

Reduzindo os Efeitos do Bufferbloat sobre Multi-Caminhos em Redes Sem Fio Heterogêneas

XXXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC2016)



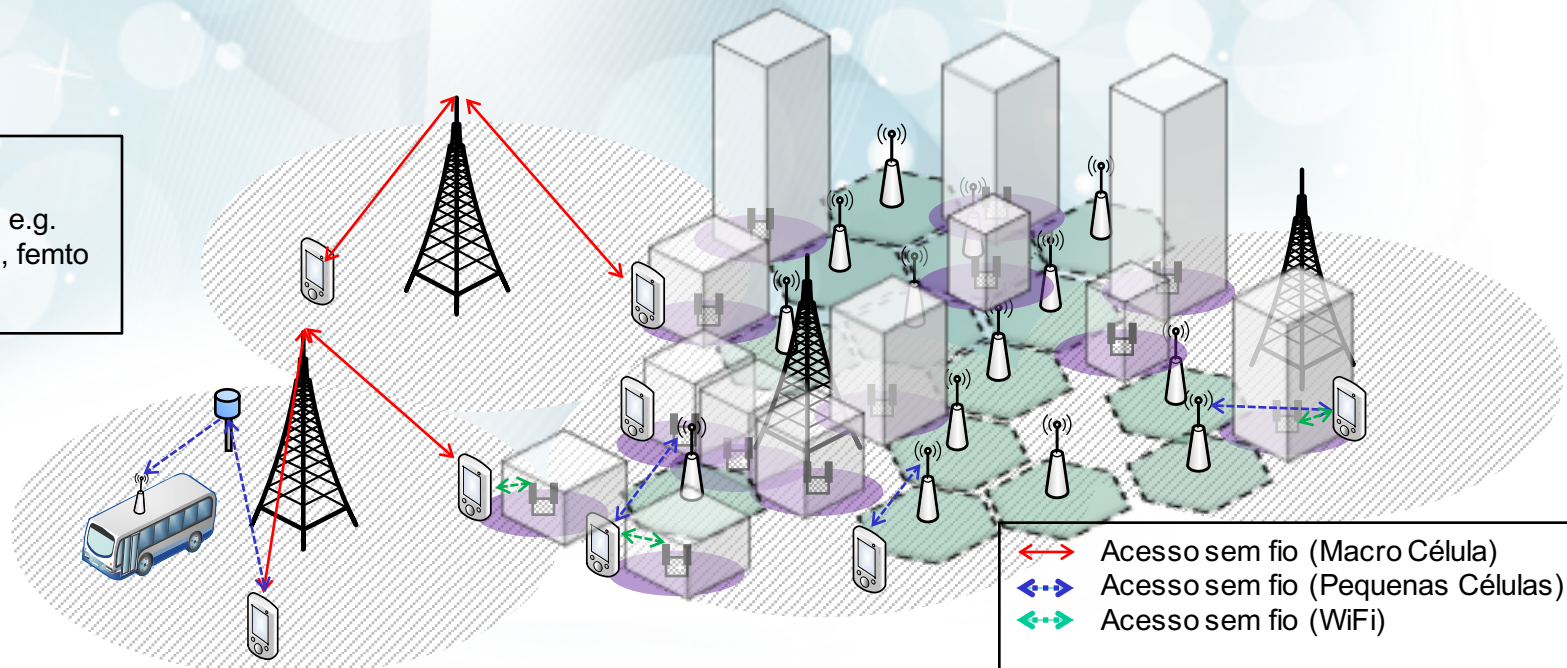
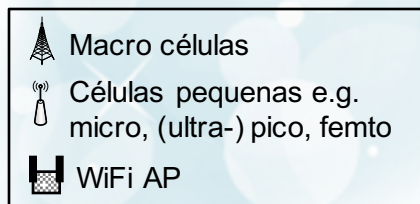
Benevid Felix, Aldri Santos, Michele Nogueira
Universidade Federal do Paraná

Salvador, BA
01/06/2016



- Introdução
- Problema
- Objetivos
- TCP multi-caminhos (MPTCP)
- Controle de fila
- Avaliação da transmissão multi-caminhos
- LIFO-CoDel
- Resultados
- Conclusões

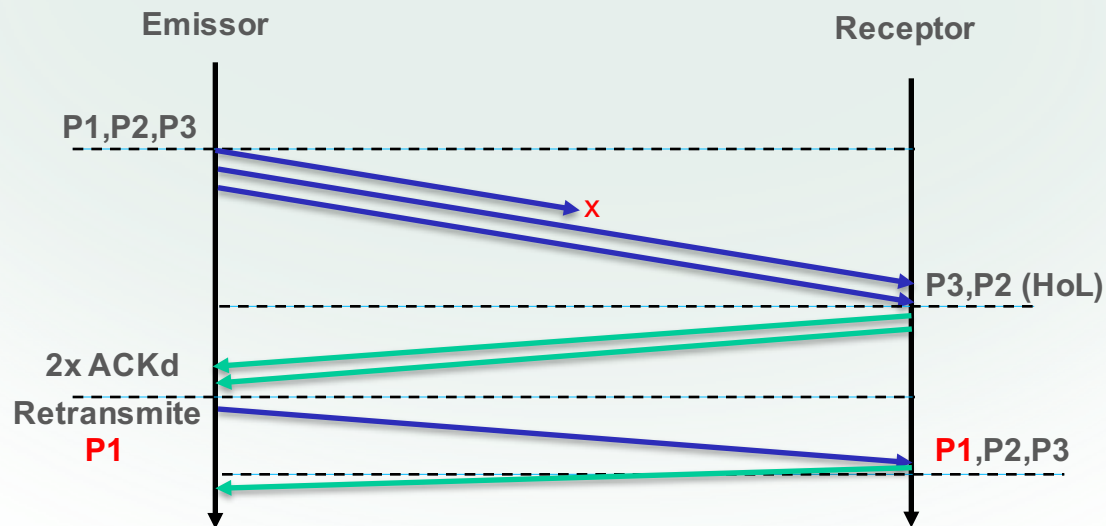
- Crescente demanda de acesso sem fio a Internet
 - Baixa latência e Maior largura de banda
- Redes heterogêneas sem fio (HetNets)
 - Rede celulares, WiFi, e outras
- Dispositivos com múltiplas interfaces (*multihomed*)



- Como melhorar o desempenho da transmissão no cenário de HetNets?
 - Reduzir latência e aumentar vazão (atender à demanda!)
- Uso da transmissão de dados multi-caminhos
 - Desafios em aberto para HetNets sem fio
 - Impacto de caminhos com diferentes características (atraso, largura de banda, perdas, etc)
 - Variação do estado do caminho
 - Congestionamentos

- Conseqüências

- Bloqueio da fila de recebimento (*HOL Blocking*)
- Recebimentos de pacotes fora de ordem
- Degradação do desempenho

