

T202-B/C - Redes de Computadores

01 – Fundamentos de Redes de Computadores

(Arquiteturas – Classificação – Comutação – Atrasos)

Prof. Edson J. C. Gimenez
soned@inatel.br

2024/Sem2

Referência principal:

- Kurose & Ross. Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down, 6ª ed. Pearson, 2013. Capítulo 1.

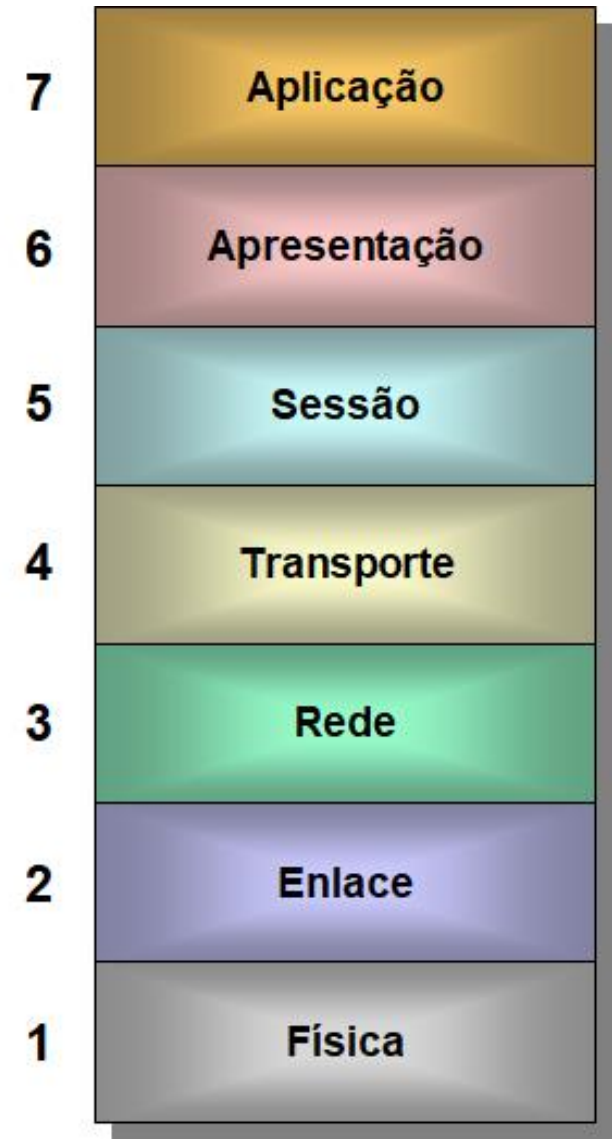


Outras referências:

- Tanenbaum & Wetherall. Redes de Computadores, 5ª ed. Pearson, 2011.
- Forouzan & Mosharraf. Redes de Computadores: uma abordagem top-down. Porto Alegre: AMGH Ed. (McGraw-Hill/Bookman), 2013.
- Stallings & Case. Redes e Sistemas de Comunicação de Dados, 7a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016
- Farrel. A Internet e seus Protocolos: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

Modelo OSI

- ✓ OSI - *Open System Interconnection*
 - Modelo de referência lançado em 1984 pela ISO.
 - Proporcionou aos fabricantes padronizar um conjunto de funcionalidades que garantiram uma maior compatibilidade e interoperabilidade entre as várias tecnologias de rede.
- ✓ Define, na verdade, funcionalidades a serem desenvolvidas, agrupadas em camadas.

