

30-764

# Redes de Computadores I

MSc. Fernando Schubert

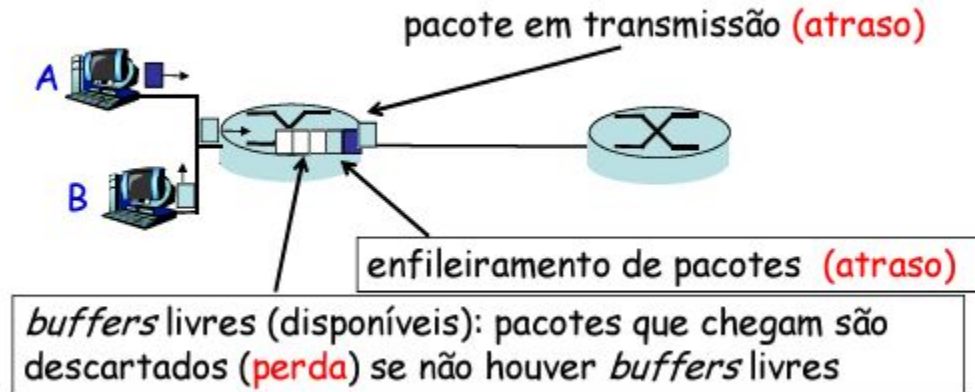
# AGENDA

- Métricas

# Como Ocorrem Perdas e Atrasos?

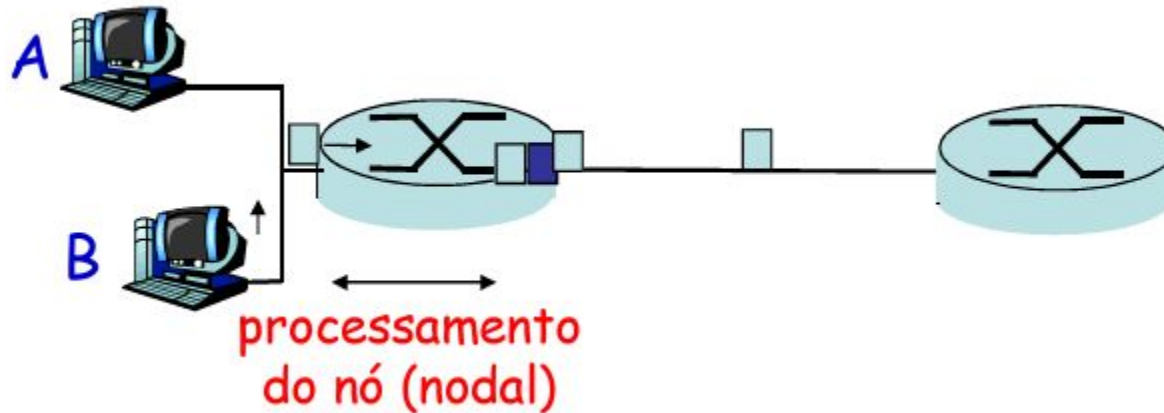
- Pacotes são enfileirados nos buffers de um elemento encaminhador (ex. roteador)
  - Taxa de chegada ao elemento encaminhador é maior do que a capacidade de encaminhamento
    - Enlace de saída tem largura de banda menor que a necessária
    - Congestionamento na rede do enlace de saída
    - Problemas no hardware do encaminhador
- Caso os pacotes sejam enfileirados:
  - Eles devem esperar a vez