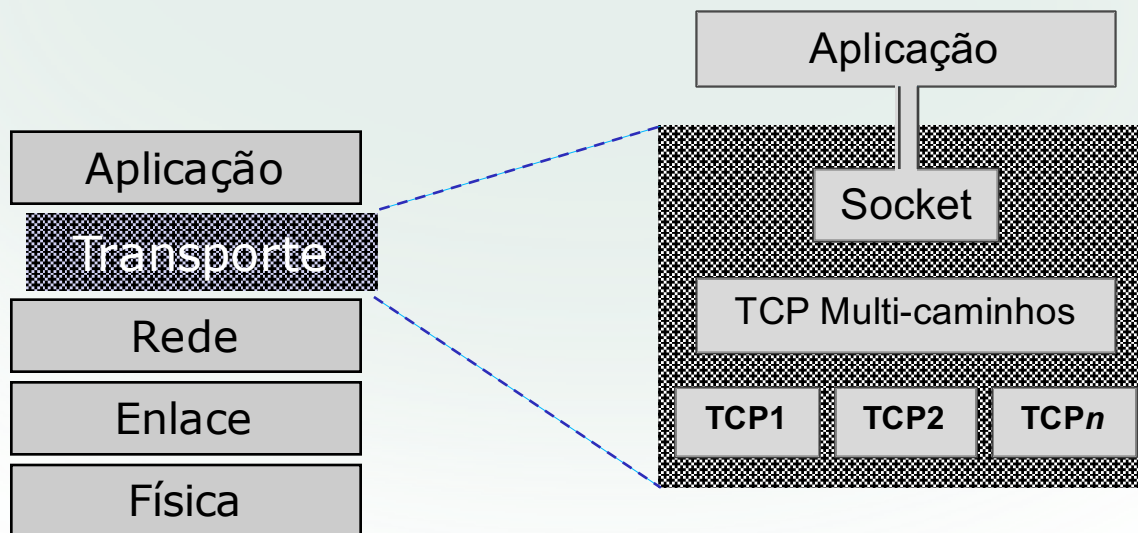


- Avaliar o impacto de caminhos heterogêneos
 - Variação do atraso
- Comparação do CC do TCP multi-caminhos no cenário de HetNets
 - Algoritmos *Linked Increases* (padrão), *RTT_Compensator* e *Uncoupled*
 - Impacto do congestionamento (*bufferbloat*)
 - Impacto das perdas de pacotes (Descartes na fila)
- Reduzir a latência e Aumentar a vazão
 - Mudança na disciplina de fila

TCP multi-caminhos (MPTCP)

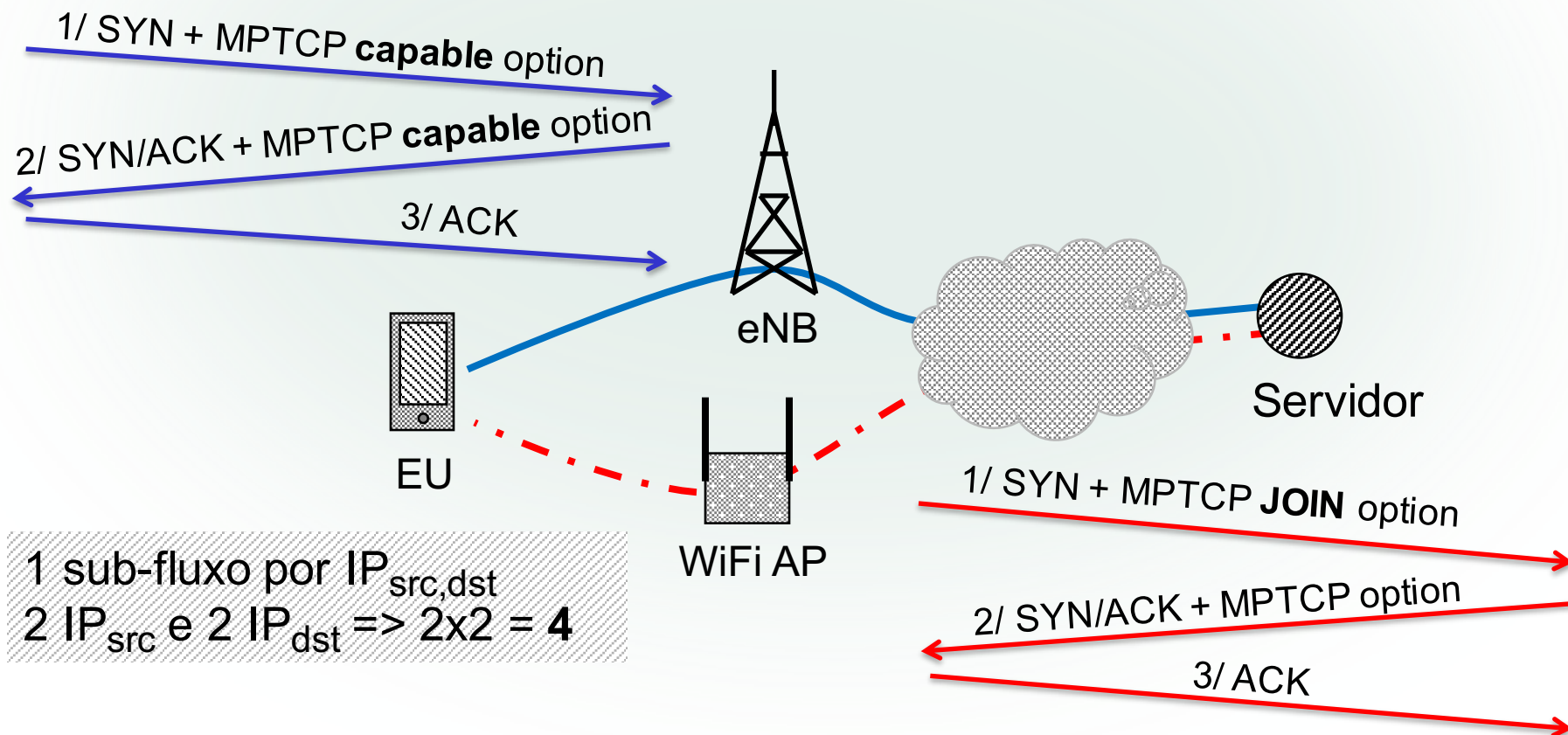


- Extensão ao TCP definido pela RFC 6824
 - Funciona com maioria do *middleboxes* (NAT, Firewall, etc)
- Transmissão de dados concorrente (i.e sub-fluxos)
- Disponível para Linux e iOS7



TCP multi-caminhos (MPTCP)