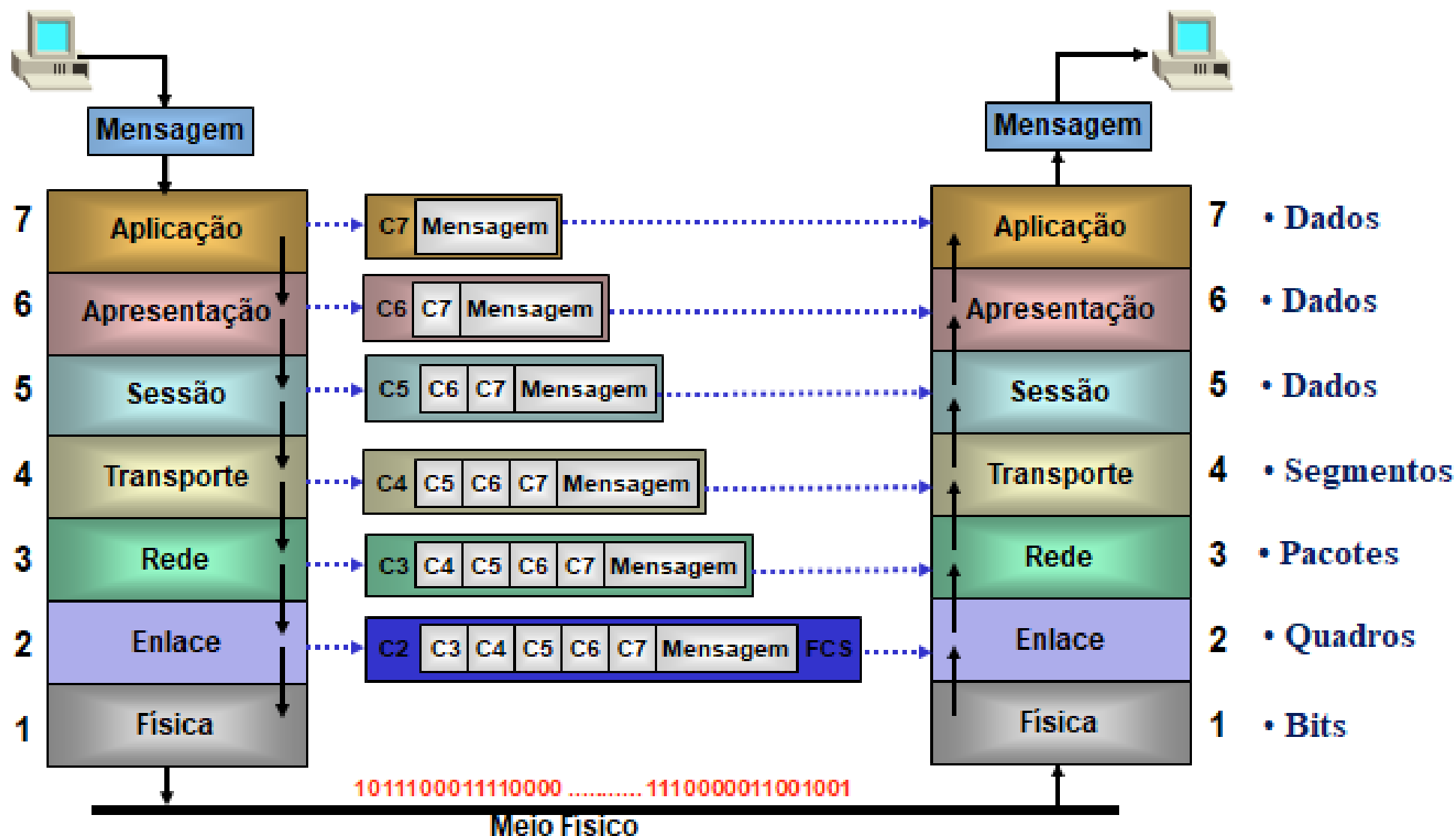


Adaptado: TL016/Inatel

Resumo das funcionalidades em cada camada OSI

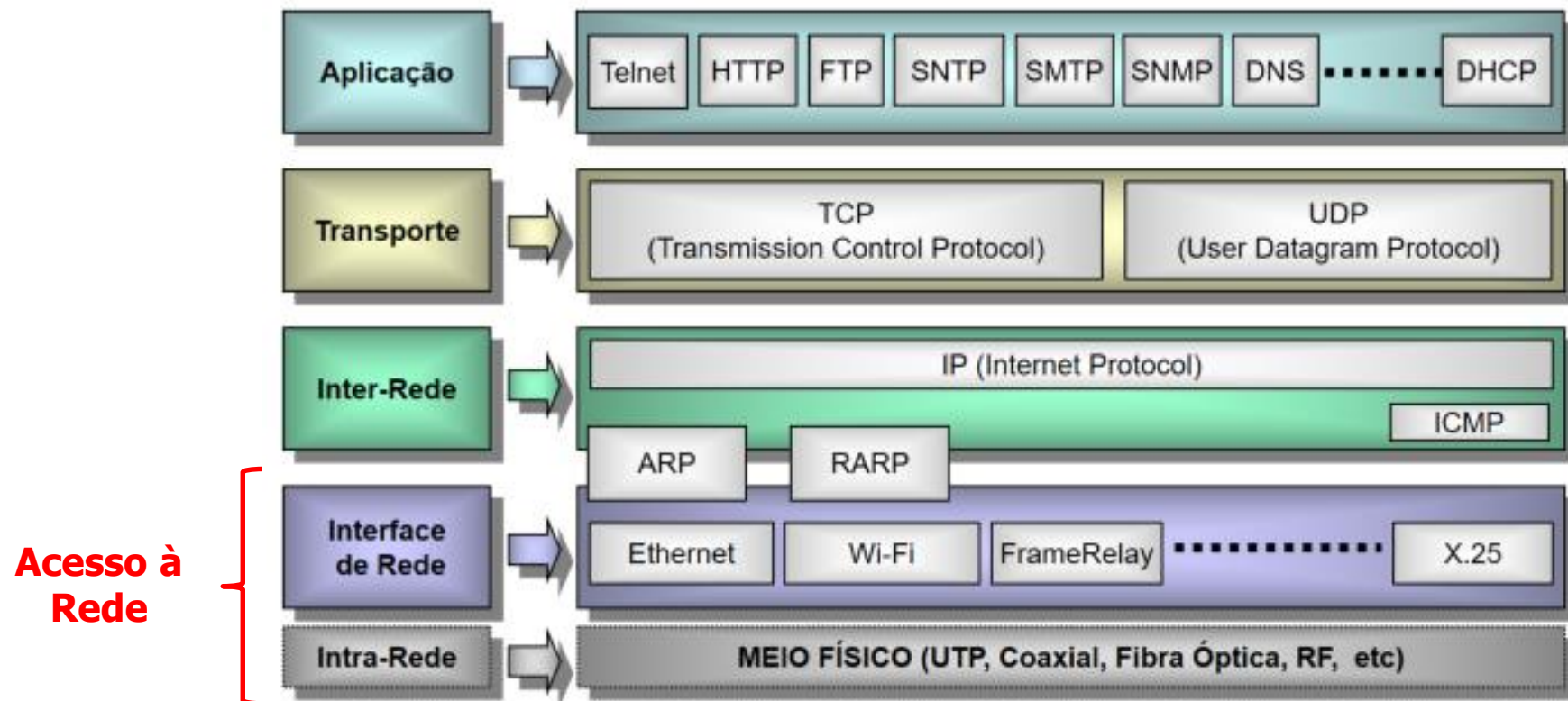
- Aplicação: serviços de rede para as aplicações
- Apresentação: formatação e sintaxe dos dados, criptografia e compressão
- Sessão: gerência de diálogos entre aplicativos
- Transporte: gerência de conexões fim-a-fim (circuitos virtuais), confiabilidade fim-a-fim, controle de fluxo
- Rede: conectividade e seleção de caminhos (roteamento), endereçamento lógico
- Enlace: controle de erros ponto a ponto, controle de acesso ao meio, endereço físico
- Física: interfaces, sinalização, meios de tx

