bits por segundo) do acesso à rede.
- ❖ Compartilhado ou dedicado?



# I. Redes de acesso móvel

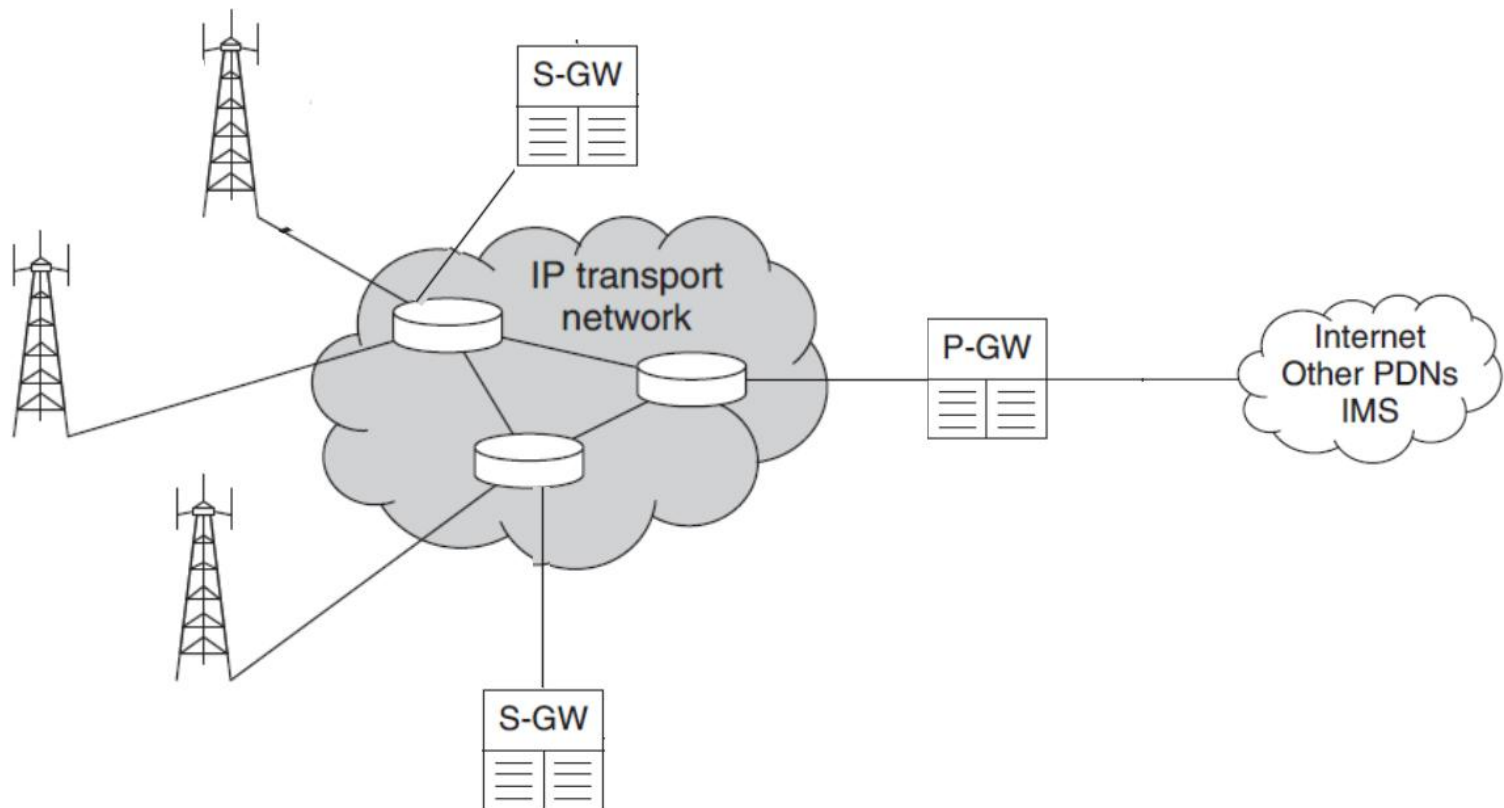
---

## Cenário:

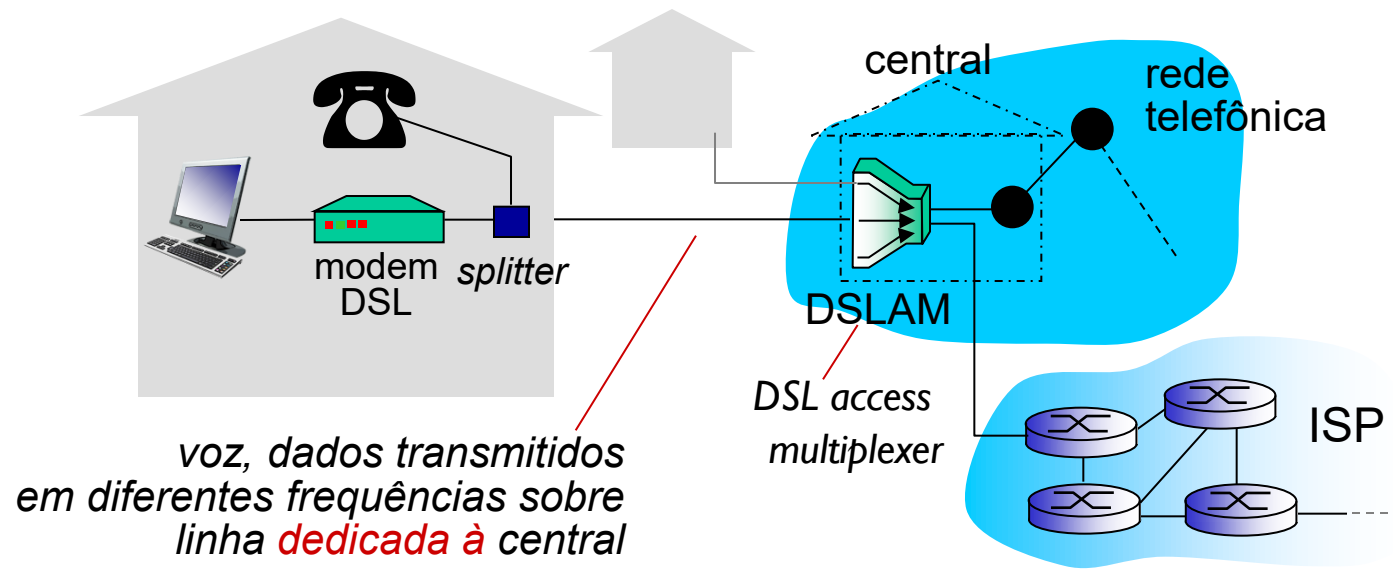
- ❖ Número de assinantes de telefonia celular com acesso a rede – 266 milhões de celulares no Brasil no 2º trimestre de 2025 para uma população de 203 milhões.
- ❖ 2 importantes (mas diferentes) desafios
  - *Sem fio*: comunicação sobre enlace sem fio
  - *Mobilidade*: tratamento do usuário móvel que muda de ponto de conexão à rede
  - Mais desafiante: ambos ao mesmo tempo – VoIP em um carro a 120 km/h

# Exemplo de rede de acesso móvel: LTE (celular 4G)

Sistemas LTE usam **uma rede de pacotes própria** para conectar as estações rádio-base com os servidores (S-GW) e as interfaces externas (P-GW) do seu **núcleo de rede**

