

# CAP 6. REQUISITOS E SUPORTES DE REDE PARA MULTIMÍDIA

Requisitos de Redes para Comunicação  
Multimídia

---

INE5431 SISTEMAS MULTIMÍDIA  
PROF. ROBERTO WILLRICH (INE/UFSC)  
[ROBERTO.WILLRICH@UFSC.BR](mailto:ROBERTO.WILLRICH@UFSC.BR)  
[HTTPS://MOODLE.UFSC.BR](https://moodle.ufsc.br)

# Introdução

---

## Objetivos do Capítulo

- Identificação os principais requisitos de rede de comunicação para transmissão de áudio e vídeo
- Analisar algumas tecnologias de redes locais

## Conteúdo

- Definição de alguns parâmetros de desempenho de redes de computadores importantes para a comunicação multimídia
  - Taxa de bits, vazão, atraso, variação de atraso, taxa de perdas de pacote
- Caracterização das fontes de áudio e vídeo tempo-real
- Identificação dos principais requisitos de rede para a comunicação de áudio e vídeo
- Análise de algumas tecnologias: Ethernet e ADSL

# Requisitos de rede para áudio e vídeo

---

## Identificação dos principais requisitos para áudio e vídeo

- Verificar níveis de desempenho que a rede deve oferecer para se obter boa qualidade. Requisitos avaliados:
  - **Eficiência de uso de recursos da rede**
    - A tecnologia usa de maneira eficiente seus recursos para transportar os dados multimídia?
  - **Requisitos de vazão**
    - A rede oferece banda suficiente para transportar meus dados de áudio/vídeo?
  - **Requisitos de atraso e variação de atraso**
    - A rede oferece um atraso pequeno e constante para meu tráfego de mídia?
  - **Requisitos de confiabilidade**
    - A rede produz muita perda de pacotes que afeta a qualidade de apresentação das mídias?

# Eficiência de uso de recursos da rede

## Comutação de Pacotes vs de Circuito

---

### Comutação

- Processo de alocação de recursos para a transmissão.

### Existem dois tipos básicos de comutação

- **Comutação de pacotes:** não são reservados recursos
  - Pacotes usam os recursos sob demanda e, como consequência, poderão ter de aguardar (entrar na fila) para conseguir acesso ao enlace de rede.
- **Comutação de circuito:** reserva de recursos
  - Recursos necessários ao longo de um caminho (buffers, taxa de transmissão de enlaces) para prover a comunicação entre os sistemas finais são reservados pelo período da sessão de comunicação

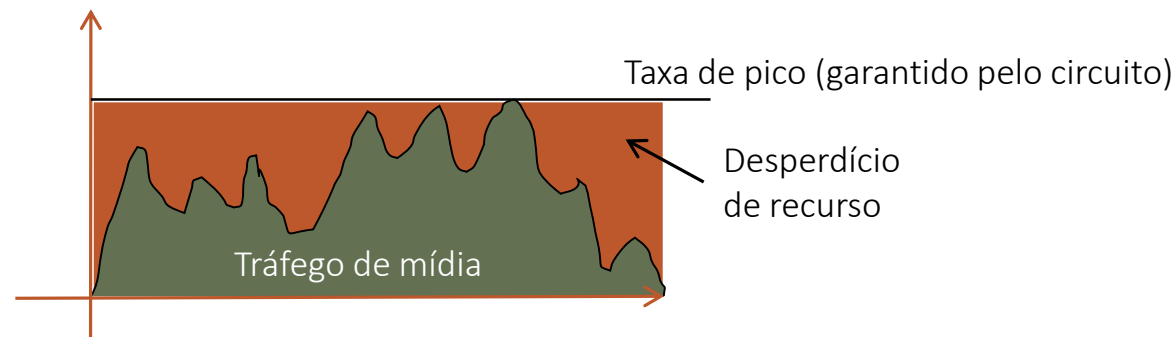
# Eficiência de uso de recursos da rede

## Comutação de Pacotes vs de Circuito

---

### **Comutação de circuito não usa recursos de maneira eficiente quando dados multimídia são transmitidos em rajadas**

- Se usuário reserva uma largura de banda igual a seu pico de taxa de transmissão:
  - parte da largura de banda é desperdiçada em redes de comutação de circuitos
  - É baseada em reserva de recursos