# Como Ocorrem Perdas e Atrasos?



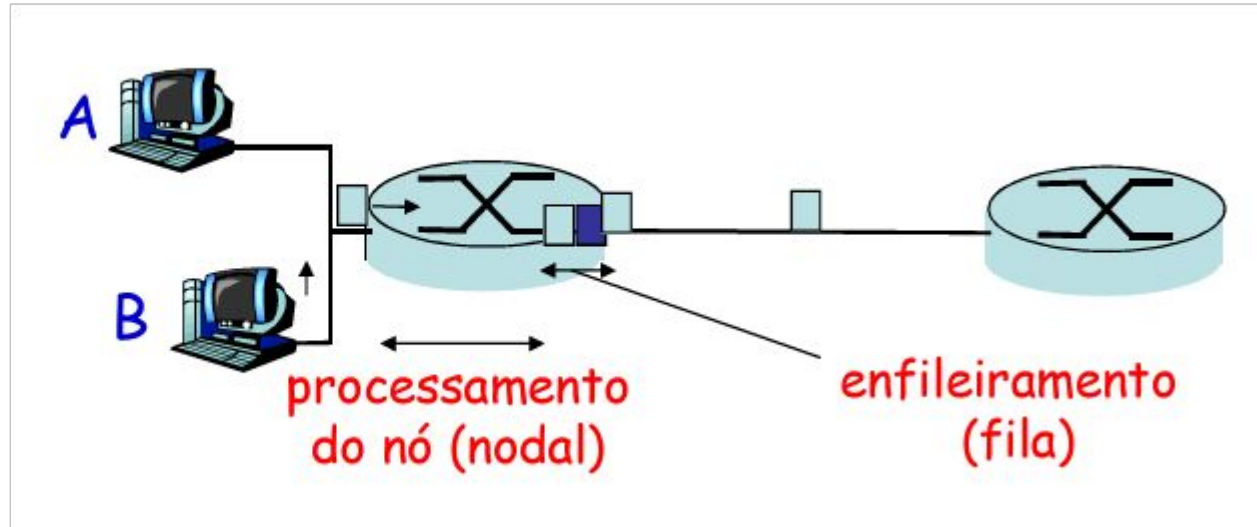
# Quatro Fontes de Atraso de Pacotes

- 1. Processamento do nó
  - Processamento de bits errados
  - Identificação do enlace de saída



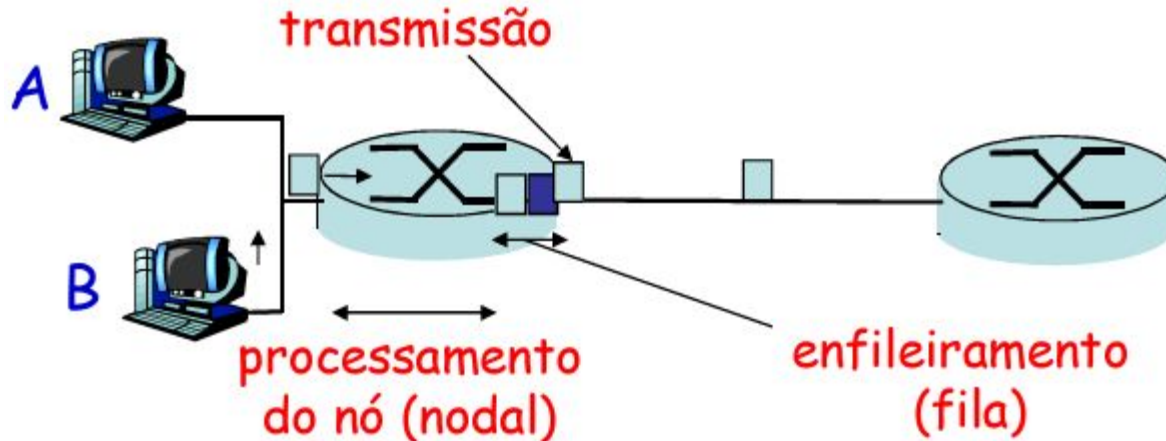
# Quatro Fontes de Atraso de Pacotes

- 2. Enfileiramento
  - Tempo de espera no enlace de saída até a transmissão
  - Depende do nível de congestionamento do roteador



