

# TP4: Estudo de QoS e Mecanismos de Controlo de Tráfego em redes IP

Simão Cunha<sup>[a93262]</sup>, Gonçalo Pereira<sup>[a93168]</sup>, and Rui Alves<sup>[pg50745]</sup>

Universidade do Minho - Campus de Gualtar, R. da Universidade, 4710-057 Braga Portugal

## Qualidade de Serviço em Redes IP (2022/2023) - Grupo 1

### a Parte A

#### a.1 Identifique os links em congestão.

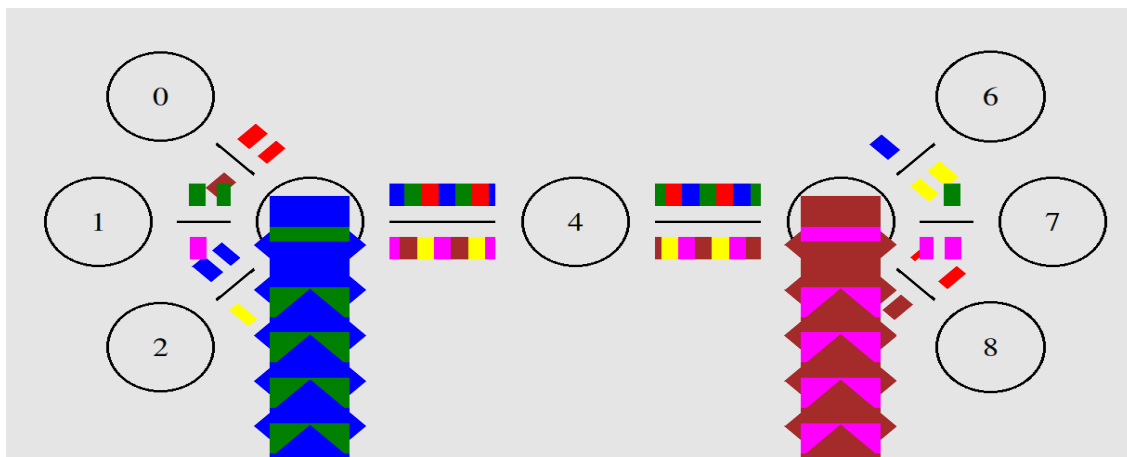
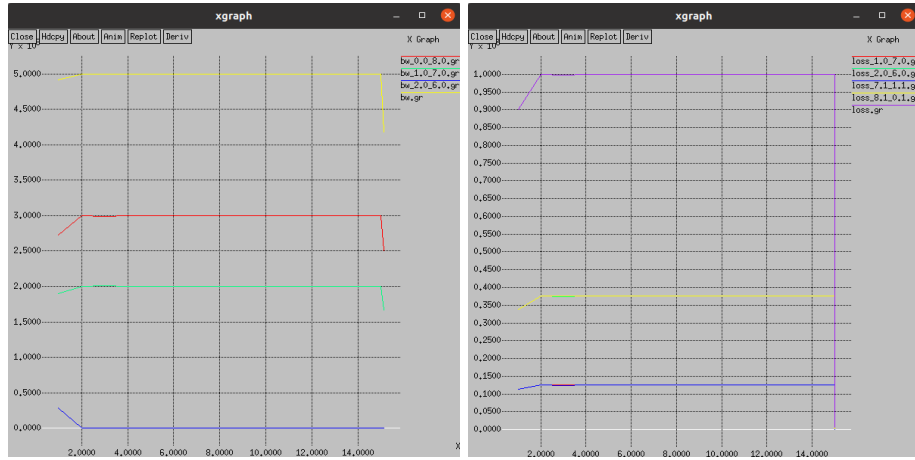


Figura 1: Simulação do ficheiro qos0.nam

Observando a figura 1, podemos identificar que os links congestionados são os links  $3 \rightarrow 4$  e  $4 \rightarrow 5$ , já que são os links por onde transitam em simultâneo todos os pacotes que circulam na topologia. Tal como é possível verificar na figura, esse congestionamento levou ao descarte de pacotes.

#### a.2 Usando os scripts `loss.awk` e `bw.awk`, obtenha os gráficos que ilustram os níveis de perda e utilização da largura de banda ao longo do tempo. Agora, altere as filas associadas aos links em congestionamento de DropTail para RED e obtenha os resultados e gráficos correspondentes. Comente os resultados.