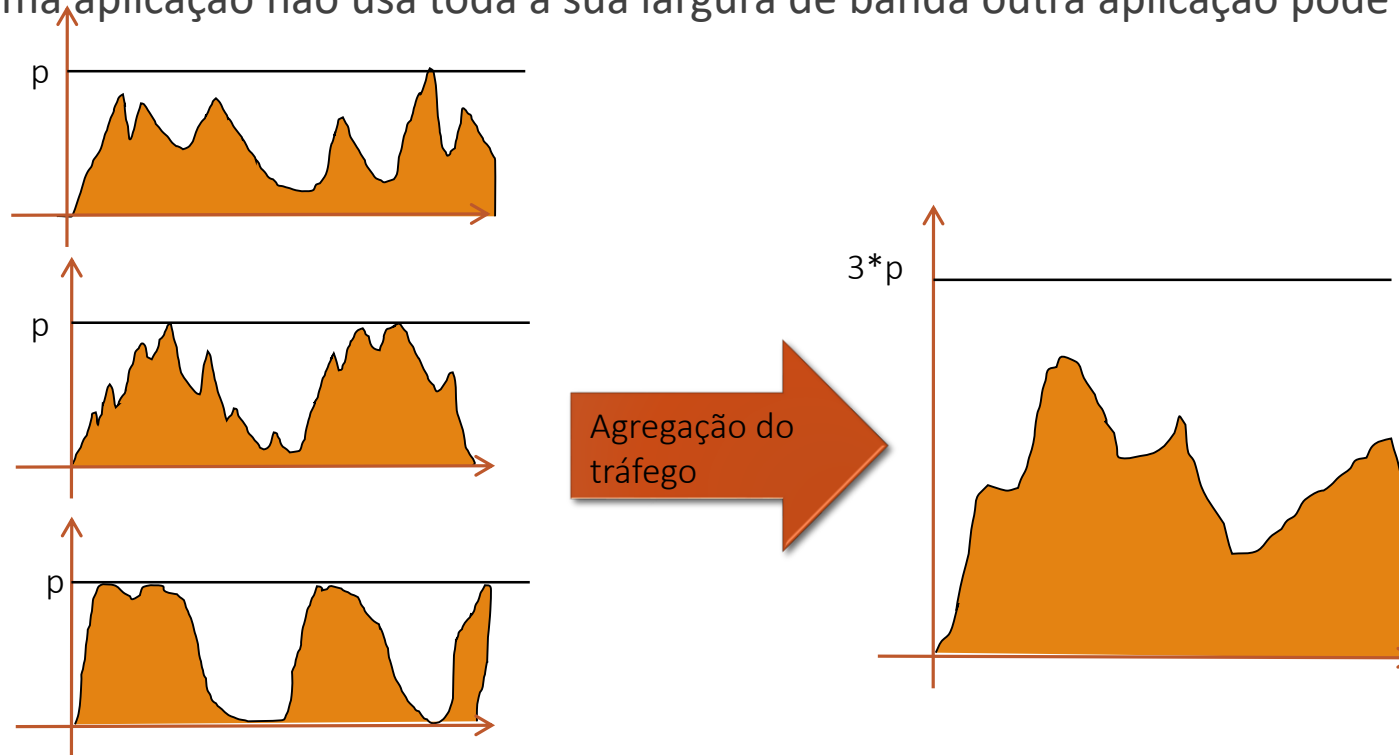


# Eficiência de uso de recursos da rede

## Comutação de Pacotes vs de Circuito

### Comutação de pacotes utiliza recursos sob demanda e o tráfego é agregado no enlace (multiplexação estatística)

- Melhor técnica para uso eficiente da rede
  - aplicação pode usar tanta largura de banda quanto necessário sujeito a um valor máximo
  - quando uma aplicação não usa toda a sua largura de banda outra aplicação pode usar



# Requisitos de vazão

---

## Requisito de vazão de transmissão

- Requisito dependentes da qualidade/codec escolhida para áudios e vídeos transmitidos e da técnica de compressão utilizada
- MP3 (compressão com perda com diferentes qualidades)
  - 32 kbps – qualidade aceitável para voz
  - 96 kbps – geralmente usada para voz ou streaming de baixa qualidade
  - 128 ou 160 kbps – qualidade intermediária
  - 192 kbps – qualidade média
  - 256 kbps – taxa comumente usada para alta qualidade
  - 320 kbps – Qualidade mais alta suportada pelo MP3
- Taxas de bits geradas na codificação
  - Na rede há uma sobrecarga de protocolos, aumentando as taxas nominais indicadas

# Requisitos de vazão

---

## Requisito de vazão de transmissão

- Requisito dependentes da qualidade/codec escolhida para áudios e vídeos transmitidos e da técnica de compressão utilizada
- VoIP (codecs ITU-T)
  - 5.3 a 64 kbps de vazão gerados por fluxo de áudio (depende do codec)
  - 20 a 80 kbps ao nível de rede (depende do tamanho do pacote de voz)
- VoIP outros codecs
  - 700 bps – usando codec Codec2 na mais baixa taxa, som melhor com 1,2 kbps
  - 800 bps – taxa mínima necessária para entender as palavras, usando codec de voz FS-1015
  - 2.15 kbps – taxa mínima do codec Speex
  - 6 kbps – taxa mínima do codec Opus
- Taxas de bits geradas na codificação
  - Na rede há uma sobrecarga de protocolos, aumentando as taxas nominais indicadas



# Requisitos de vazão

---

## Requisito de vazão de transmissão

- Outros áudios
  - 32–500 kbps – áudio com perda usando o Ogg Vorbis
  - 256 kbps – MP2 Digital Audio Broadcasting (DAB) necessário para alta qualidade
  - 400 kbps–1.411 kbps – áudio sem perda usado nos formatos como Free Lossless Audio Codec, WavPack
  - 1.411,2 kbps – format de som PCM linear CD-DA
  - 5.644,8 kbps – DSD, usado no Super Audio CD
- Taxas de bits geradas na codificação
  - Na rede há uma sobrecarga de protocolos, aumentando as taxas nominais indicadas