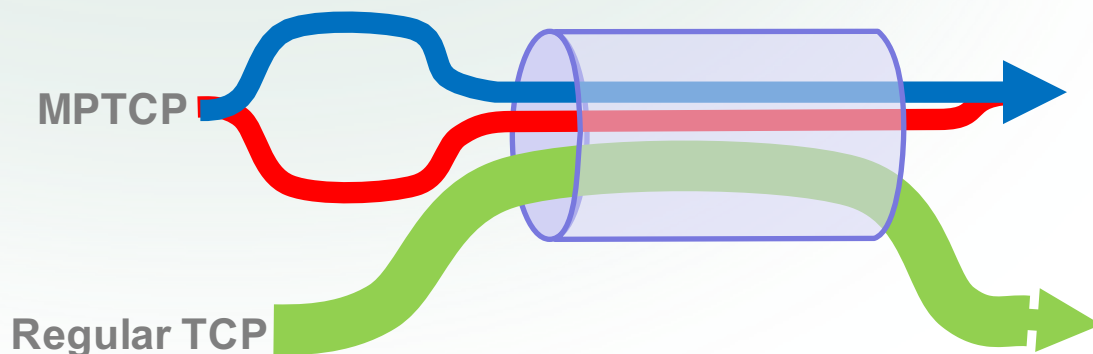
- Como é estabelecido uma conexão MPTCP?
 - Sub-fluxos adicionais (RFC 6182)



TCP multi-caminhos (MPTCP)

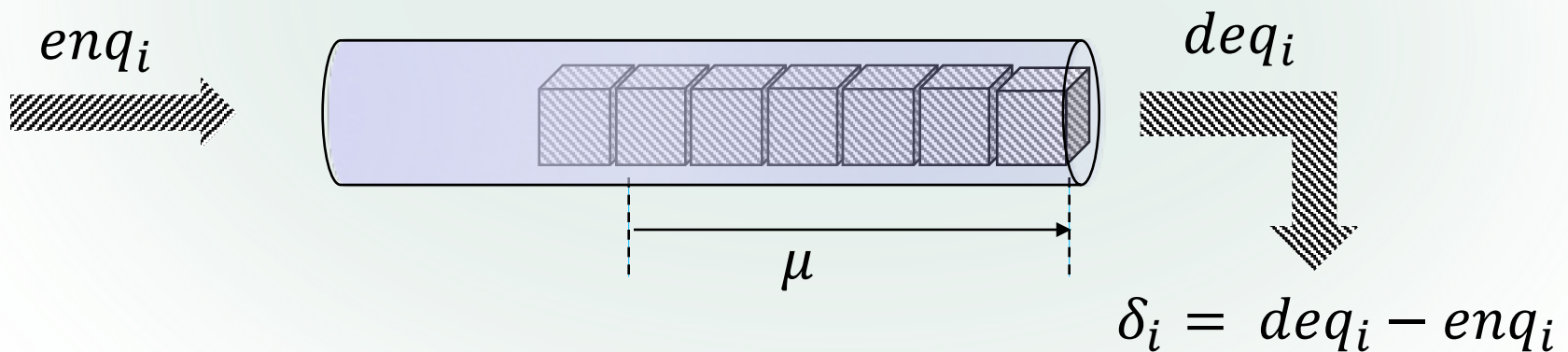


- Controle de congestionamento acoplado
 - Janela de recepção compartilhada (RCW)
 - Sub-fluxos são interdependentes
 - CWND são acopladas
 - Objetivos do CC:
 - Justo com TCP ao compartilhar gargalos (independente do nº de sub-fluxos)
 - Utilizar eficientemente os caminhos



- Grandes *buffers* nos equipamentos de rede (ex. roteadores)
 - Disciplina padrão FIFO
 - *DropTail*: descarta pacotes quando a fila enche
 - Atraso adicional
 - Tempo de espera na fila
 - Fenômeno *Bufferbloat* (grande atraso e poucas perdas)
- Estratégia: Gerenciamento ativo de filas (AQM)
 - CoDel e FQ-CoDel (Nichols e Jacobson [NJ12])
 - Sinalização do congestionamento (descarte)

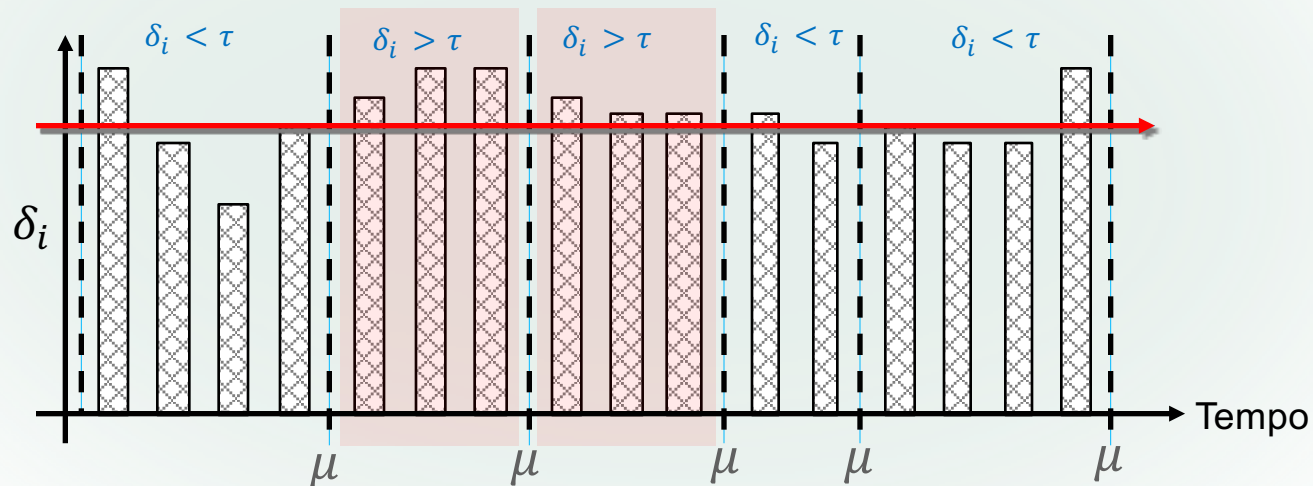
- CoDel
 - Marcação dos tempo de entrada e saída da fila
 - Tempo de permanência (δ_i) do pacote