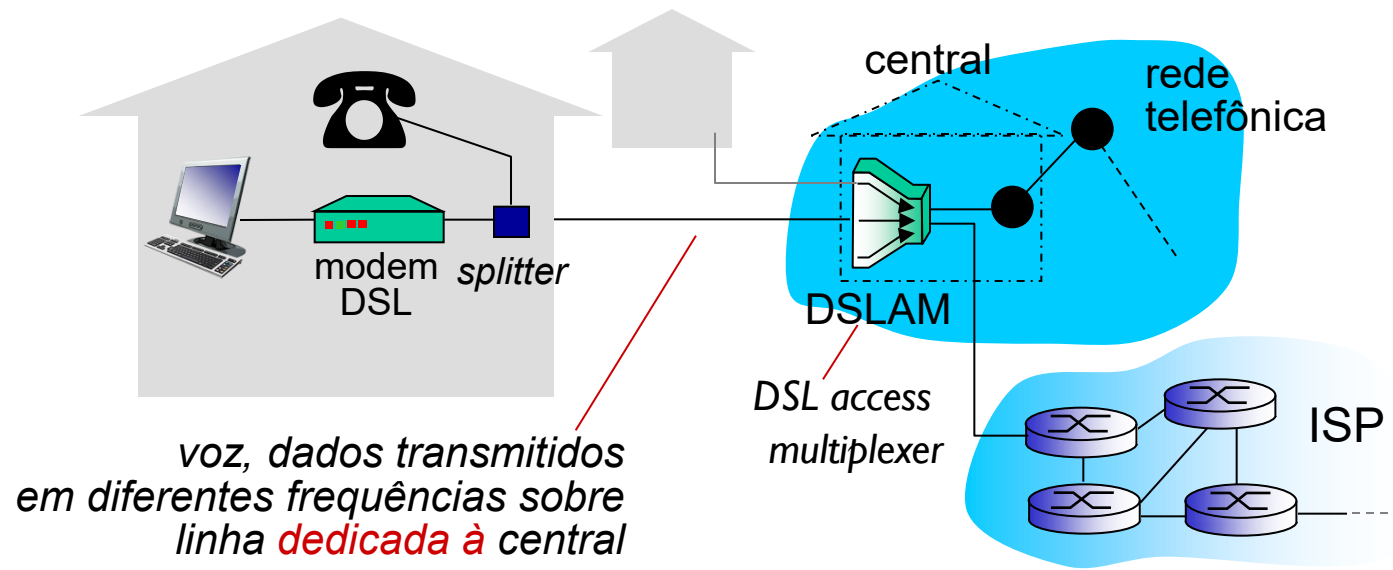


## 2. Acesso residencial – Exemplo: *Digital Subscriber Line (DSL)*



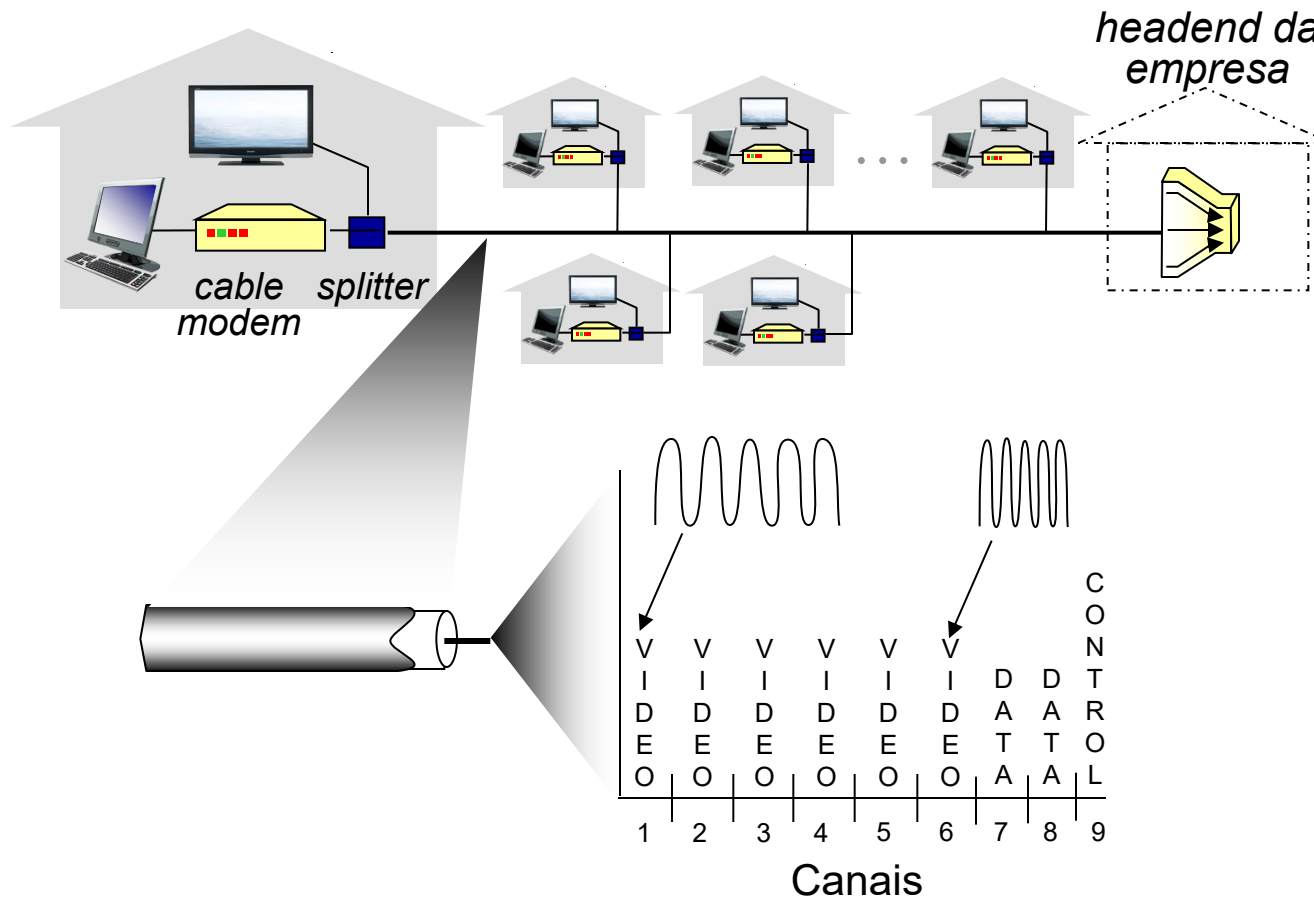
- ❖ Fornecido por companhia telefônica (Ex: Vivo)
- ❖ Usa linha telefônica **existente** até o DSLAM da central
- ❖ “3 enlaces” na mesma linha (multiplexação em frequência)
  - ❖ canal telefônico convencional bidirecional na faixa entre 0 e 4 kHz
  - ❖ canal *upstream* de média velocidade na faixa de 4 kHz a 140 kHz
  - ❖ canal *downstream* de alta velocidade na faixa de 140 kHz a 2,2 MHz