Processo de encapsulamento/desencapsulamento

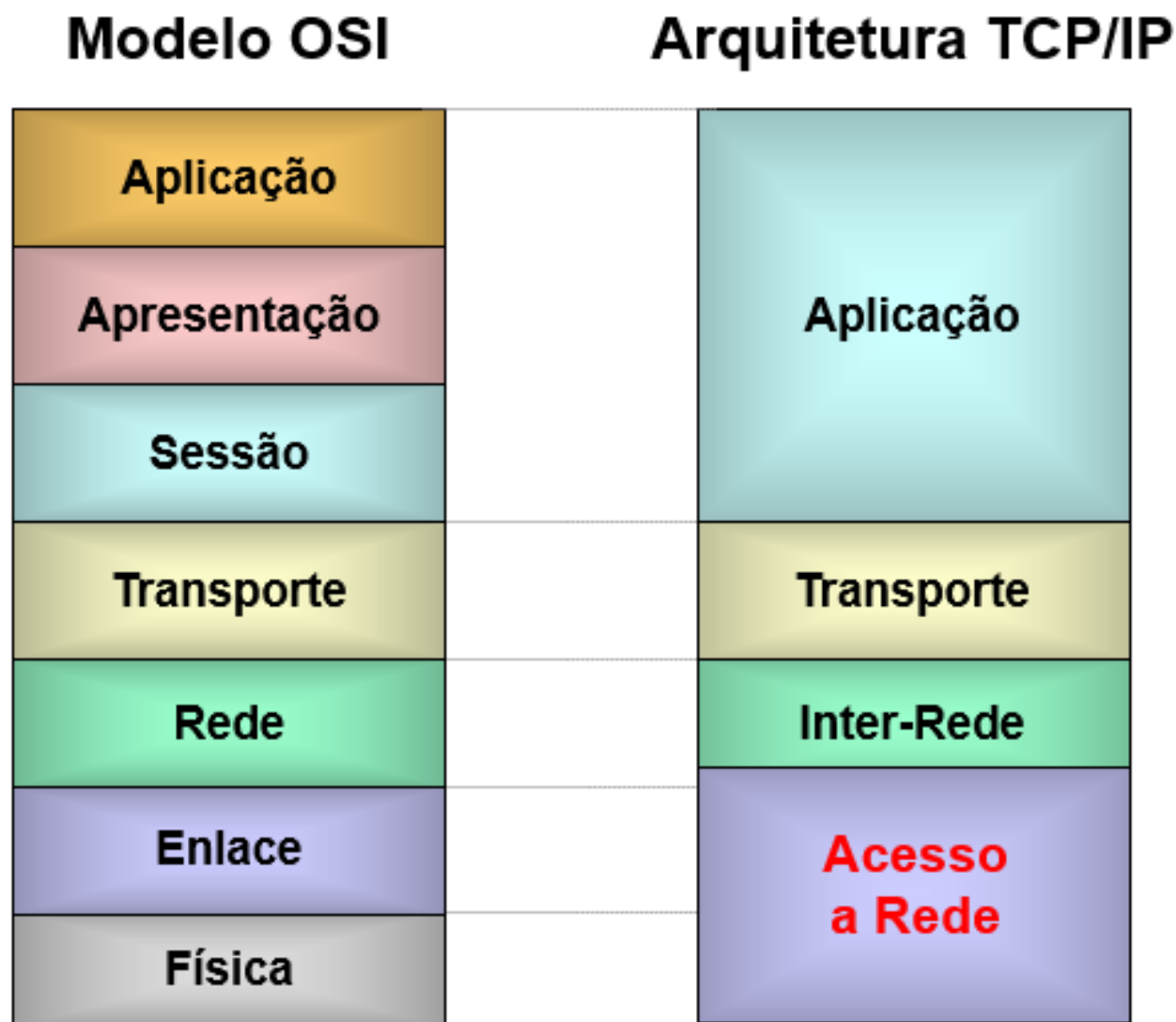


Pilha TCP/IP

- Versão padronizada em 1981.
- Ideia chave: fornecer uma transmissão confiável de dados para qualquer destino da rede, sob quaisquer circunstâncias.
- Tornou-se o padrão no qual se baseou a Internet.
- Denominada “pilha de protocolos TCP/IP”:



Modelo OSI x Pilha TCP/IP



Adaptado: TL016/Inatel

Redes Locais - LANs

✓ Características:

- Operam dentro de uma área geográfica limitada
- Controle privativo da rede, sob administração local
- Fornece conectividade ininterrupta aos serviços locais

✓ Principais tecnologias:

- Ethernet (IEEE802.3)
- Wi-Fi (IEEE802.11)

Redes Longa Distância – WANs

✓ Características:

- Operam em uma ampla área geográfica
- Conecta dispositivos separados através de grandes áreas geográficas

✓ Principais tecnologias:

- Sistemas celular, Sistemas Satélite, IP/MPLS, xDSL, etc.

Redes Metropolitanas - MANs

✓ Características:

- Rede que abrange uma área metropolitana (uma cidade ou uma área suburbana).
- Geralmente consiste em uma infraestrutura permitindo interligar redes locais (LANs) em uma mesma área geográfica, servindo ainda de acesso a redes de longa distância (WANs).

✓ Principais tecnologias:

- MetroEthernet (PONs)
- Redes mesh

Redes de Área Pessoal - PANs

✓ Características:

- Rede que abrange uma área bastante limitada; tipicamente, com os dispositivos bastante próximos uns dos outros.

✓ Principais tecnologias:

- Bluetooth (IEEE802.15.1)
- ZigBee (IEEE802.15.4)

Redes de Acesso

✓ Características:

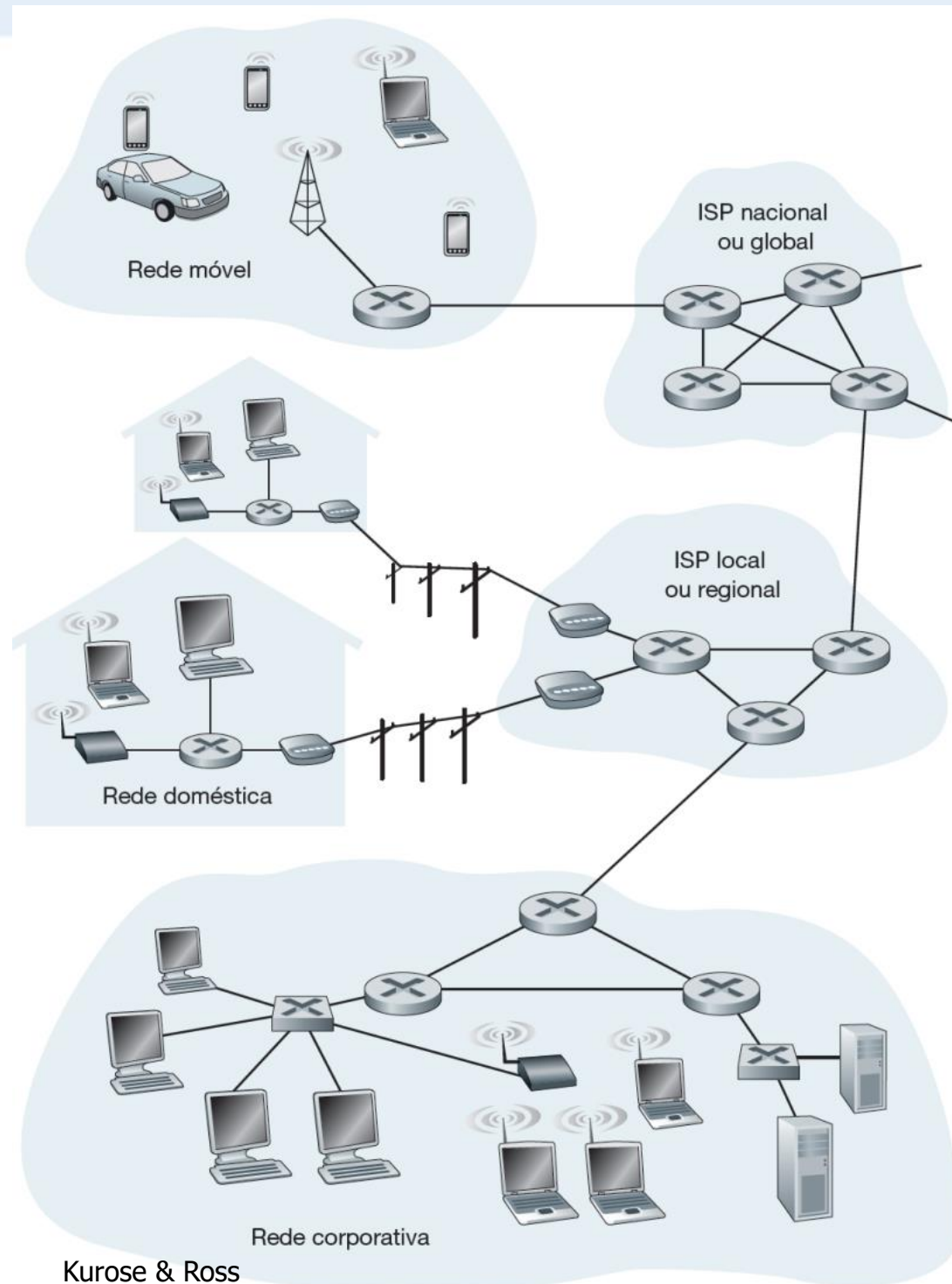
- Enlaces locais (meio + equipamentos) que conectam os usuários locais (residencial ou corporativo) ao seu provedor de serviço (última milha)