- Valor padrão: $\tau = 5ms$ e $\mu \Rightarrow \lambda = 100ms$

- Estado de descarte

- Intervalo μ é reduzido sucessivamente se δ_i persiste acima de τ

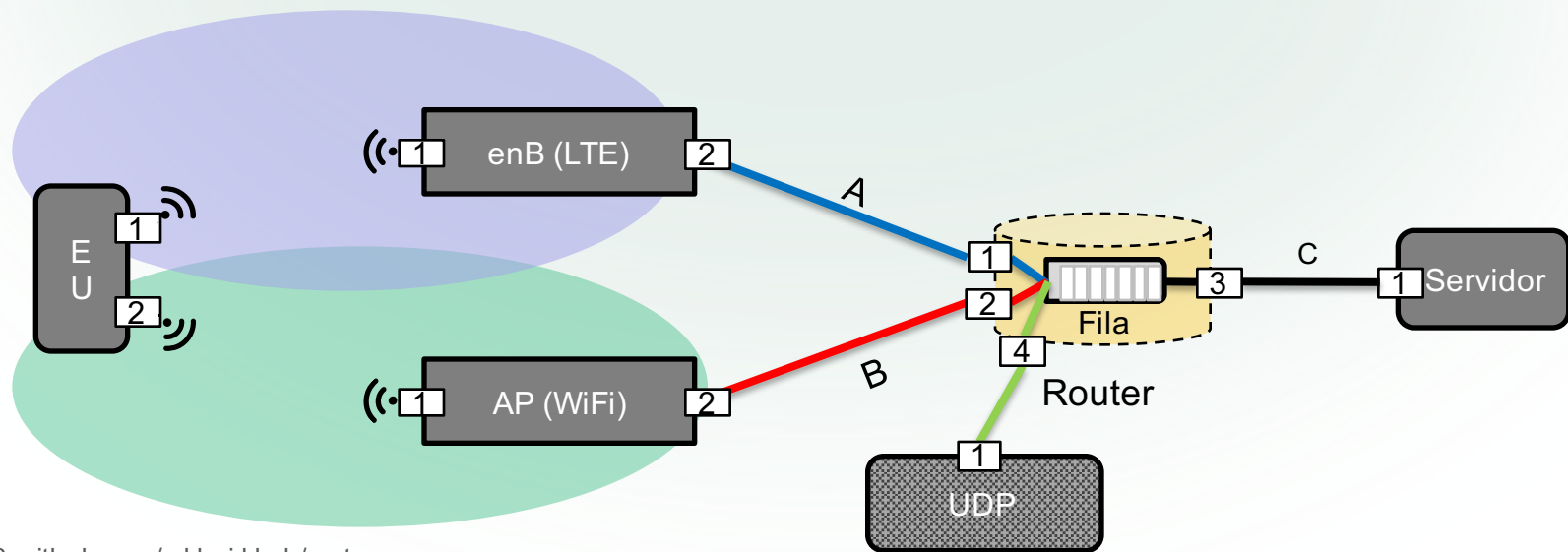


- Flow Queue CodeI (FQ-CoDel)

- Separa cada sub-fluxo em uma fila
- Algoritmo de escalonamento DDR (*Deficit Round Robin*)

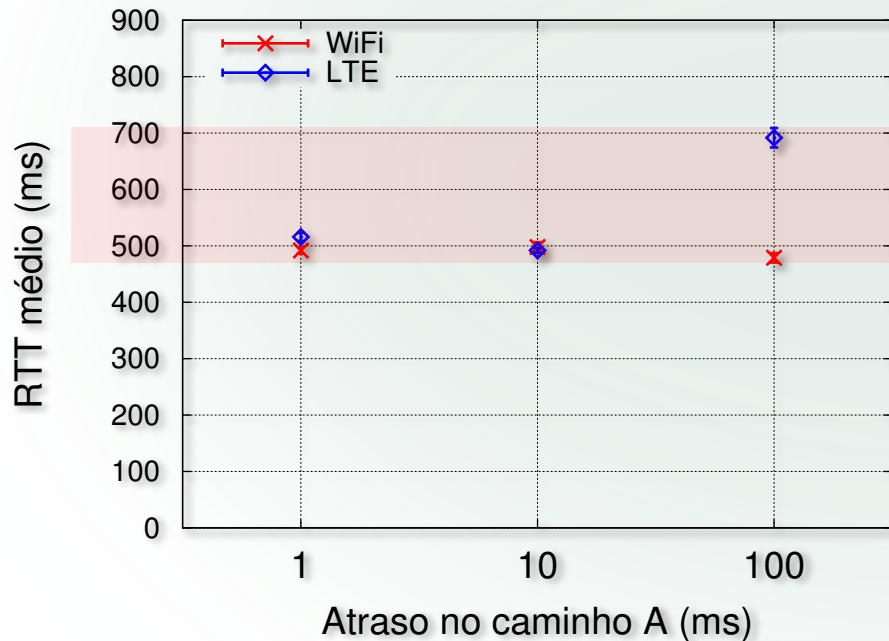
Avaliação: transmissão multi-caminhos

- Cenário utilizado nas simulações
 - Simulador NS-3
 - Carga de trabalho – 4Mb
 - Nó UDP – objetivo de saturar a fila
 - Variação do atraso no caminho A (1,10,100ms)