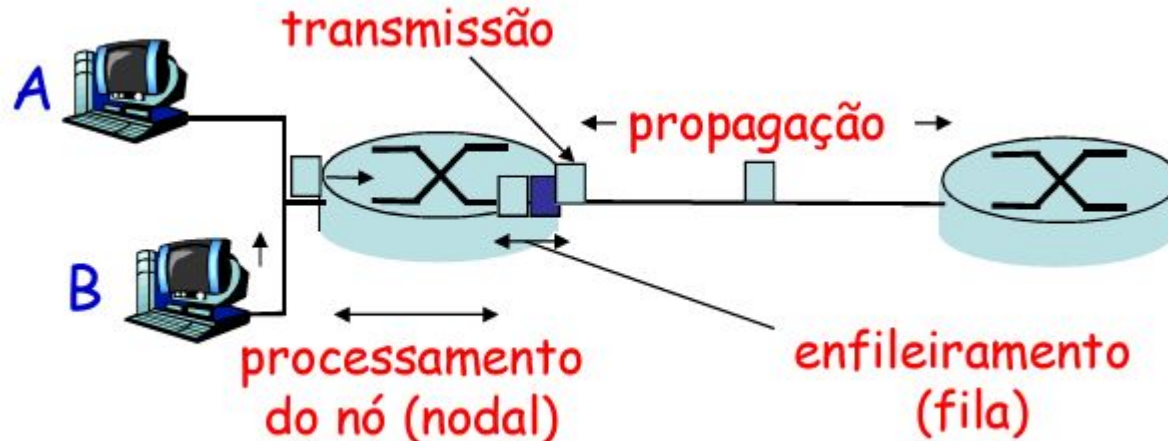
# Quatro Fontes de Atraso de Pacotes

- 3. Atraso de transmissão
  - $R$  = largura de banda do enlace (bits/s)
  - $L$  = comp. do pacote (bits)
  - tempo para enviar os bits no enlace =  $L/R$



# Quatro Fontes de Atraso de Pacotes

- 4. Atraso de propagação
  - $d$ =comprimento do enlace
  - $s$ =vel. de propagação no meio ( $\sim 2 \times 10^8$  m/s)
  - $\text{atraso de propagação} = d/s$





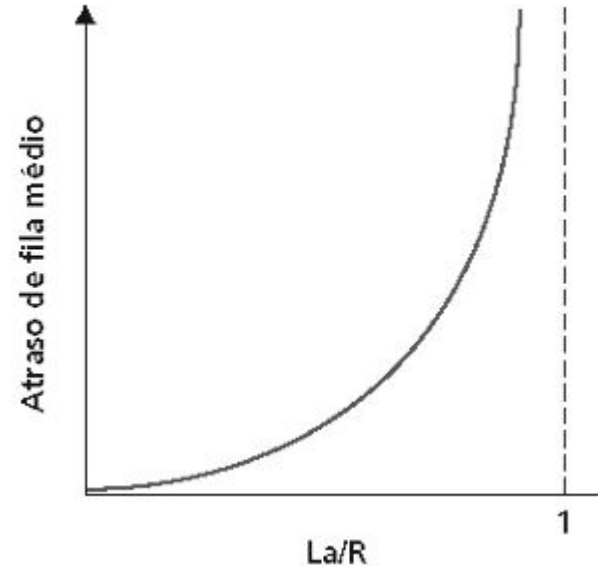
# Atraso por Nó

- $d_{proc}$  = atraso de processamento
  - Tipicamente de poucos microsecs ou menos
- $d_{fila}$  = atraso de enfileiramento
  - Depende do congestionamento
- $d_{trans}$  = atraso de transmissão
  - L/R, significativo para canais de baixa velocidade
- $d_{prop}$  = atraso de propagação
  - Poucos microsecs a centenas de msecs

$$d_{nó} = d_{proc} + d_{fila} + d_{trans} + d_{prop}$$

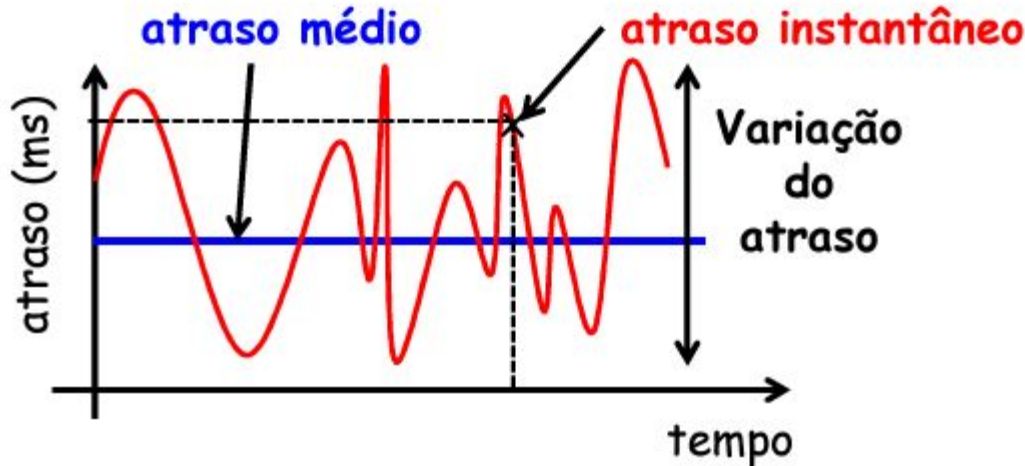
# Atraso de Enfileiramento

- Considerando que:
  - $R$  = larg. de banda do enlace (bits/s)
  - $L$  = compr. do pacote (bits)
  - $a$  = tx. média de chegada de pacotes
- Intensidade de tráfego =  $\lambda a / R$ 
  - $\lambda a / R \sim 0$ : Pequeno atraso de enfileiramento
  - $\lambda a / R \sim 1$ : Grande atraso
  - $\lambda a / R > 1$ : Chega mais “trabalho” do que a capacidade de atendimento, atraso médio infinito!