Após a execução dos scripts `loss.awk` e `bw.awk` e criando os gráficos para respetiva análise usando o comando `xgraph`, obtivemos os seguintes:



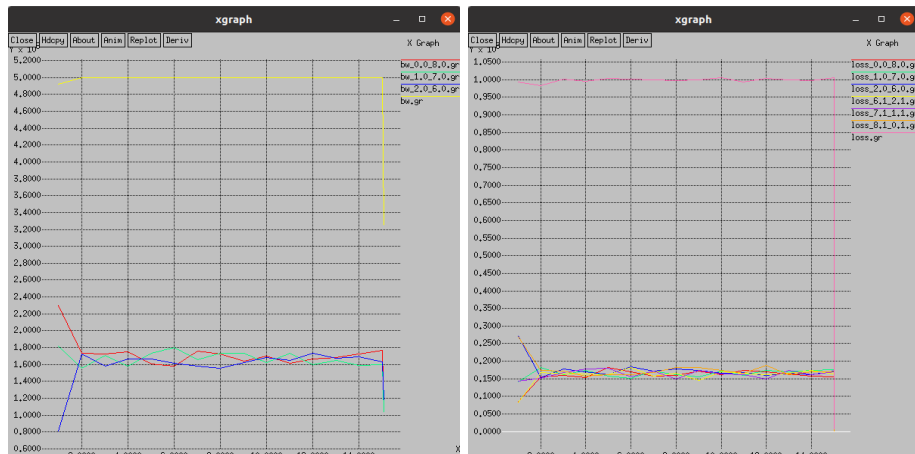
**Figura 2:** Utilização da largura de banda ao longo do tempo ( esquerda) e níveis de perda ( direita) - com DropTail

Nas ligações congestionadas foi feita a utilização do método de queue de DropTail para Random Early Detection - RED.

```
# Ligaoes do backbone E1 - C0 - E2 (Para Best Effort)
$ns duplex-link $E1 $C0 5Mb 10ms RED
$ns duplex-link $E2 $C0 5Mb 10ms RED
```

**Figura 3:** Alteração do método de queue

Após a alteração voltamos a correr a simulação e geramos os seguintes gráficos:



**Figura 4:** Utilização da largura de banda ao longo do tempo ( esquerda) e níveis de perda ( direita) - com RED

Os gráficos anteriormente apresentados comparam o nível de utilização da largura de banda e os níveis de perda por cada fluxo em função do tempo. Se comparamos os gráficos da simulação em que utilizou o método de DropTail com os gráficos onde se utilizou o método RED nas ligações congestionadas são evidentes duas grandes diferenças. Em primeiro lugar, tanto os níveis de utilização da largura de banda como os níveis de perda são mais uniformes entre os fluxos. No caso em que foi utilizado DropTail as perdas de pacotes só aconteciam a quatro fluxos enquanto os outros não sofriam perdas, o que demonstra falta de uniformidade. A uniformidade desses níveis entre fluxos deve-se ao facto do método RED aplicar um descarte aleatório dos pacotes. Por fim, é possível verificar que o nível de perda de pacotes médio é menor quando se usa o método RED dado que este método faz um descarte antecipado evitando situações de congestão que acabariam por levar a maior perda de pacotes.