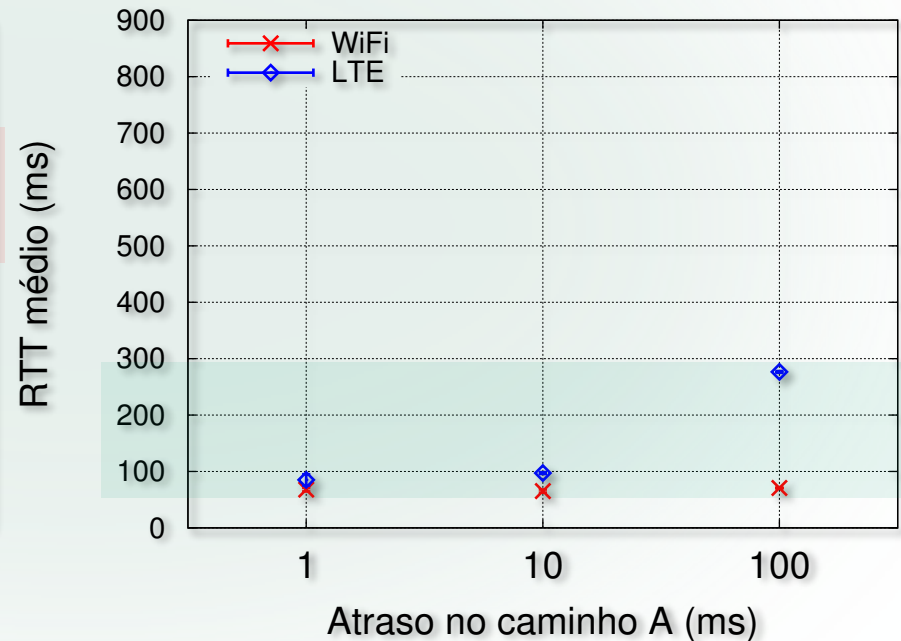


- CoDel

- Redução do RTT comparado com DropTail



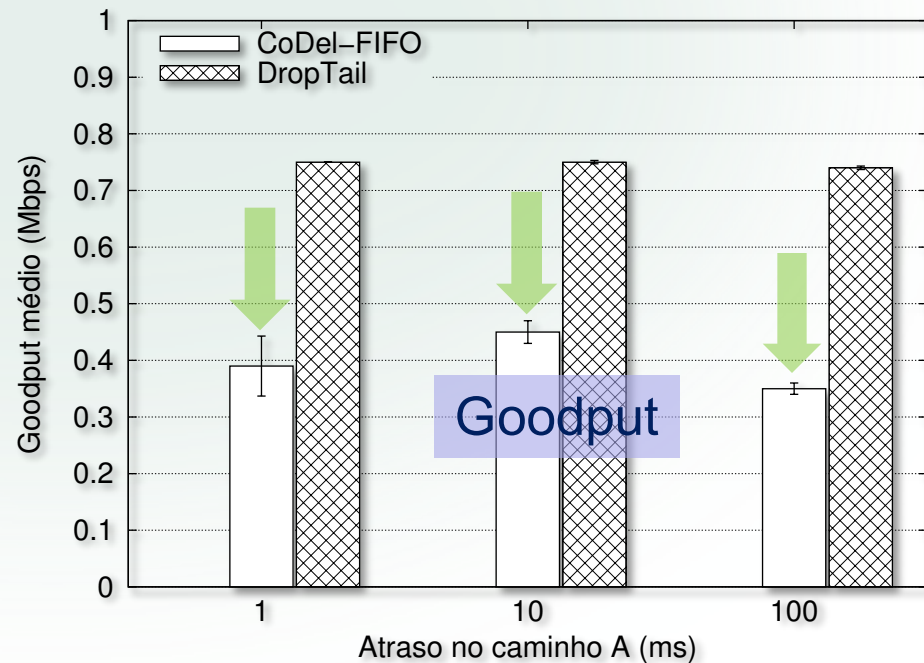
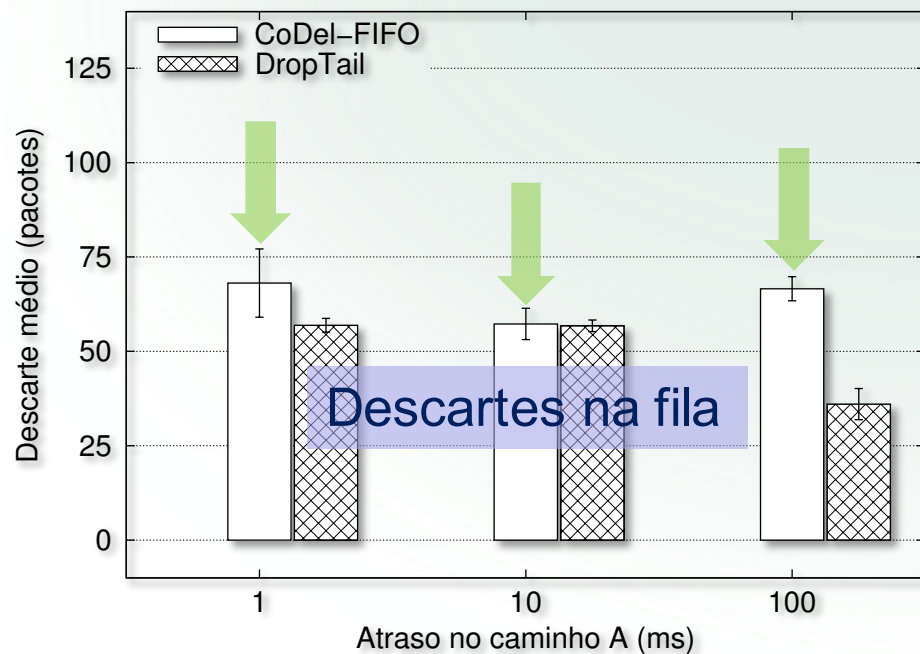
RTT DropTail



RTT CoDel

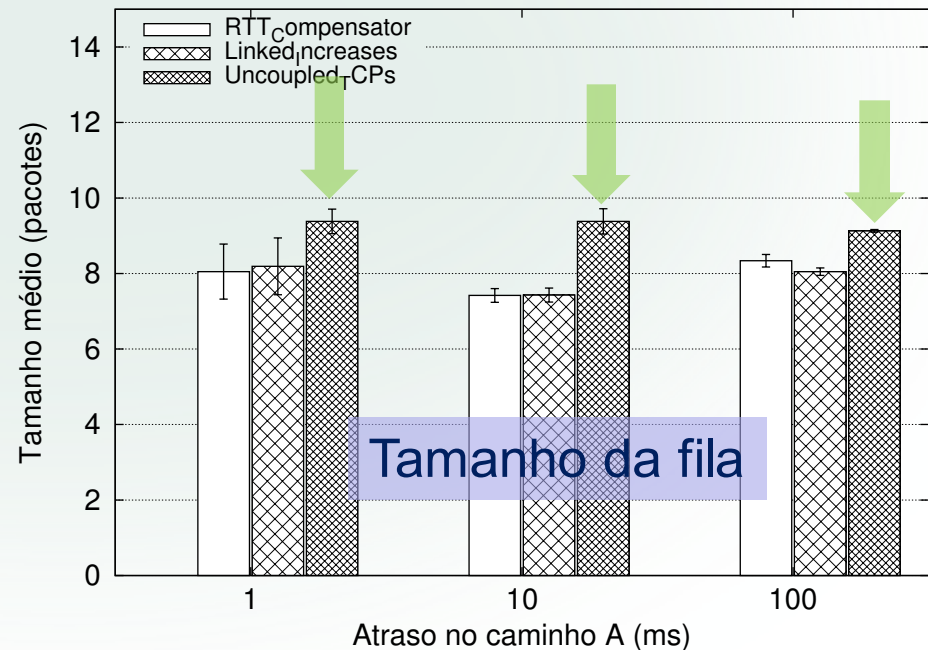
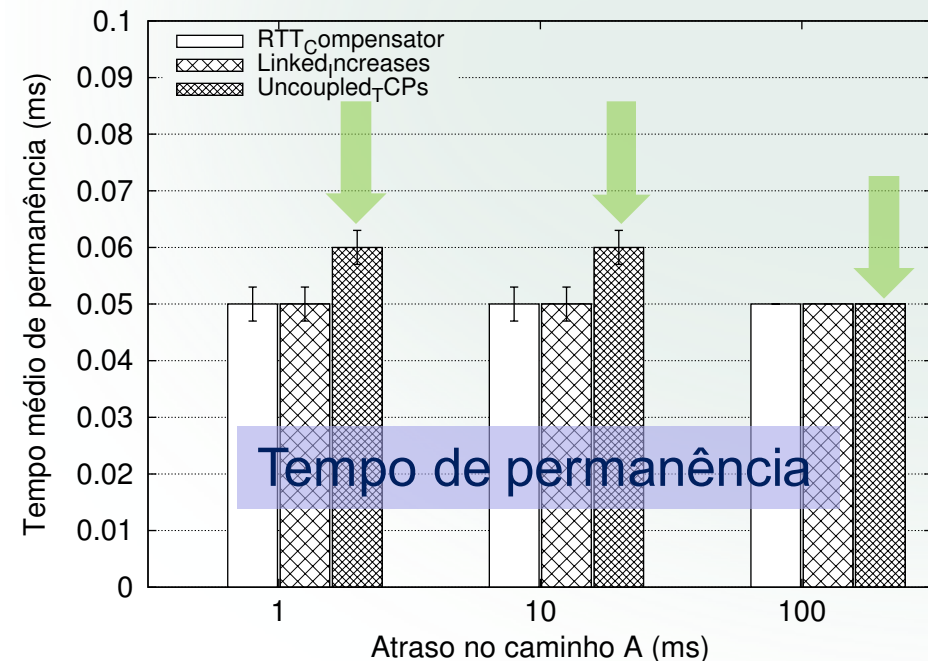
Avaliação: transmissão multi-caminhos