# Requisitos de vazão

---

## Requisito de vazão de transmissão

- Vídeos
  - 16 kbps – qualidade mínima para videofonia
  - 128–384 kbps – videoconferência orientada negócios
  - 400 kbps YouTube 240p videos (H.264)
  - 750 kbps YouTube 360p videos (H.264)
  - 1 mbps YouTube 480p videos (H.264)
  - 1.15 mbps max – qualidade VCD (MPEG-1)
  - 2.5 mbps YouTube 720p videos (H.264)
  - 3.5 mbps typ – SDTV (usando MPEG-2)
  - 3.8 mbps YouTube 720p (60fps) videos (H.264)
  - 4.5 mbps YouTube 1080p videos (H.264)
  - 8 to 15 mbps typ – HDTV quality (MPEG-4 AVC)
  - 19 mbps aprox. – HDV 720p (MPEG-2)
  - 24 mbps max – AVCHD (MPEG4 AVC)
  - 25 mbps aprox. – HDV 1080i (MPEG-2)
  - 29.4 mbps max – HD DVD
  - 1.4 gbps– 10-bit 4:4:4 não compactado 1080p com 24fps

# Requisitos de vazão

---

## Requisito de vazão de transmissão

Para assistir a séries e filmes na Netflix, recomendamos uma conexão estável com a internet com a velocidade de download mostrada abaixo em megabits por segundo (Mbps).

| Qualidade de vídeo          | Resolução | Velocidade recomendada |
|-----------------------------|-----------|------------------------|
| Alta definição (HD)         | 720p      | 3 Mbps ou mais         |
| Máxima alta definição (FHD) | 1080p     | 5 Mbps ou mais         |
| Ultra alta definição (UHD)  | 4K        | 15 Mbps ou mais        |

# Requisitos de atraso e variação de atraso

---

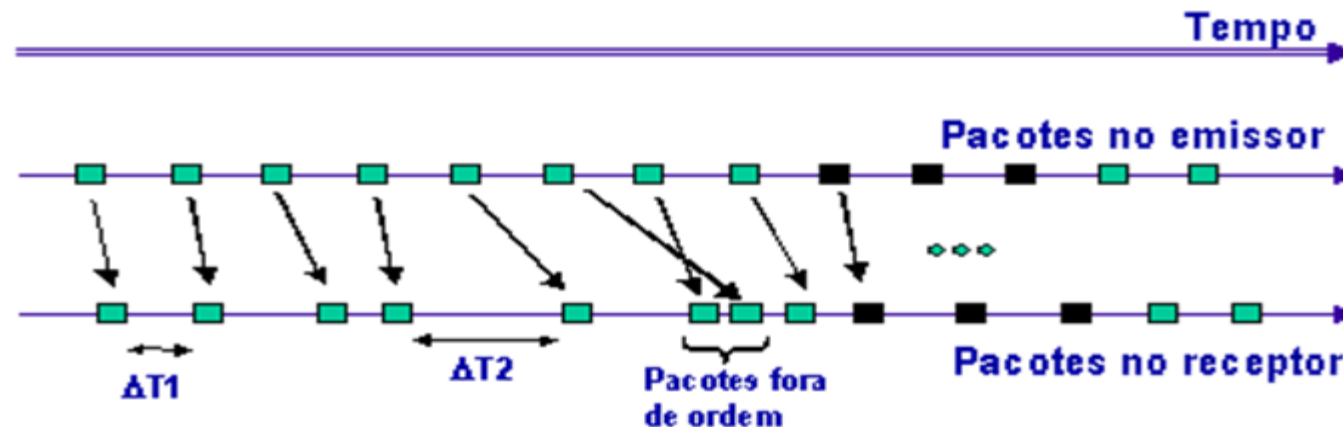
## Atraso fim-a-fim

- Sempre existe um atraso entre a captura/leitura de uma informação em uma fonte e sua apresentação em um destino
  - gerado pelo processamento da informação na fonte, sistema de transmissão e processamento no destino
- Para videoconferência e VoIP: entre 150 e 400ms
- Para aplicações baseadas em servidor: na ordem de segundos