✓ Principais tecnologias:

- Redes de Telefonia (*wireline ou wireless*)
- xDSL (*Digital Subscriber Line*): ADSL, HDSL, VDSL, etc.
- HFC (*Híbrido Fiber/Coaxial*)
- FTTx: FTTN (Fiber to the Node), FTTC (Fiber to the Curb), FTTB (Fiber to the Building), FTTH (Fiber to the Home).
- PON (*Passive Optical Network*): GPON, EPON, BPON, APON.
- Satélite.

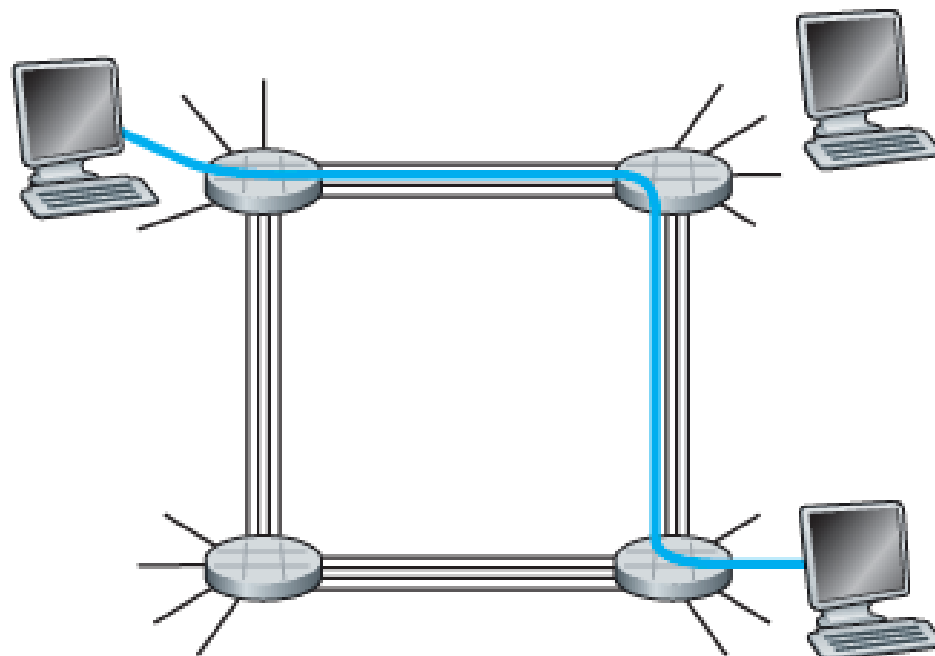
Internet

- ✓ Pode se vista como um conglomerado de redes (rede de redes).
- ✓ Não é de propriedade de nenhum grupo, porém alguns órgãos (associações) cuidam de seus padrões e controle, tais como IETF, IAB, IANA, Comitê Gestor de Internet no Brasil (CGI), etc.