- Descarta mais pacotes na fila
- Degradação do desempenho do MPTCP
 - Melhor utilização do Link (~75%) com DropTail
 - *Tradeoff* entre CoDel e DropTail

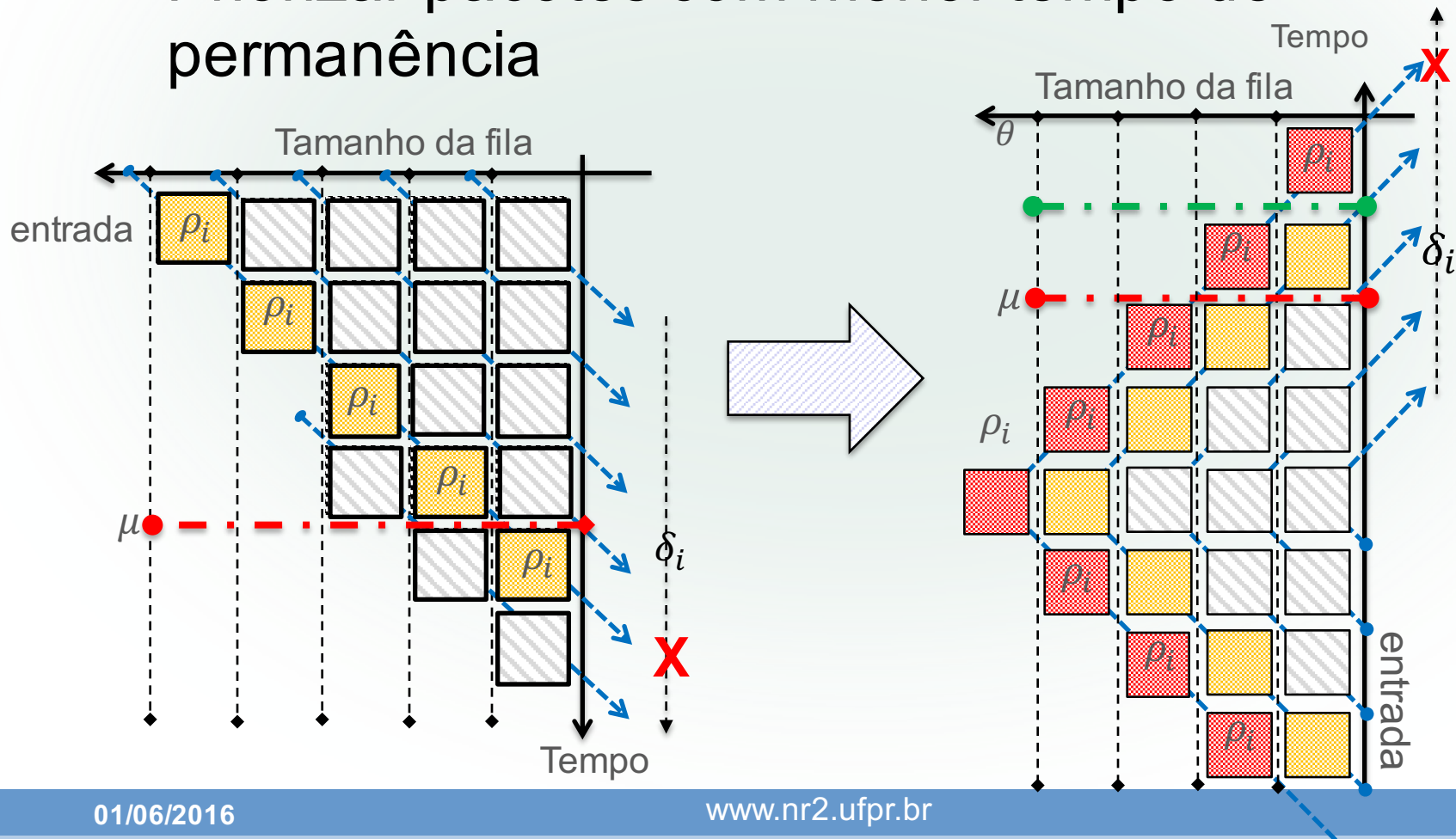


Avaliação: transmissão multi-caminhos

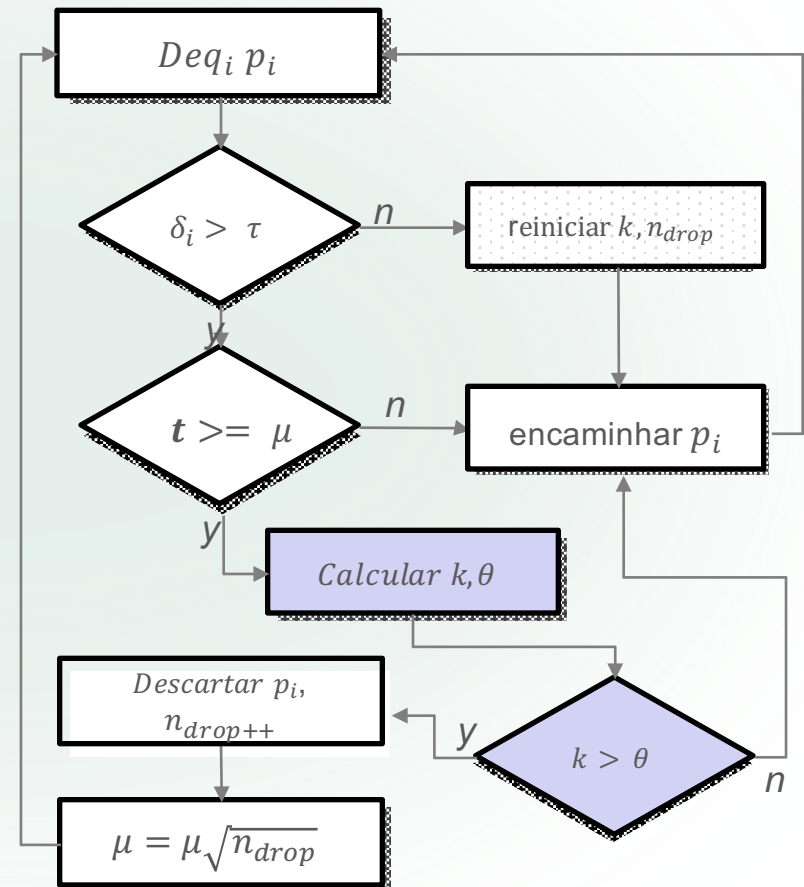
- CC Uncoupled tem desempenho inferior aos demais
 - CC acoplado é mais eficiente