# Requisitos de atraso e variação de atraso

## Variação de atrasos

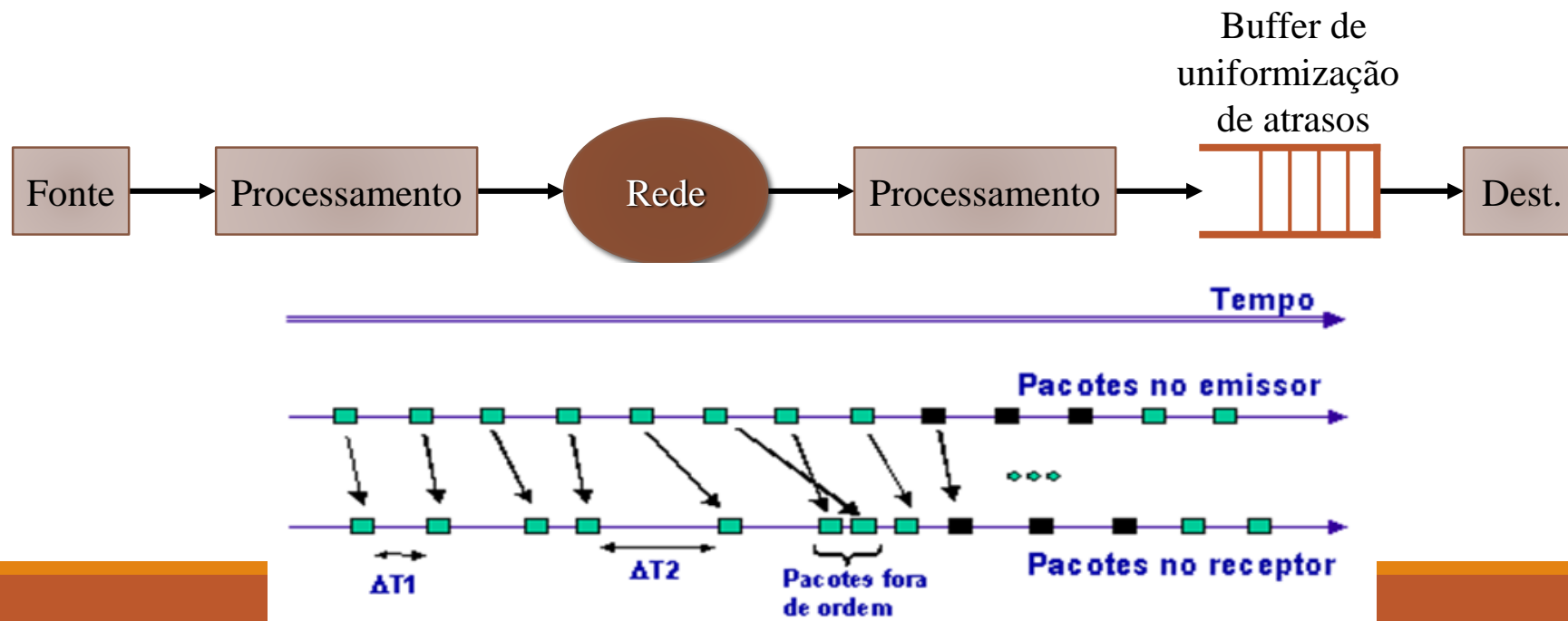
- Em redes a comutação de pacotes, os pacotes de dados não chegam ao destino em intervalos fixos
  - necessário para transmissão de mídias contínuas
- Para videoconferência e VoIP: deve ser limitada a um pequeno valor (inferior a 30 a 60ms)
- Para aplicações baseadas em servidor: pode ser mais alta



# Requisitos de atraso e variação de atraso

## Variação de Atraso é removida com buffer FIFO no destino

- Técnica de bufferização:
  - pacotes que chegam são colocados no buffer em taxas variadas
  - dispositivo de apresentação retira amostragens em uma taxa fixa
  - princípio: adicionar um valor de atraso variável a cada pacote de tal forma que o atraso total de cada pacote seja o mesmo



# Variação do Atraso: Técnica de Bufferização

## Supondo:

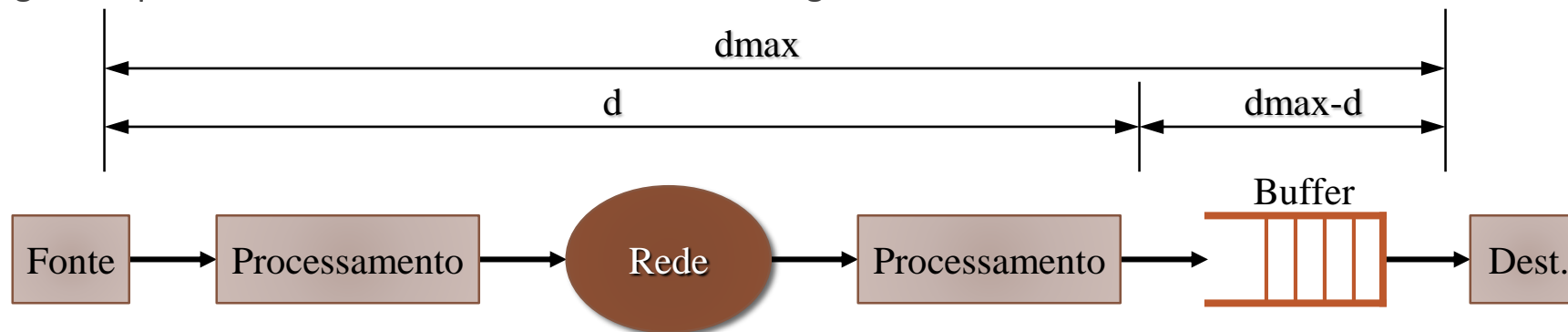
- $d_{min}$ : tempo mínimo de atraso do pacote
- $d_{max}$ : tempo máximo de atraso

## Se um pacote com atraso de $d$ é bufferizado durante $(d_{max}-d)$

- todos os pacotes terão um atraso fixo de  $d_{max}$
- destino partirá a apresentação  $d_{max}$
- cada pacote será apresentado em tempo

