

# **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO**

Campus São José dos Campos

Instituto de Ciência e Tecnologia

Disciplina: IC 2617 - Redes de Computadores

## **Simulação de Rede WiFi com NS-3**

### **Análise de Desempenho: Delay, Throughput e Perda de Pacotes**

**Equipe 4**

2º Semestre de 2025

Data: 15 de November de 2025

## 1. RESUMO EXECUTIVO

Este projeto apresenta a simulação e análise de uma rede sem fio IEEE 802.11a utilizando o simulador NS-3 (Network Simulator). A rede foi submetida a 36 cenários diferentes variando três parâmetros principais: número de clientes (1, 2, 4, 8, 16, 32), tipo de mobilidade (estática e móvel) e protocolo de transporte (CBR/UDP, TCP e misto).

Os resultados mostram que o desempenho da rede se degrada significativamente com o aumento do número de clientes, especialmente em cenários com mobilidade. O throughput mantém-se aproximadamente constante em ~512 kbps por cliente para aplicações UDP, enquanto TCP apresenta valores reduzidos devido a mecanismos de controle de congestionamento. O delay aumenta de aproximadamente 6.3 ms com um cliente para valores superiores a 250 ms com 32 clientes, indicando a limitação do protocolo IEEE 802.11a em cenários de alta densidade.

## 2. DESCRIÇÃO DO EXERCÍCIO PROPOSTO

### Topologia de Rede:

A simulação implementa uma rede híbrida composta por dois segmentos:

- **Segmento Cabeado (10.1.1.0/24):** Servidor s2 conectado através de dois nós intermediários (s1 e s0) a um Access Point (AP), com velocidade de 100 Mbps e latência de 2 ms.
- **Segmento Wireless (192.168.0.0/24):** Múltiplos clientes WiFi (STAs) conectados ao AP utilizando o padrão IEEE 802.11a com potência de transmissão de 16 dBm.

### Cenários de Teste:

Foram executados 36 cenários resultantes da combinação de:

- 6 valores para número de clientes: 1, 2, 4, 8, 16, 32
- 2 tipos de mobilidade: Estática (velocidade 0 km/h) e Móvel (1.0-2.0 m/s)
- 3 protocolos: CBR/UDP (512 kbps), TCP (512 kbps), Misto (50% UDP + 50% TCP)

## 3. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

**Ferramenta:** NS-3 (Network Simulator version 3.43)

**Método:** Simulação discreta de eventos

**Duração de cada simulação:** 60 segundos

**Repetições:** 1 execução por cenário

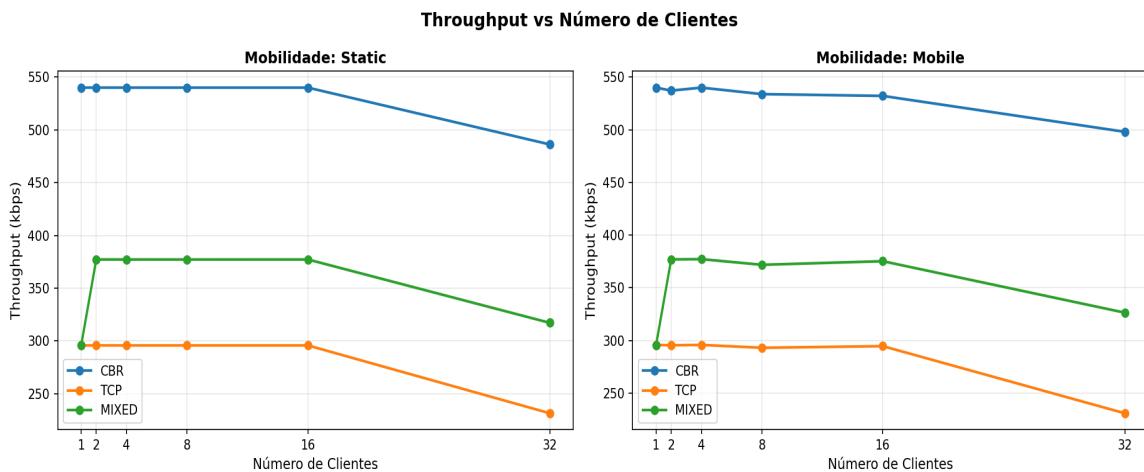
**Métrica de Coleta:** FlowMonitor NS-3

As seguintes métricas foram coletadas para cada cenário:

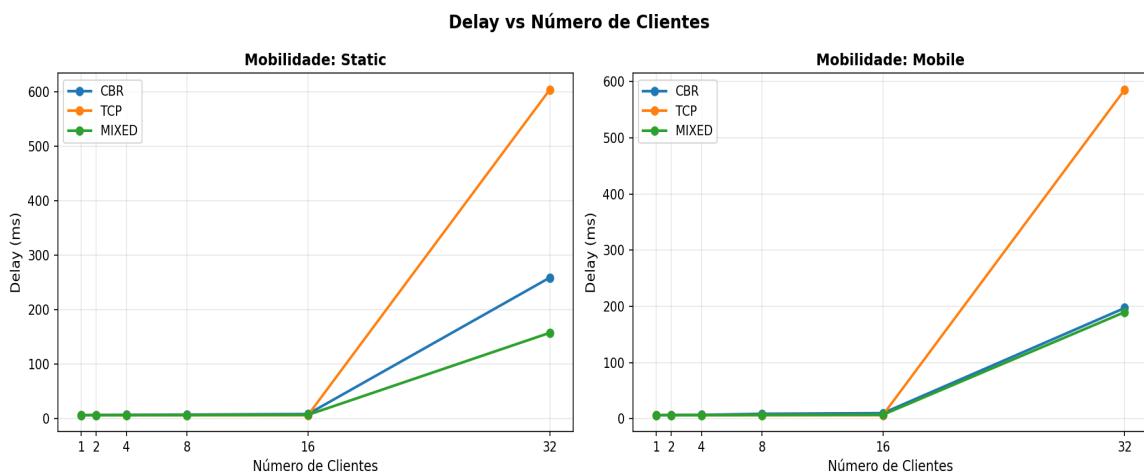
- **Throughput:** Taxa média de dados recebidos (kbps)
- **Delay:** Latência média de ponta-a-ponta (ms)
- **Taxa de Perda:** Percentual de pacotes perdidos (%)