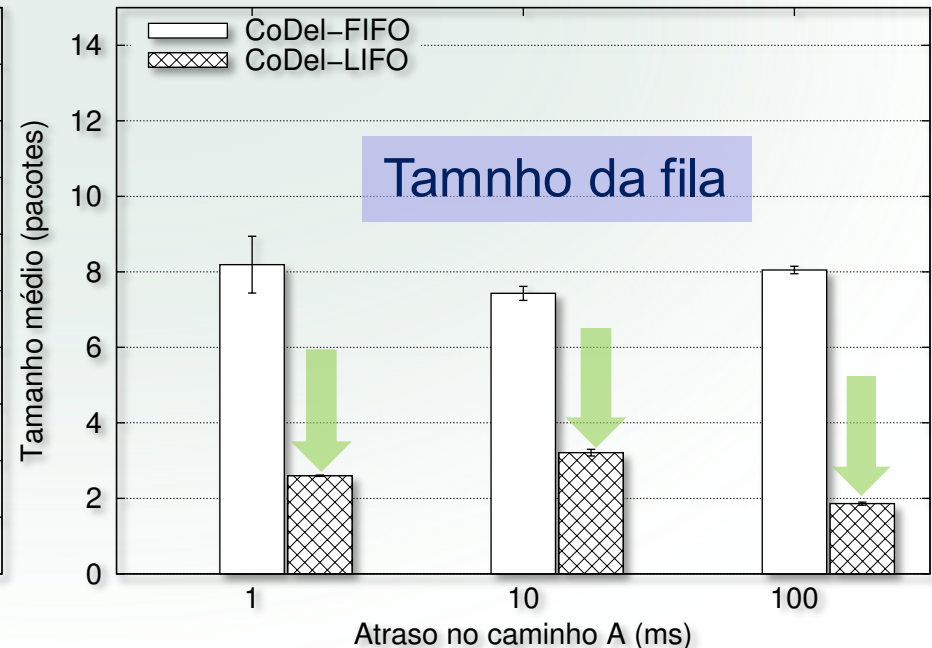
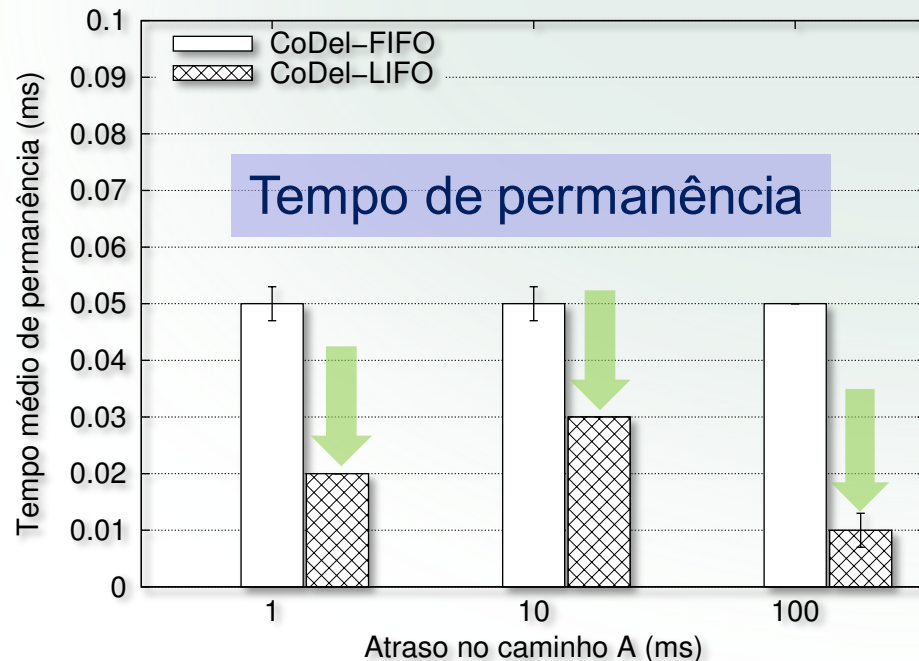
- Mudança de Fila para Pilha
 - Priorizar pacotes com menor tempo de permanência



- Encaminhar pacotes descartados pelo FIFO-CoDel
- O parâmetro θ :
 - Pacotes acima do tempo de permanência
 - k contabiliza δ_i crescente
 - O valor de θ tende a **2**

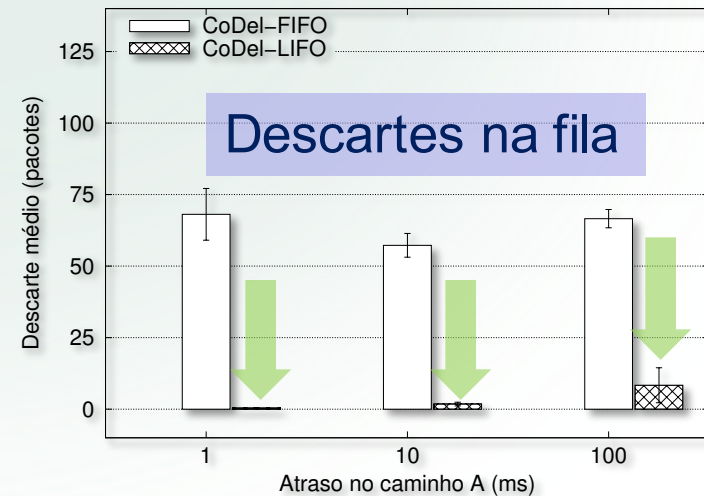
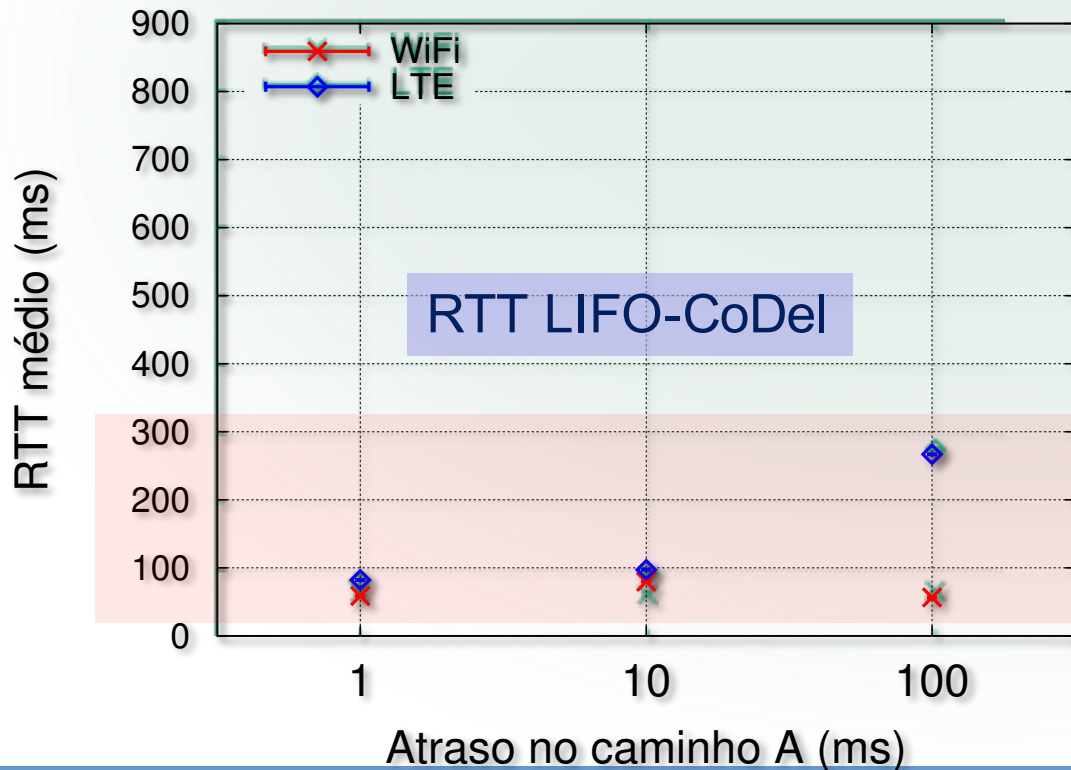