## Tempo máximo de bufferização é $d_{max}-d_{min}$

- maior este valor, maior é o tamanho do buffer necessário
- buffer não deve sofrer sobrecarga ou subutilização
- tamanho do buffer não dever ser muito grande
- significa que o sistema é caro e o atraso fim-a-fim é grande



# Variação do Atraso:Técnica de Bufferização

---

## Buffer de Apresentação

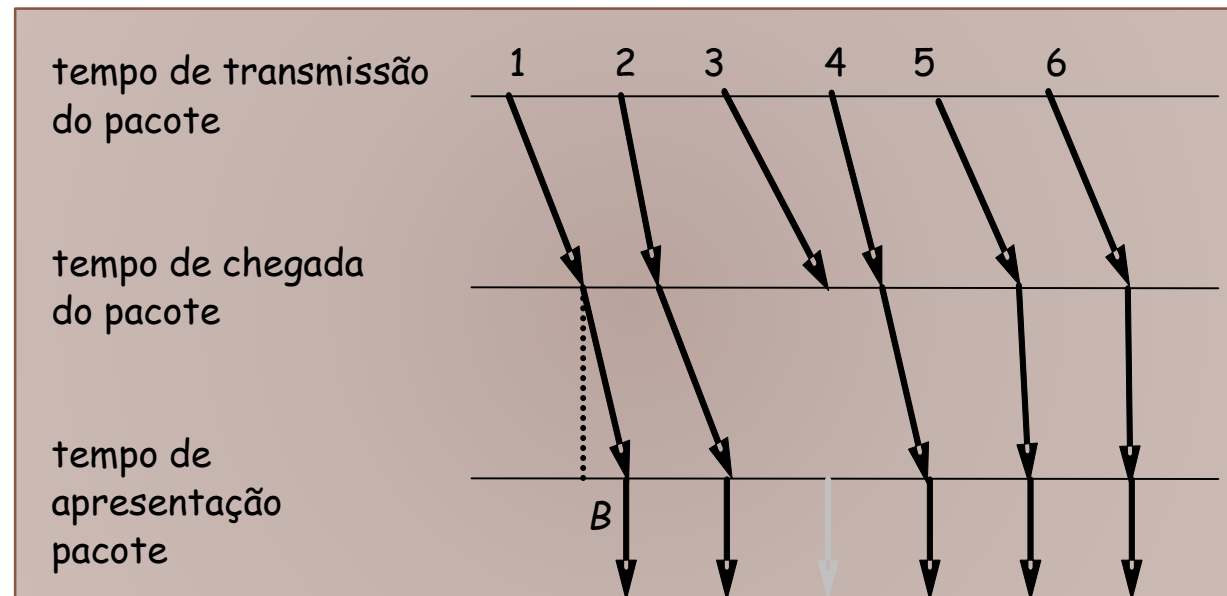
- Existem duas classes de operação para os buffers de apresentação:
  - Tempo de bufferização fixo
  - Tempo de bufferização adaptável



# Variação do Atraso: Técnica de Bufferização

## Tempo de Bufferização fixo

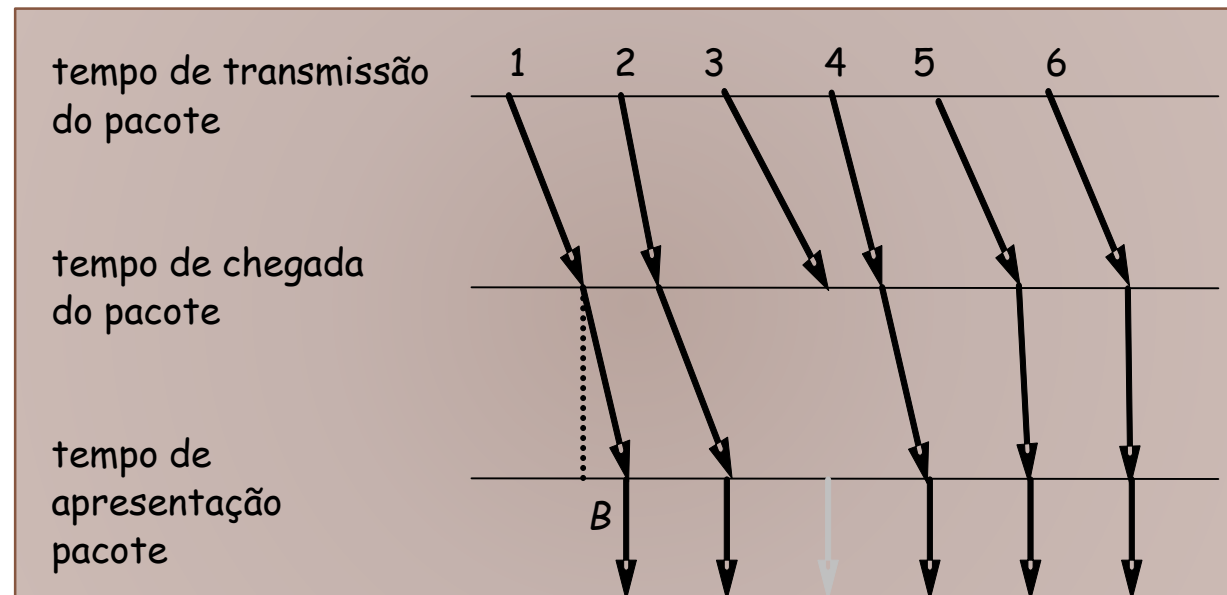
- Primeiro pacote do fluxo é bufferizado por um período de tempo de  $B$
- Pacote seguinte é apresentado numa taxa fixa se ele é disponível
- Quando a variação de atraso não é muito grande e  $B$  é apropriadamente selecionado
  - variação de atraso da rede pode ser removida eficientemente.