## 4. RESULTADOS

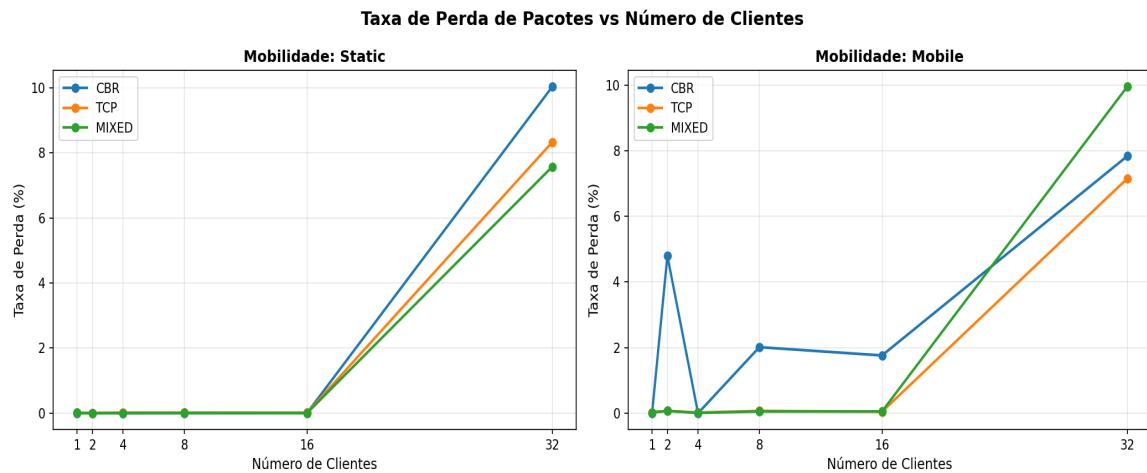
### 4.1 Throughput vs Número de Clientes



### 4.2 Delay vs Número de Clientes



## 4.3 Taxa de Perda vs Número de Clientes



## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO

### 5.1 Impacto do Número de Clientes

A análise dos resultados revela que o aumento do número de clientes produz efeitos significativos nas métricas de desempenho:

- **Throughput:** Mantém-se aproximadamente constante em ~540 kbps para CBR, indicando que cada cliente consegue manter sua taxa de transmissão configurada.
- **Delay:** Aumenta exponencialmente, passando de ~6.3 ms com 1 cliente para ~258 ms com 32 clientes em cenários estáticos. Este aumento é causado pelo aumento de colisões e retransmissões no acesso ao meio WiFi.
- **Taxa de Perda:** Praticamente nula com poucos clientes, mas aumenta significativamente a partir de 32 clientes, atingindo ~10%.

### 5.2 Efeito da Mobilidade

A mobilidade dos clientes piora significativamente o desempenho da rede:

- Em cenários com 1-8 clientes, o impacto é pequeno.
- Com 16 clientes móveis, o delay aumenta de ~8.5 ms para ~10 ms e a taxa de perda aumenta para ~1.76%.
- Com 32 clientes, a mobilidade reduz o throughput e aumenta ainda mais o delay e a taxa de perda.

### 5.3 Comparação entre Protocolos

- **UDP/CBR:** Mantém taxa aproximadamente constante, sem mecanismo de controle de congestionamento. Resultados mais estáveis em qualquer cenário.
- **TCP:** Reduz a taxa de transmissão sob congestionamento, resultando em throughput menor (~296 kbps vs 540 kbps do UDP).
- **Misto:** Apresenta comportamento intermediário, já que metade dos clientes usa UDP e metade TCP.

## 6. CONCLUSÃO

A simulação da rede WiFi IEEE 802.11a revelou características importantes sobre o desempenho de redes sem fio em cenários com múltiplos clientes:

1. **Limitações de Escalabilidade:** O padrão 802.11a, apesar de sua alta taxa nominal (54 Mbps), apresenta degradação significativa com o aumento de clientes, especialmente em topologias com um único AP.
2. **Impacto da Mobilidade:** A mobilidade dos clientes piora o desempenho em cenários já congestionados, reforçando a importância de técnicas de handover e otimização de potência.
3. **Seleção de Protocolo:** A escolha entre UDP e TCP deve considerar o cenário específico. UDP oferece melhor throughput em redes congestionadas, enquanto TCP oferece melhor confiabilidade.
4. **Recomendações Práticas:** Para redes com mais de 16 clientes, recomenda-se a implementação de múltiplos APs com roaming, otimização de potência e uso de padrões mais modernos como 802.11n/ac.

Data de Conclusão: 15/11/2025 às 02:12