## 2. Acesso residencial – Exemplo: *Digital Subscriber Line* (DSL)



- Na central:
  - dados sobre a linha telefônica DSL vão para a Internet
  - voz sobre a linha telefônica DSL vai para a rede telefônica
- Taxas de transmissão (*assimétrico*): <https://en.wikipedia.org/wiki/G.992.5>
  - ❖ < 3 Mbps taxa de transmissão *upstream* (típico < 1 Mbps)
  - ❖ < 24 Mbps taxa de transmissão *downstream* (típico < 10 Mbps)

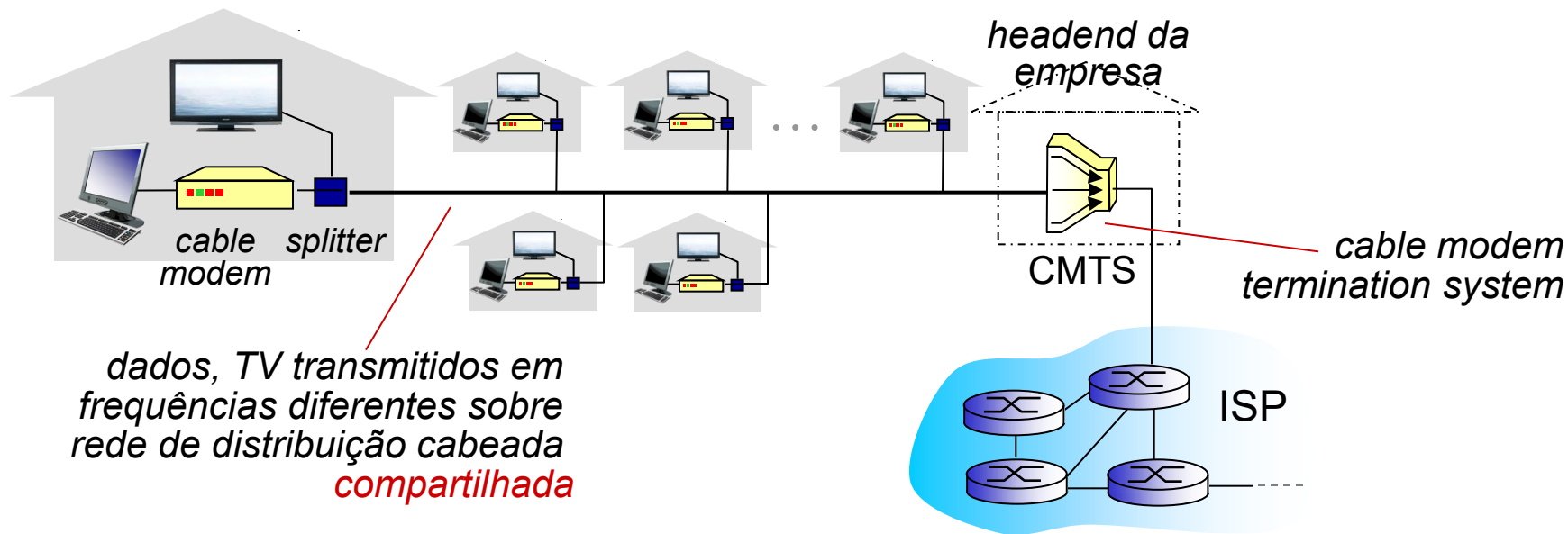
## 2. Exemplo de redes de acesso residencial: rede da TV a cabo