# Variação do Atraso: Técnica de Bufferização

## Tempo de Bufferização fixo

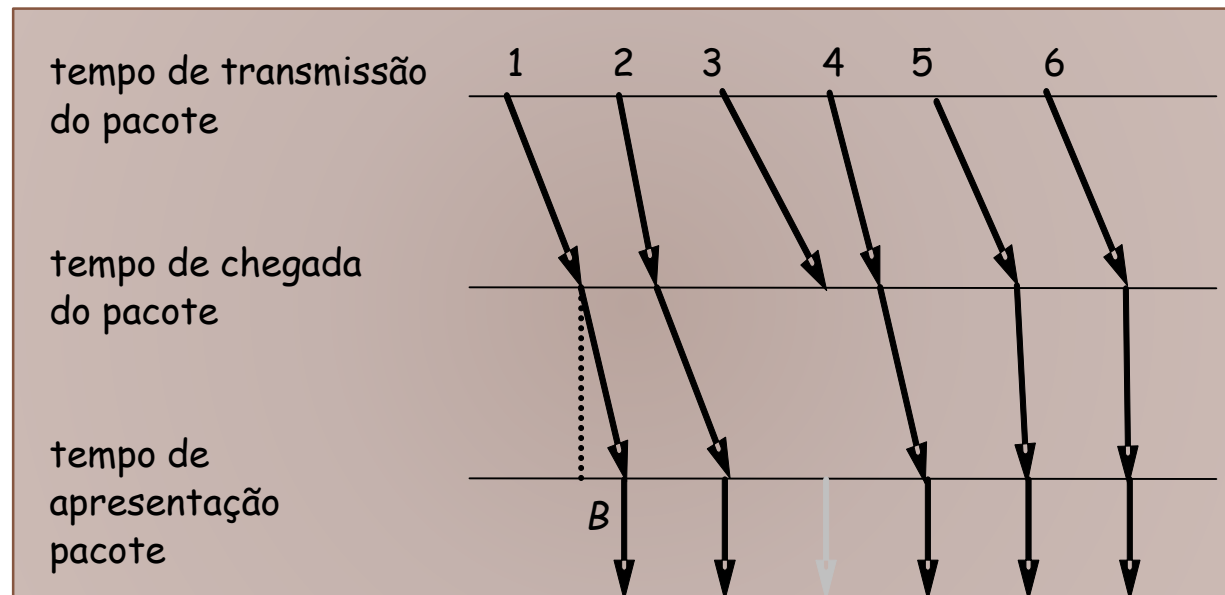
- Mas este esquema não considera o atraso real do pacote
  - Mesmo se o primeiro pacote sofrer o atraso máximo da rede, ele é atrasado de B segundos
    - Causando atraso extra desnecessário
- VoIP: em geral o tempo de bufferização é de duas vezes o tamanho do pacote de voz
  - Exemplo: se o pacote de voz for de 20ms, o tempo de bufferização é de 40ms



# Variação do Atraso:Técnica de Bufferização

## Tempo de Bufferização fixo

- Embora esta técnica seja fácil de implementar
  - Pode resultar em qualidade não satisfatória de áudio
    - Atrasos podem variar, e se aumentar aumenta o descarte de pacotes
- Não há um atraso ótimo quando as condições de rede variam com o tempo



# Variação do Atraso:Técnica de Bufferização

---

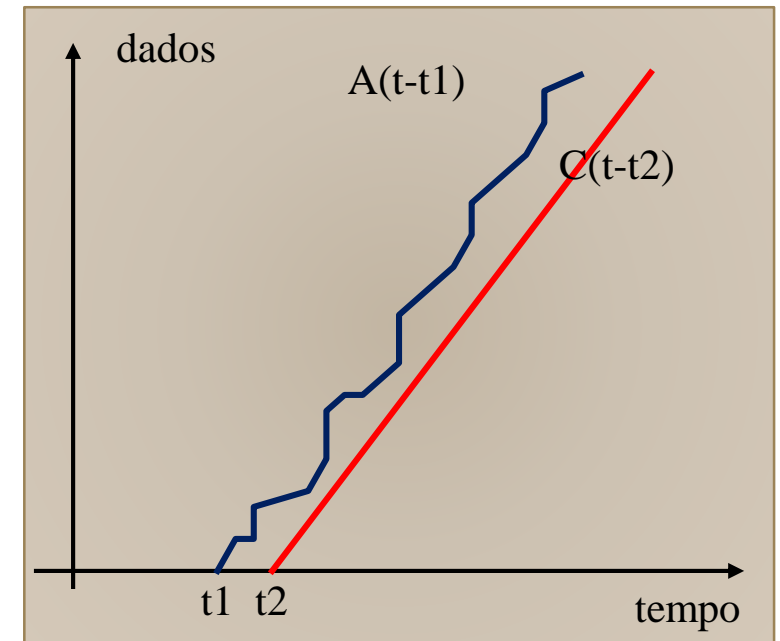
## **Técnicas de bufferização adaptativas**