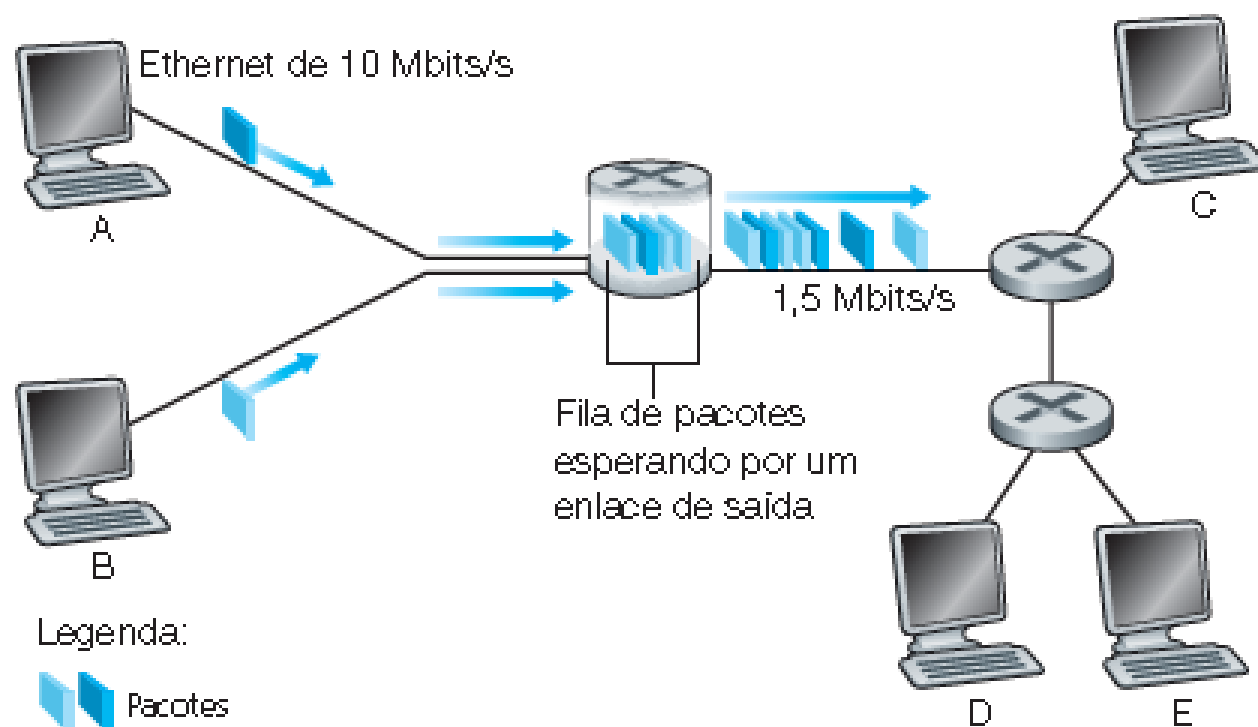


- ✓ Processo no qual uma informação recebida por uma interface de entrada de um dispositivo é enviada a uma interface de saída deste dispositivo.
- ✓ As redes podem operar em um de dois modos:
 - Comutação por circuitos
 - Comutação por pacotes
- ✓ Dispositivos de comutação:
 - Comutadores
 - Switches
 - Roteadores

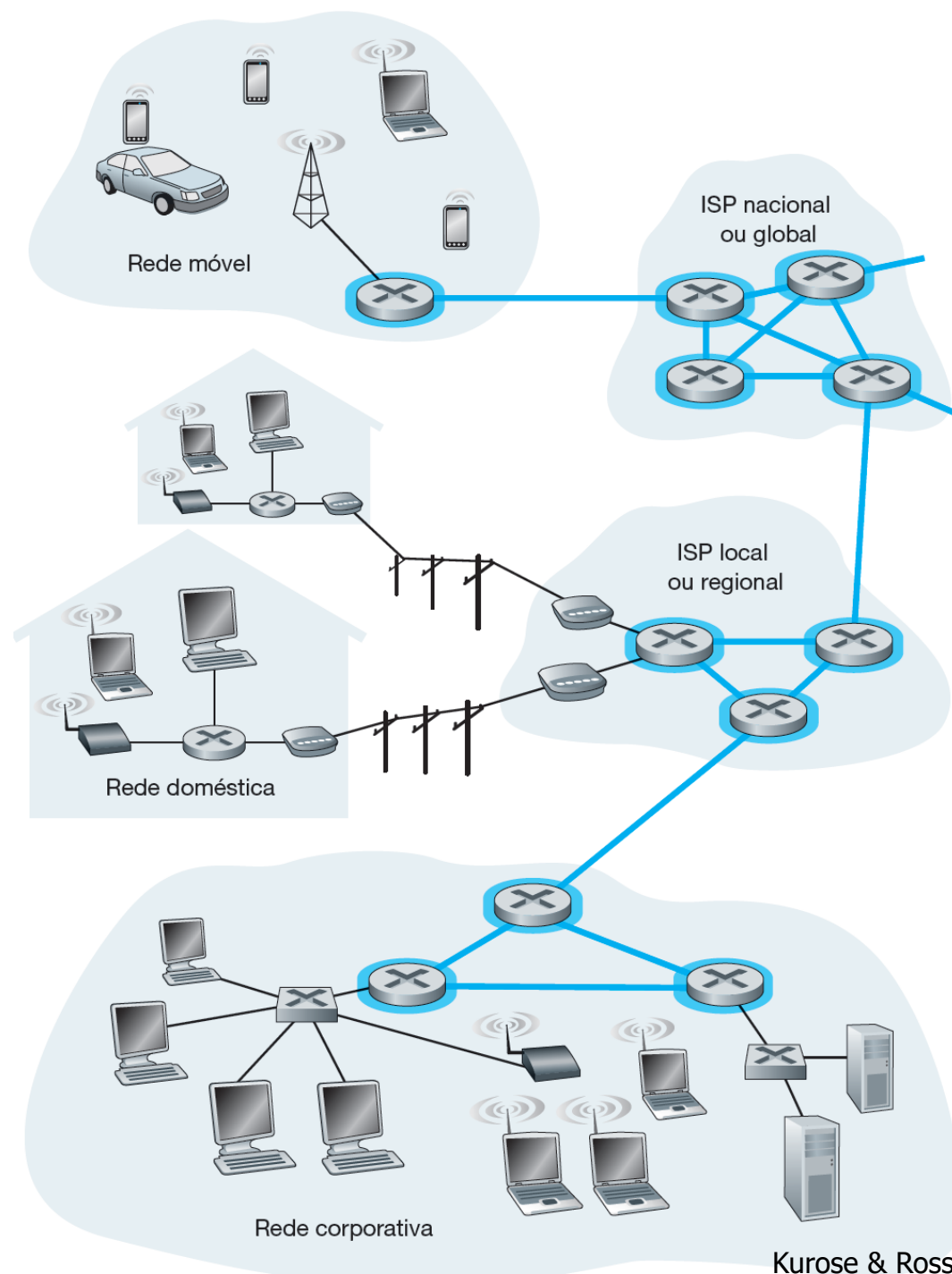
- ✓ Implica na existência de um enlace (circuito) dedicado de comunicação entre dois usuários, que é composto por uma sequência de enlaces conectados entre si através dos nós da rede.
- ✓ Uma vez estabelecida a conexão, os dados são transmitidos a uma taxa constante e com um atraso fixo (um fluxo contínuo de bits).