- ❖ Fornecido por empresa de TV a cabo (Ex: Virtua da Net)
- ❖ **Multiplexação por divisão de frequência:** canais diferentes transmitidos em bandas de frequência diferentes

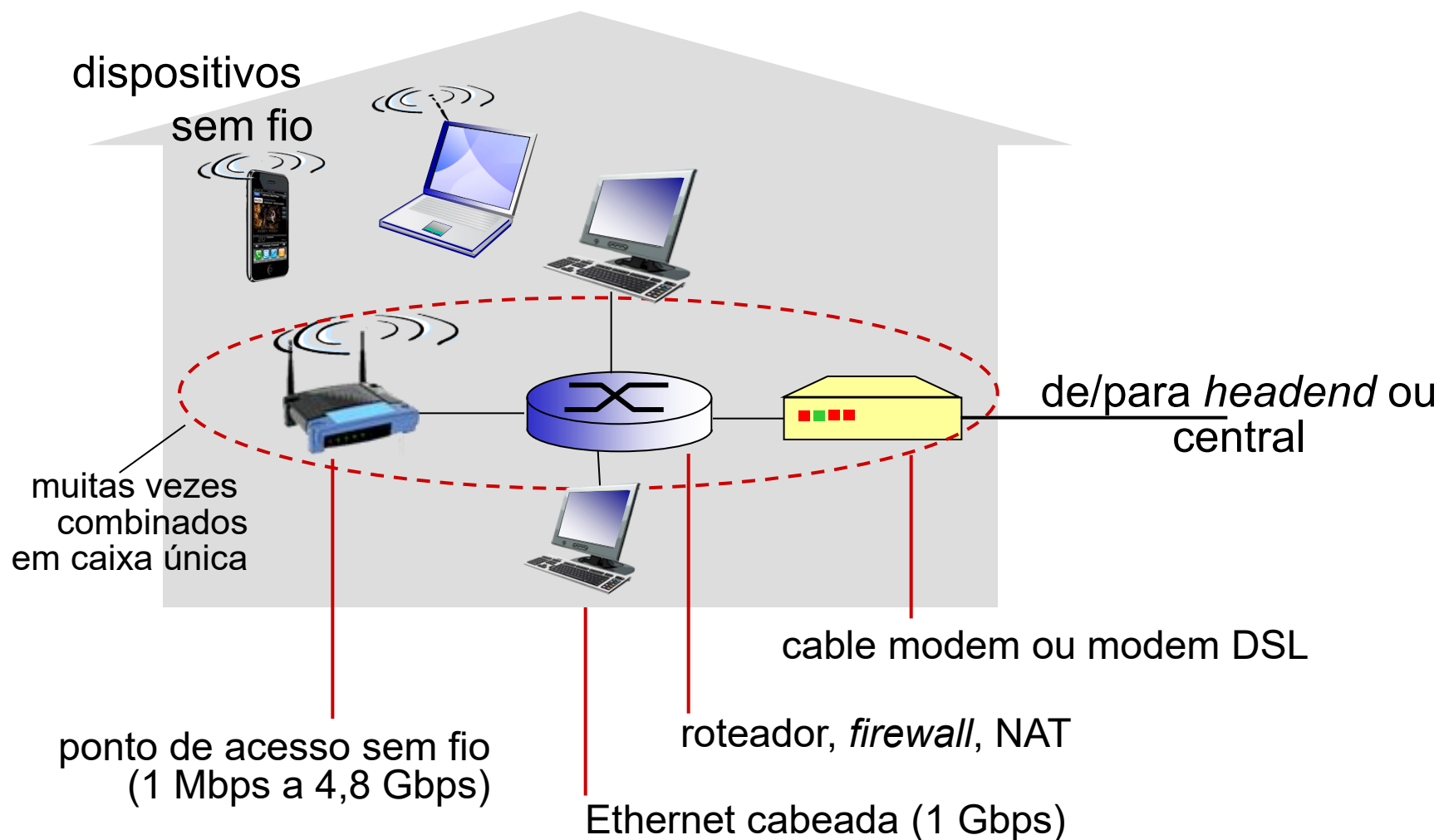


## 2. Exemplo de redes de acesso residencial: rede da TV a cabo

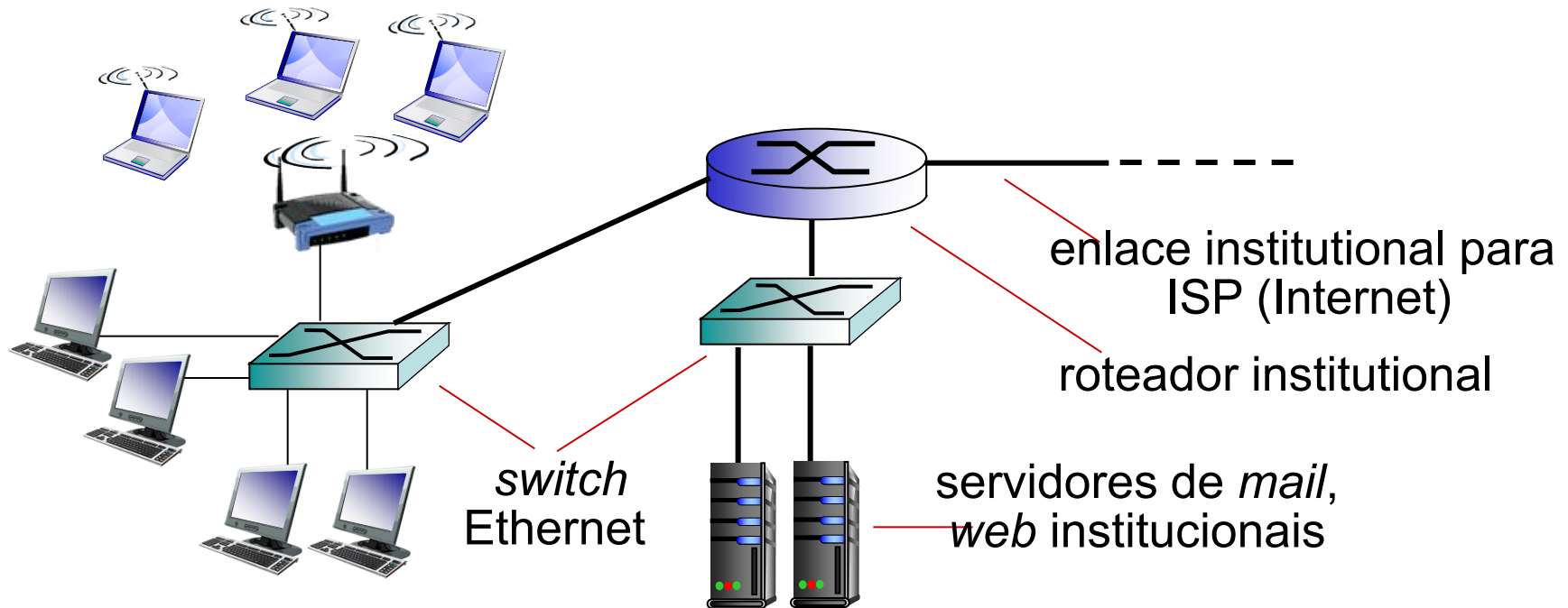


- ❖ **HFC: hybrid fiber coax**
- ❖ **Assimétrico:** até 10 Gbps de taxa de transmissão *downstream*, 1 Gbps de taxa de transmissão *upstream* (DOCSIS 4 - <https://en.wikipedia.org/wiki/DOCSIS>)
- ❖ Residências **partilham rede de acesso até headend** da empresa; diferente do DSL, que tem acesso dedicado até a central
  - necessário protocolo para endereçar e evitar colisões! (Veremos...)
  - cada pacote enviado ao headend chega a todos os usuários!
  - taxa disponível para cada usuário pode ser afetada pelo uso feito pelos outros

## 2. Redes de acesso residencial: rede doméstica



### 3. Redes de acesso institucionais



- ❖ Tipicamente usadas em empresas, universidades, etc
- ❖ Taxas de transmissão de 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps
- ❖ Atualmente, sistemas finais tipicamente conectam-se em *switch Ethernet*
- ❖ Veremos muito mais detalhes sobre roteadores, switches, etc. em breve...