# Jitter

- Variação do atraso dos pacotes de um mesmo fluxo de dados
  - Prejudicial principalmente para aplicações multimídia, ex. streaming de video
  - Players: Removem jitter com armazenamento em buffer

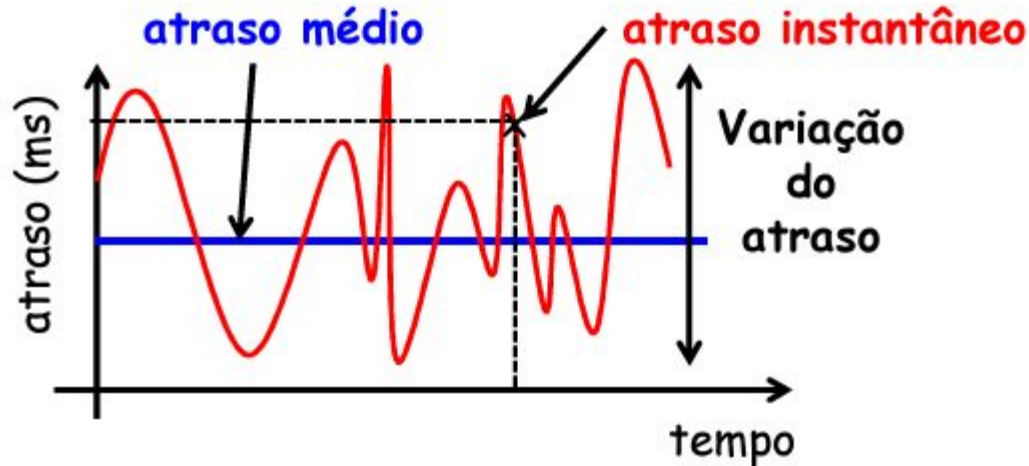


# Tempo de Ida e Volta

- Calcular atraso fim-a-fim é complexo
  - Requer sincronismo de relógios entre origem e destino
- Tempo de ida e volta (RTT – Round Trip Time)
  - Tempo que um pacote leva para chegar no destino e voltar até a origem
  - Calculado somente pelo nó de origem
  - Problema de sincronismo é evitado

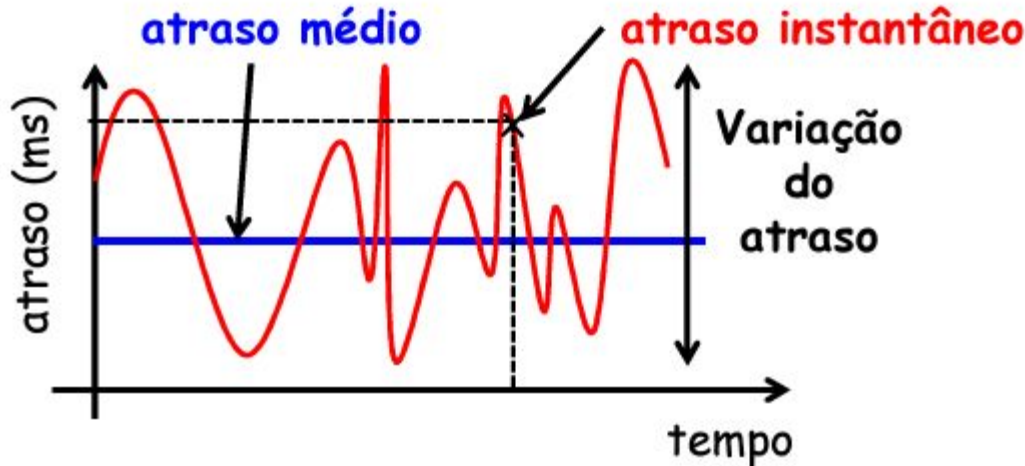
## Tempo de Ida e Volta (RTT)