## b Parte B

### b.1 Identifique quais são as aplicações são mais afetadas pelo congestionamento? e porquê?

De forma a efetuarmos este exercício, procedemos à adição dos fluxos pedidos no enunciado no ficheiro `qos0.tcl`, conforme vemos abaixo:

```
#set cbr(Cli1_Cli6) [cria_fluxo_CBR $Cli1 $Cli6 1000 3000000]
#set cbr(Cli6_Cli1) [cria_fluxo_CBR $Cli6 $Cli1 1000 3000000]
set ftp(Cli2_Cli5) [cria_fluxo_FTP $Cli2 $Cli5 1000]
set ftp(Cli4_Cli2) [cria_fluxo_FTP $Cli4 $Cli2 1000]
set expoo(Cli3_Cli4) [cria_fluxo_EXP $Cli3 $Cli4 1000 3000000 1]
set expoo(Cli4_Cli3) [cria_fluxo_EXP $Cli4 $Cli3 1000 3000000 1]

# Definir as sequencias de eventos: start e stop das aplicacoes...
# Comentar conforme desejado e de acordo com os exercicios propostos...

$ns at 0.0 "$cbr(Cli1_Cli6) start"
$ns at 0.0 "$ftp(Cli2_Cli5) start"
$ns at 0.0 "$expoo(Cli3_Cli4) start"
$ns at 0.0 "$expoo(Cli4_Cli3) start"
$ns at 0.0 "$ftp(Cli4_Cli2) start"
$ns at 0.0 "$cbr(Cli5_Cli2) start"
$ns at 0.0 "$cbr(Cli6_Cli1) start"
$ns at $tempo_simulacao "$cbr(Cli1_Cli6) stop"
$ns at $tempo_simulacao "$ftp(Cli2_Cli5) stop"
$ns at $tempo_simulacao "$expoo(Cli3_Cli4) stop"
$ns at $tempo_simulacao "$expoo(Cli4_Cli3) stop"
$ns at $tempo_simulacao "$ftp(Cli4_Cli2) stop"
$ns at $tempo_simulacao "$cbr(Cli5_Cli2) stop"
$ns at $tempo_simulacao "$cbr(Cli6_Cli1) stop"
```

Figura 5: Adição de fluxos em `qos0.tcl`

De notar que os fluxos `$cbr` adicionados já constavam nos ficheiros; os fluxos `$ftp` foram criados com recurso  função `cria_fluxo_FTP`; os fluxos VoIP foram criados com recurso  função `cria_fluxo_EXP`.

Tal como observamos na figura 6, os novos fluxos já constam na simulação.

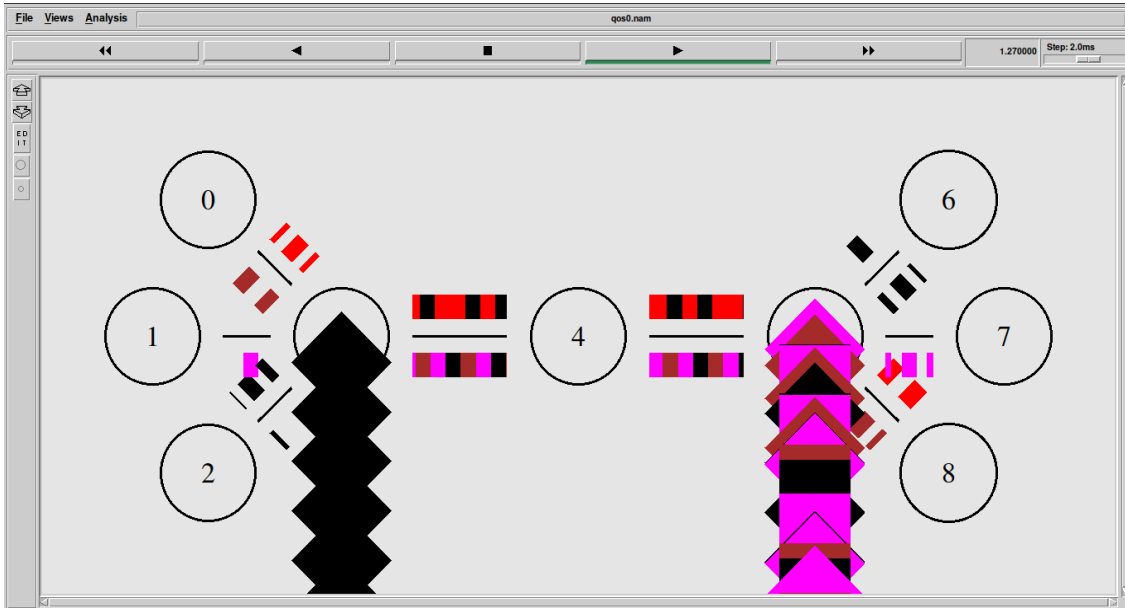


Figura 6: Adico de fluxos em qos0.tcl

De seguida, criamos os gráficos da largura de banda e dos níveis de perda de pacotes.