- Redução do tempo médio de permanência
 - Pacotes com menor tempo de permanência (pilha)
- Redução do tamanho médio da fila

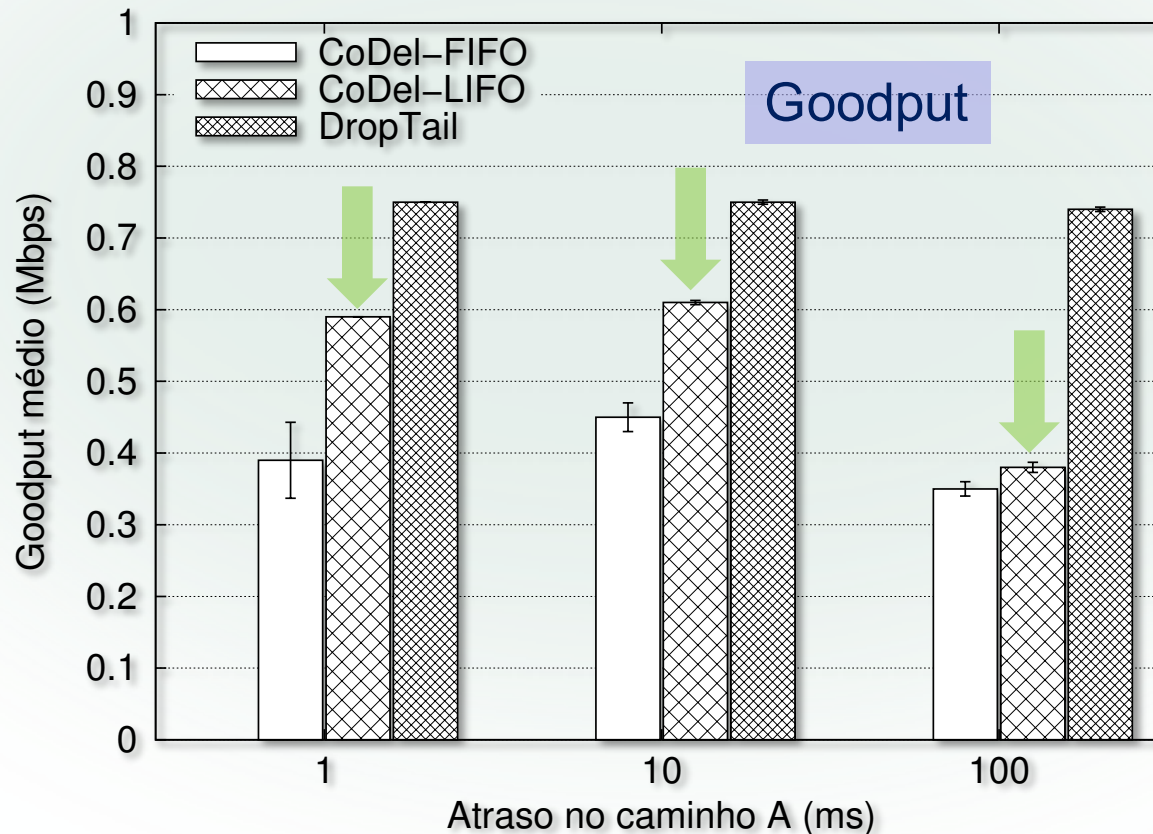


- LIFO-CoDel

- Redução do número de descartes
- RTT: muito próximo do FIFO-CoDel (pontos verdes)



- Melhor *Goodput* em relação ao CoDel



- *Tradeoff* entre RTT e *Goodput* mais *expressivo*
 - Cenário com caminhos heterogêneos
 - CoDel reduz o atraso, mas degrada o *Goodput*
- LIFO-CoDel reduz o impacto do CoDel
 - Reduz descartes, mantém o RTT e melhora o *Goodput*
- Trabalhos Futuros
 - Avaliar novos algoritmos de CC
 - Cenários mais dinâmicos

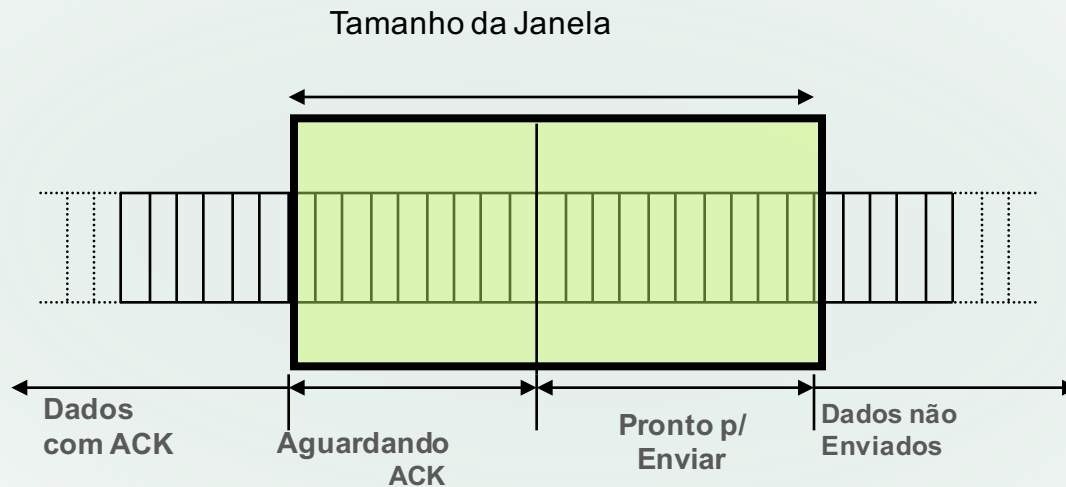
Agradecimentos



Perguntas?



- Janela de congestionamento do MPTCP
 - Algoritmo padrão - LIA (*Linked Increases*)



$$w_i = \begin{cases} \min\left(\frac{\alpha}{W}, \frac{1}{w_i}\right) & \text{incremento} \\ \frac{w_i}{2} & \text{decremento} \end{cases}$$

$$\alpha = W \times \frac{\max\left(\frac{w_i}{RTT_i^2}\right)}{\left(\sum_i w_i / RTT_i\right)^2}$$