Atraso fim-a-fim  $\approx$  RTT/2 – Ida e volta podem passar por caminhos diferentes



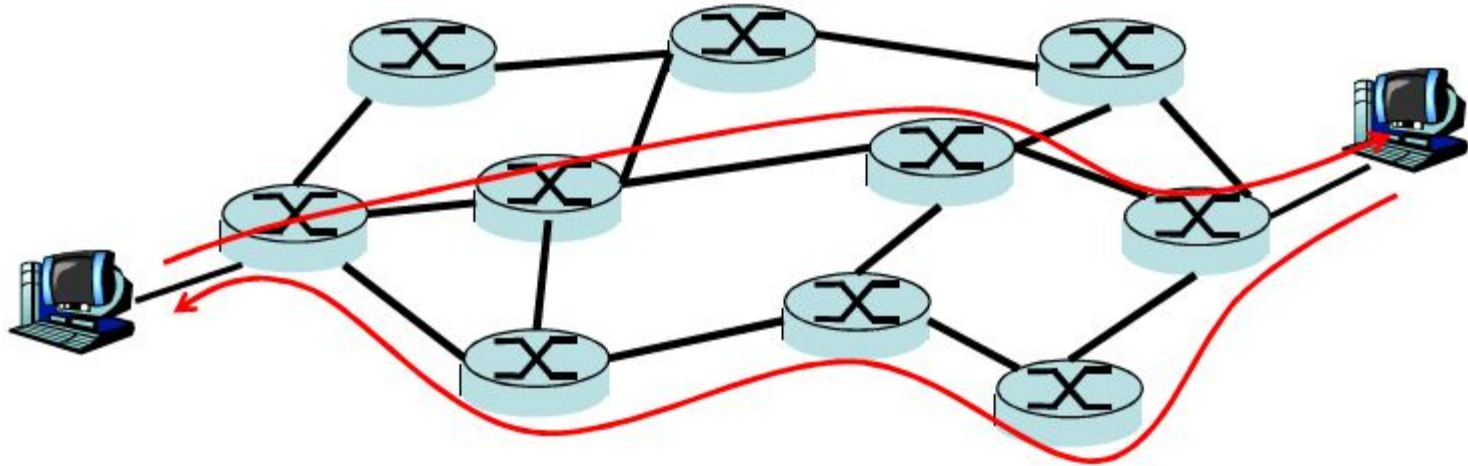
# Jitter

- Variação do atraso dos pacotes de um mesmo fluxo de dados
  - Prejudicial principalmente para aplicações multimídia, ex. streaming de video
  - Players: Removem jitter com armazenamento em buffer



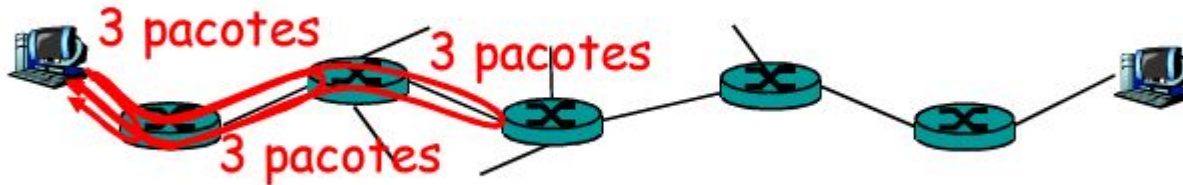
# Jitter

- Variação do atraso dos pacotes de um mesmo fluxo de dados
  - Prejudicial principalmente para aplicações multimídia, ex. streaming de video
  - Players: Removem jitter com armazenamento em buffer



# Traceroute/Tracert

- Fornece medições de RTT da fonte até cada um dos roteadores ao longo do caminho até o destino
  - Envia três pacotes que alcançarão o roteador no caminho até o destino
  - O roteador devolverá um pacote de erro até o transmissor
  - O transmissor calcula o intervalo de tempo decorrido entre a transmissão e a chegada da resposta