- ✓ As informações são transmitidos através de pacotes, que irão compartilhar um ou mais enlaces da rede.
- ✓ Cada pacote contém uma porção com os dados do usuário (carga útil ou *payload*) e uma porção com informações de controle e de endereçamento (cabeçalho ou *header*), que são utilizadas para rotear/encaminhar os pacotes pela rede.



- ✓ Um pacote começa sua transmissão em um sistema final (origem), passa por uma série de roteadores, e termina sua jornada em outro sistema final (destino).
- ✓ Quando um pacote viaja de um nó ao nó, sofre, ao longo desse caminho, diversos tipos de atraso em cada nó, entre eles:
 - Atraso de processamento
 - Atraso de fila
 - Atraso de transmissão
 - Atraso de propagação



✓ Atraso de processamento

- Diz respeito ao tempo exigido para examinar o cabeçalho do pacote e determinar para onde direcioná-lo, podendo também incluir outros fatores, como o tempo necessário para verificar os erros em bits existentes no pacote, que ocorreram durante a transmissão deste, do nó anterior ao roteador.
- Atrasos de processamento em roteadores de alta velocidade em geral são da ordem de microssegundos, ou menos.

✓ Atraso de fila

- Atraso ocorrido enquanto um pacote espera (na fila) para ser transmitido no enlace.
- Este atraso dependerá da quantidade de outros pacotes que chegarem antes e que já estiverem na fila esperando pela transmissão no enlace.
- Na prática, atrasos de fila podem ser da ordem de micro a milissegundos.

✓ Atraso de transmissão

- É o atraso exigido para que o pacote seja totalmente transmitido (colocado) pela placa de saída do roteador no enlace de dados.
- Sendo o tamanho do pacote L bits e a velocidade de transmissão do enlace R bits/s, este atraso será dado por **L / R segundos**.
- Na prática, atrasos de transmissão costumam ser da ordem de micro a milissegundos.

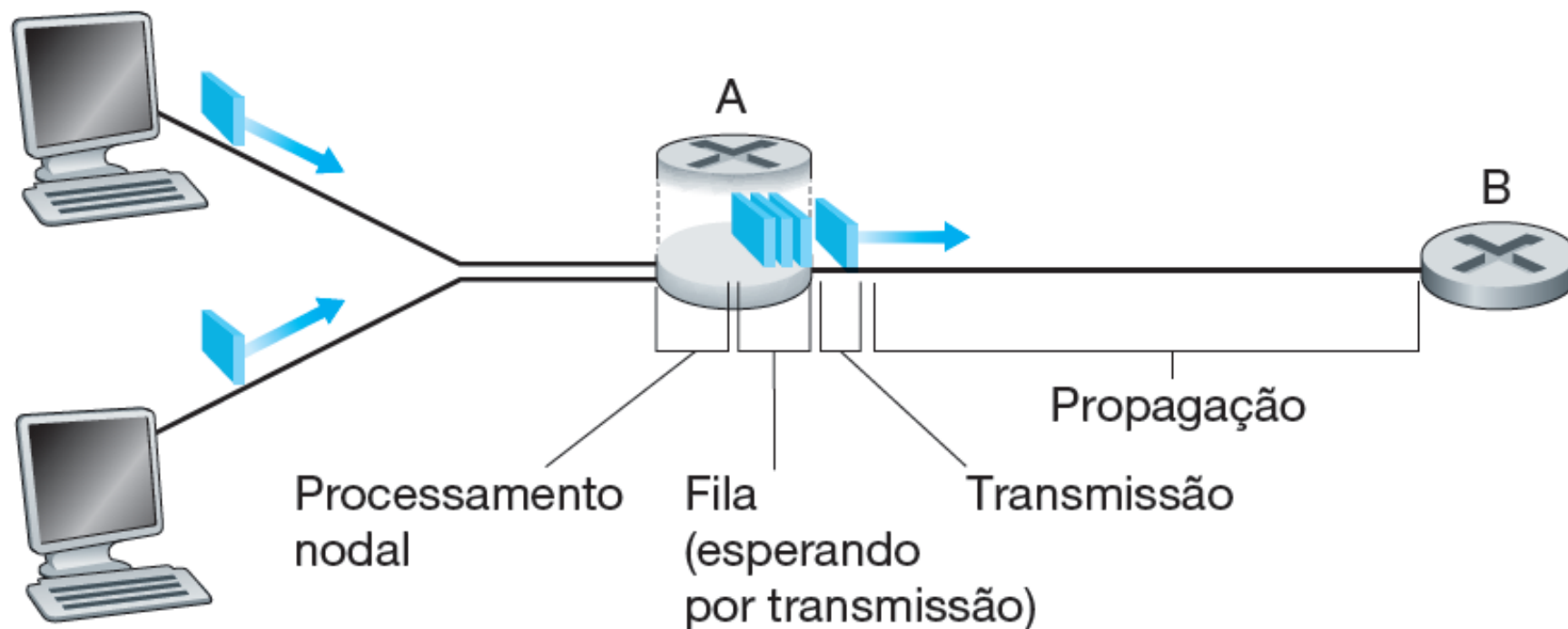
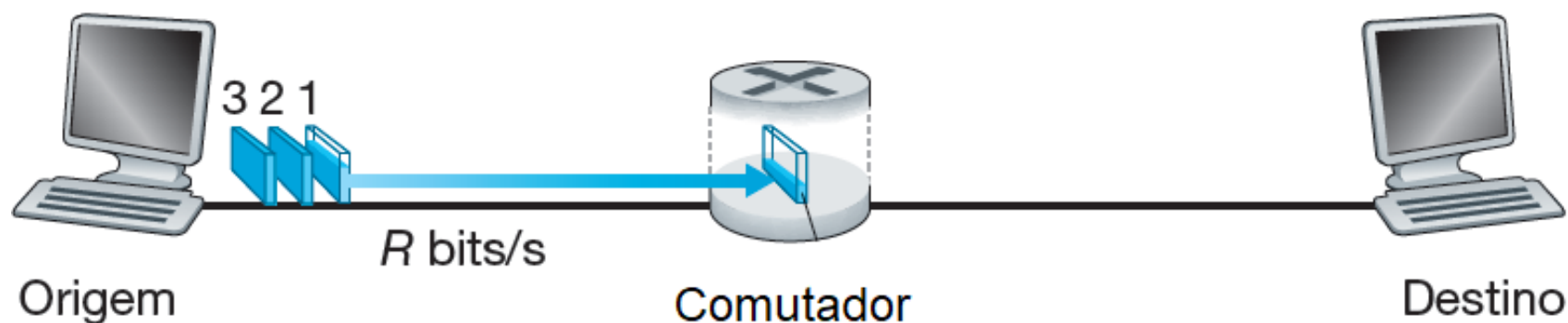
$$T_{tx} = \frac{L_{pacote}}{R}$$