- Realizam uma estimação contínua dos atrasos de rede
  - Via os parâmetros dos pacotes RTP e RTCP
- Permite acompanhar a situação da rede
- Várias operações devem ser realizadas para o cálculo do tempo de apresentação dos dados
  - Compensação do desvios de relógio
  - Compensação do Comportamento do Emissor quando do uso de técnicas para aumentar a confiabilidade
  - Compensação do Jitter
  - Compensação da trocas de rota
  - Compensação da reordenação de pacotes
  - Definição do momento de adaptar

# Variação do Atraso: Técnica de Bufferização

## Análise baseada no modelo cliente/servidor

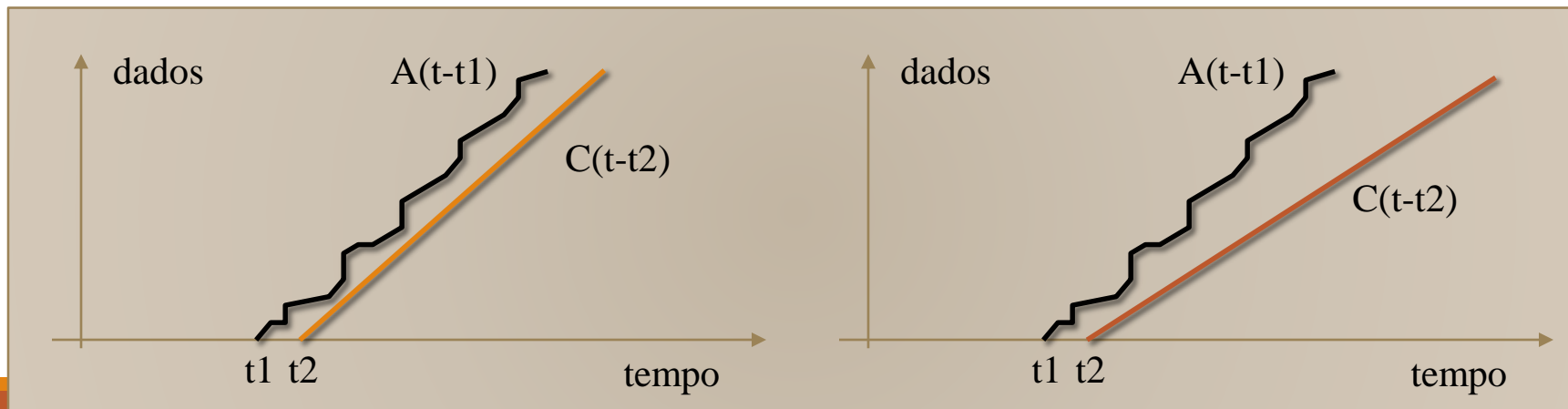
- Supondo:
  - destino consome dados a uma taxa constante
  - $A(t)$  a função dos dados que chegam e  $C(t)$  a função de consumo
    - $C(t)$  aumenta com o tempo em uma taxa constante
    - $A(t)$  não aumenta a taxa fixa devido a variação de atrasos
- Assumindo:
  - 0: tempo de envio do primeiro pacote
  - $t_1$ : tempo de chegada do primeiro pacote
  - $t_2$ : tempo de apresentação do primeiro pacote
- Para satisfazer os requisitos de continuidade
  - $A(t-t_1)$  dever ser igual ou maior que  $C(t-t_2)$ 
    - a diferença é bufferizada



# Técnica de Bufferização

## Requisitos de largura de banda

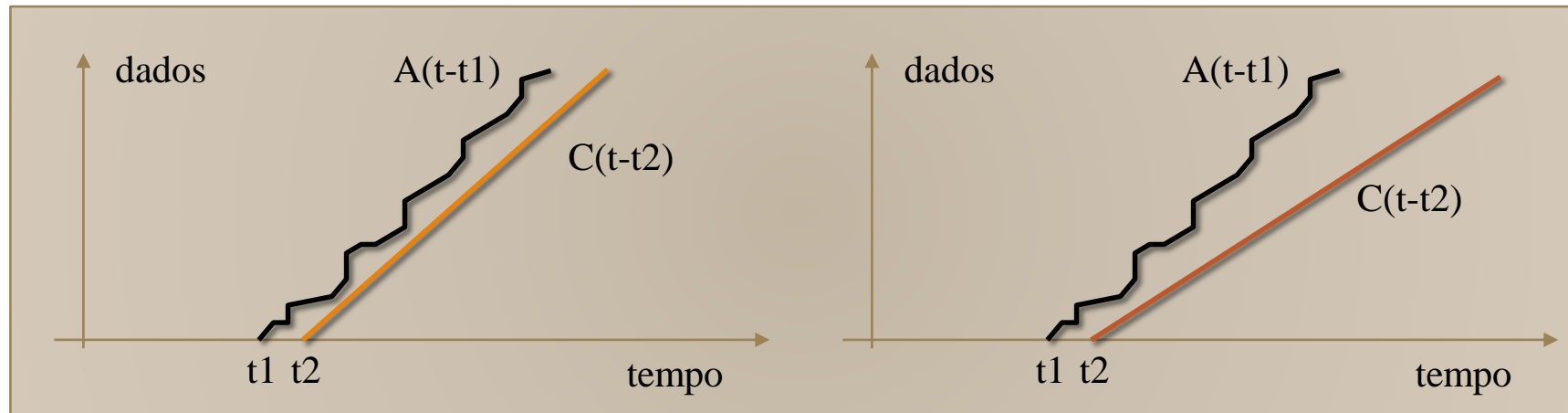
- Inclinação de  $A(t-t_1)$  representa a taxa de chegada de dados
- Valor médio da taxa de chegada deve ser igual a taxa de consumo
- Se a taxa de consumo é menor
  - diferença  $A(t-t_1)$  e  $C(t-t_2)$  (ocupação do buffer) aumenta com o tempo
  - para o sucesso da apresentação
    - tamanho do buffer é infinito ou
    - apresentação do fluxo pode apenas se mantida durante um tempo limitado
  - senão correrá sobrecarga do buffer