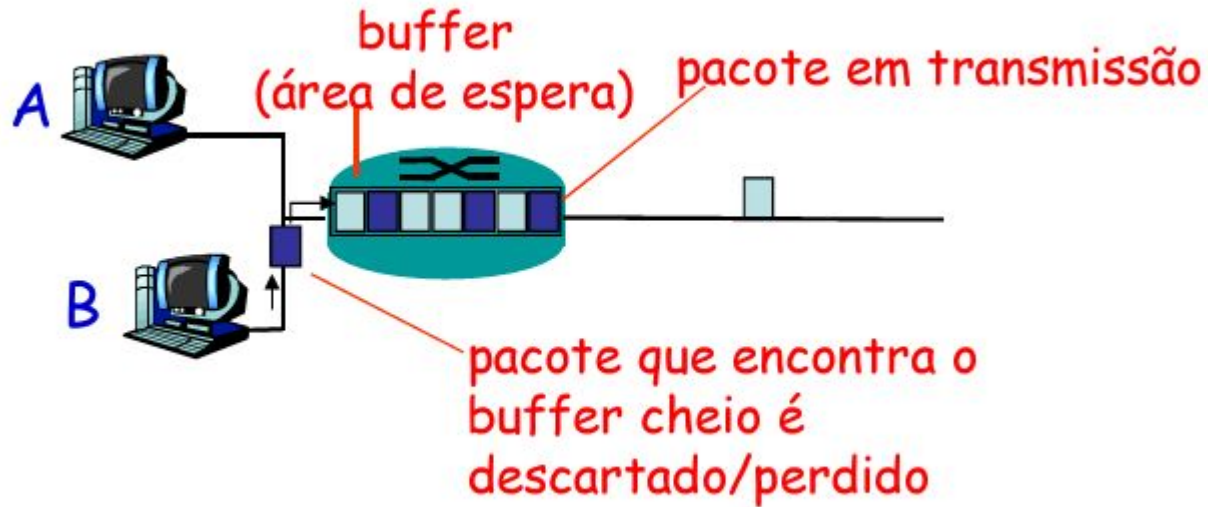




# Perda de Pacotes

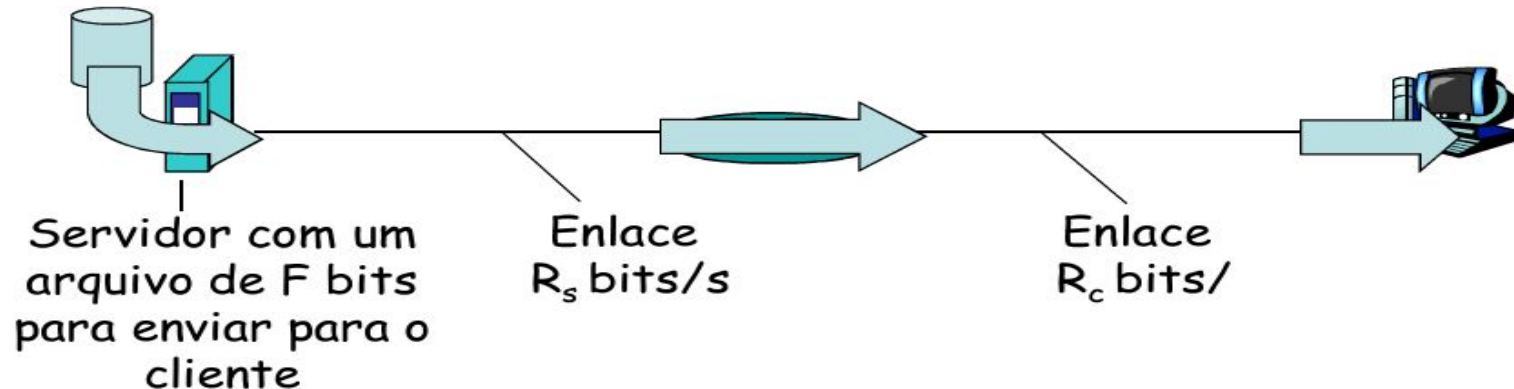
- Fila (buffer) anterior a um enlace possui capacidade finita
- Quando um pacote chega numa fila cheia, o pacote é descartado (perdido)
- O pacote perdido pode ser retransmitido pelo nó anterior, pelo sistema origem, ou não ser retransmitido