✓ Atraso de propagação

- O tempo necessário para que um bit possa se propagar desde o início do enlace até o seu final.
- É uma função da **velocidade de propagação** do enlace, na faixa de 2×10^8 m/s a 3×10^8 m/s, e da **distância** desse enlace.

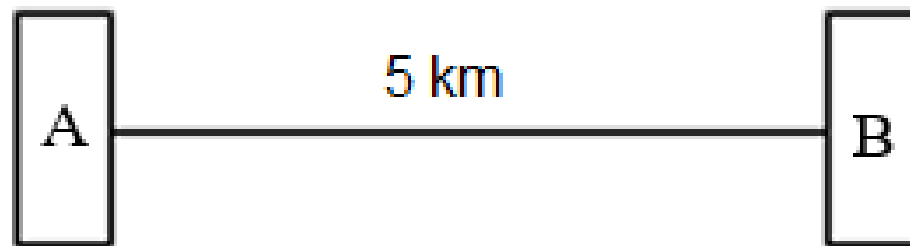
$$T_{prop} = \frac{L_{enlace}}{V_{prop}}$$

Visão geral de atraso em redes de pacotes²⁰



Exemplo 1: Uma estação A está transmitindo quadros para uma estação B através de um enlace ponto a ponto com taxa de 1 Mbps. Sabendo-se que o enlace possui comprimento de 5 km, com velocidade de propagação de 300.000 km/s, que os quadros enviados pela estação A (para B) possuem 1000 bytes de comprimento, que as confirmações (respostas) enviadas por B (para A) possuem 10 bytes de comprimento, responda as questões a seguir, considerando que serão transmitidos 5 quadros de A para B:

- a) Qual é o valor do atraso de propagação relativo ao enlace A – B?
- b) Qual é o valor do atraso de transmissão de um quadro de A para B?
- c) Qual é o valor do atraso de transmissão de uma confirmação de B para A?



Exemplo 1 – Solução:

Taxa de tx no enlace: $R = 1 \text{ Mbps}$

Comprimento do enlace: $L_{\text{enlace}} = 5 \text{ km}$

Vel. Propagação do enlace: $V_{\text{prop}} = 300000 \text{ km/s}$

Comprimento do quadro A: $L_{\text{quadro_A}} = 1000 \text{ bytes} = 8000 \text{ bits}$

Comprimento do quadro B: $L_{\text{quadro_B}} = 10 \text{ bytes} = 80 \text{ bits}$

$$a) T_{\text{prop}} = \frac{L_{\text{enlace}}}{V_{\text{prop}}} = \frac{5 \text{ km}}{300000 \text{ km/s}} \approx 16,67 \mu\text{s}$$

$$b) T_{\text{tx-A}} = \frac{L_{\text{pacote}}}{R} = \frac{8000 \text{ bits}}{10^6 \text{ bps}} = 8,00 \text{ ms}$$

$$c) T_{\text{tx-B}} = \frac{L_{\text{pacote}}}{R} = \frac{80 \text{ bits}}{10^6 \text{ bps}} = 80,00 \mu\text{s}$$

Atividades 1 e 2