# Técnica de Bufferização

## Requisitos de largura de banda

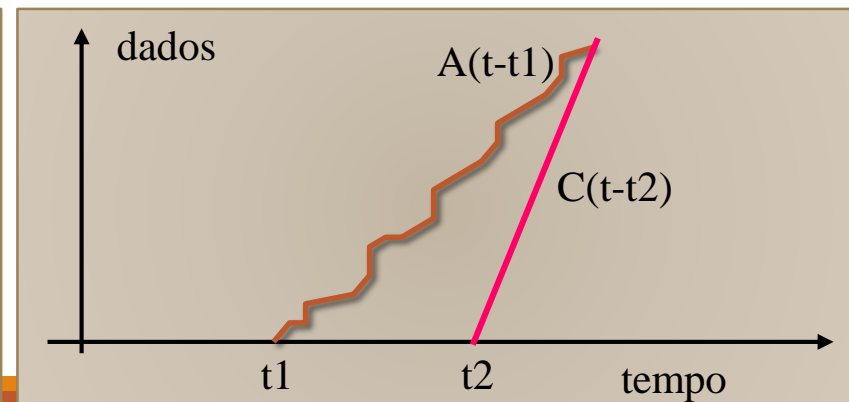
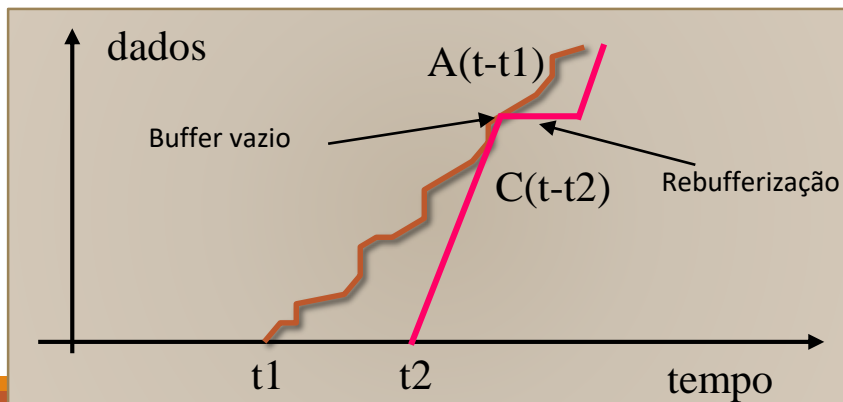
- Conclusão: controle da taxa de transmissão deve ser usado para que a taxa de transmissão seja próxima a taxa de consumo



# Técnica de Bufferização

## Requisitos de largura de banda

- Se a taxa de consumo é maior que a taxa de chegada
  - para satisfazer o requisito que  $A(t-t1)-C(t-t2)$  não seja menor que 0
    - $t2$  deve ser maior (atraso inicial maior)
      - tempo de resposta mais longo
      - requer tamanho de buffer maior
  - maior o fluxo a ser apresentado, maior é o atraso inicial e maior os requisitos do buffer
    - não são desejáveis nem praticáveis
- **Conclusão:** transmissor deveria enviar na taxa de consumo, e a largura de banda de transmissão fim-a-fim deve ser ao menos igual a taxa de consumo





# Requisitos de confiabilidade

---

## Requisito de difícil quantificação

- As aplicações multimídia são tolerantes a erros de transmissão
  - Devido aos limites da percepção sensorial humana
  - Consequência: perdas geram redução da qualidade de apresentação
- Requisitos de controle de erro e de atraso fim-a-fim são contraditórios
  - pois muitos esquemas de controle de erro envolvem a detecção e retransmissão do pacote com erros ou perda
    - implica no aumento no atraso
  - para transmissão tempo-real de áudio e vídeo, o atraso é mais importante que a taxa de perdas
    - é preferível ignorar o erro e trabalhar simplesmente com o fluxo de dado recebido
- Para VoIP:
  - ideal é inferior a 1%, acima de 25% não é tolerável