# Perda de Pacotes

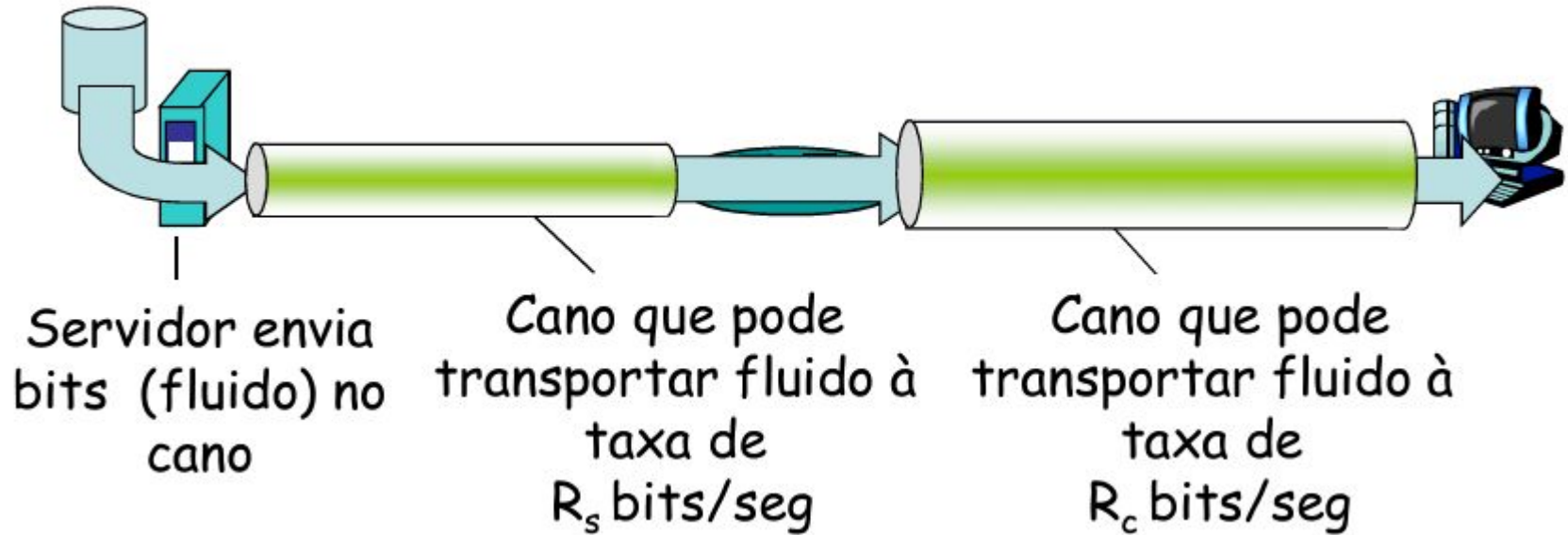


# Vazão (Throughput)

- Taxa na qual os bits são transferidos entre o transmissor e o receptor
  - Dada em bits/unidade de tempo
  - Instantânea: taxa num certo instante de tempo
  - Média: taxa num intervalo de tempo

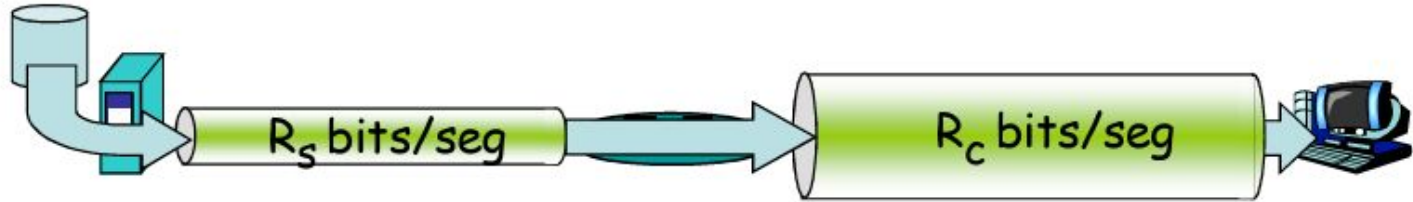


# Vazão

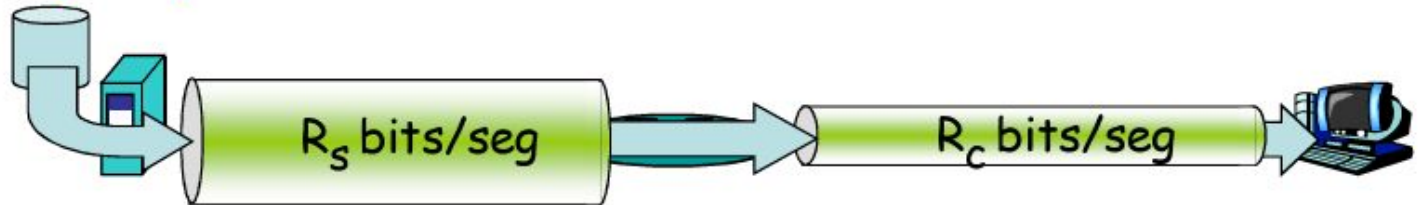


# Vazão

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

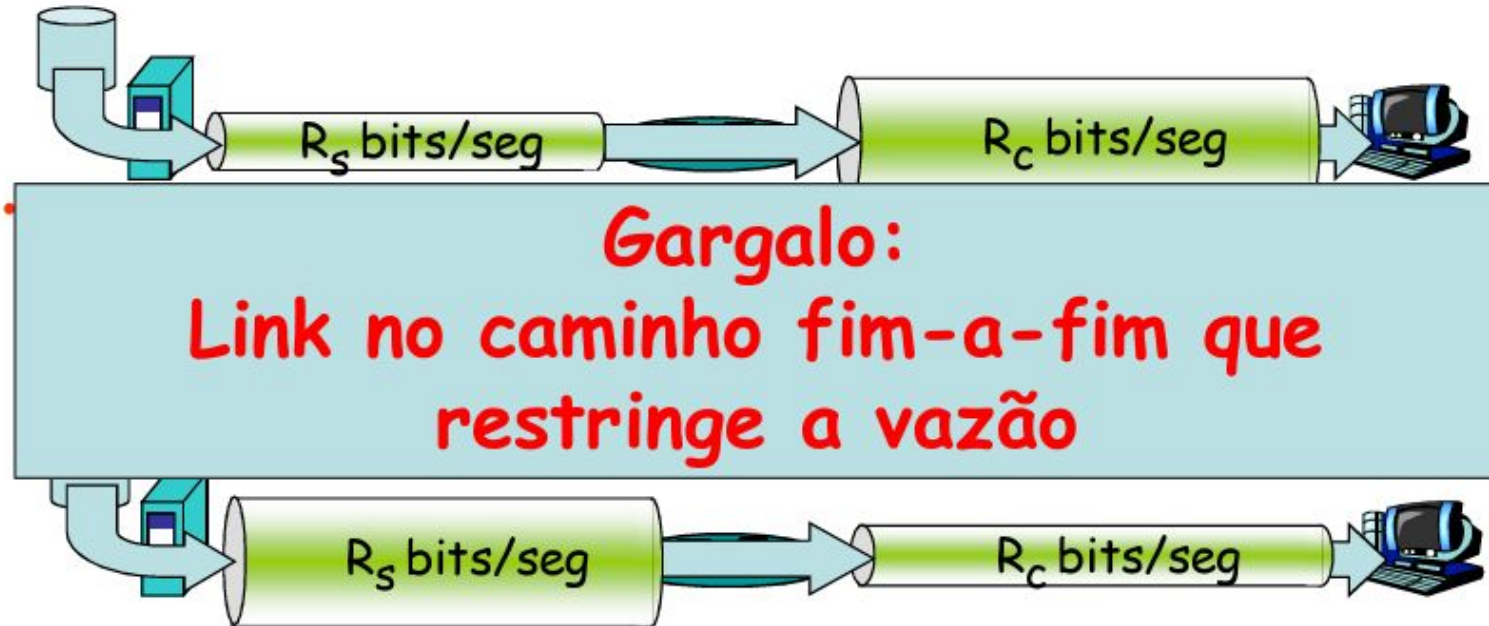


- $R_s > R_c$ : Qual é a vazão média fim-a-fim?



# Vazão

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



# ATIVIDADE

Wireshark Lab do livro do Kurose - WIFI

[https://github.com/TimorYang/Computer-Networking-Keith-Ross/blob/main/book/Computer%20Networking\\_%20A%20Top-Down%20Approach%2C%20Global%20Edition%2C%208th%20Edition.pdf](https://github.com/TimorYang/Computer-Networking-Keith-Ross/blob/main/book/Computer%20Networking_%20A%20Top-Down%20Approach%2C%20Global%20Edition%2C%208th%20Edition.pdf)

[https://gaia.cs.umass.edu/kurose\\_ross/wireshark.php](https://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/wireshark.php)