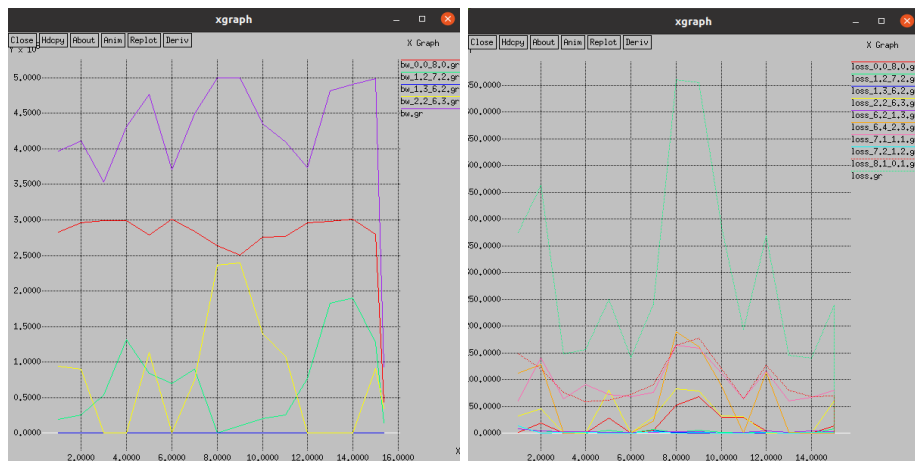


Figura 7: Utilização da largura de banda ao longo do tempo ( esquerda) e níveis de perda ( direita)

Observando os mesmos, podemos observar que em termos médios os fluxos 8-0 e 7-1 foram os que tiveram maior *packet loss* e que o fluxo 6-2 foi o que registou o maior pico. Os dois primeiros fluxos referem-se a uma aplicação CBR e justifica-se este elevado *packet loss* pelo facto da aplicação consistir no envio constante de vários pequenos pacotes, havendo uma maior probabilidade de

ocorrer perda de pacotes. O fluxo que registou o maior pico de *packet loss* refere-se a uma aplicação de voz sobre udp.

## c Parte C

**c.1 Com base no código do script e no manual, e para o link E1 - C0 (ou C0 - E2), identifique:**

- o número de filas existentes e o agendador de tráfego em uso;
- a disciplina de filas em uso e a configuração de cada fila;
- a quantidade de memória alocada para as filas;
- as filas que manipulam fluxos de dados;

Observando o conteúdo do ficheiro `qos1.tcl`, podemos identificar que:

- Existem 2 filas (identificáveis na função `printQueueStats` e o agendador de tráfego em uso é o default (i.e. Round Robin) [1] - sabemos que é o agendador default pois não vemos a linha `$ns use-scheduler [agendador]` que define um agendador que não o default [2];
- A disciplina de filas em uso é RED (Random Early Detection) - visível na linha `$ns simplex-link $E1 $C0 5Mb 10ms dsRED/edge` a título de exemplo e a configuração de cada fila é [3] :
  - `$q(E1C0) configQ 0 0 20 40 0.02`
    - \* 0: Fila física 0
    - \* 0: Fila virtual 0
    - \* 20: Threshold mínimo 20
    - \* 40: Threshold máximo 40
    - \* 0.02: Maximum dropping probability de 0.02
  - `$q(E1C0) configQ 0 1 10 20 0.10`
    - \* 0: Fila física 0
    - \* 1: Fila virtual 1
    - \* 10: Threshold mínimo 10
    - \* 20: Threshold máximo 20
    - \* 0.10: Maximum dropping probability de 0.10
- A quantidade de memória alocada para as filas é calculada com a multiplicação do threshold máximo definido para cada fila com o tamanho médio do pacote. Ou seja, a quantidade de memória será  $40 \times 1000 = 40000$  bytes.
- As filas que manipulam fluxos de dados são `$q(E1C0)`, `$q(E2C0)`, `$q(C0E2)` e `q(C0E1)`, pois são as que implementam DiffServ.

**c.2 Considerando os resultados/estatísticas da simulação, identifique a fila que sofre maior perda de pacotes. Tente justificar esse comportamento.**

Observando a figura 8, podemos afirmar que a fila que sofre maior perda de pacotes é a fila de espera de E1 para C0 devido ao elevado número de *ldrops* (packets are dropped due to link overflow [1]) e de *edrops* (RED early dropping [1]). Isto justifica-se pelo facto desta fila receber pacotes de 3 nós (Cli1, Cli2 e Cli3) com uma taxa de largura de banda elevada e não conseguir encaminhar os pacotes sem evitar que a fila de espera encha, obrigando a perder pacotes, quer pelo enchimento do buffer quer por causa do RED.

Estadísticas da Fila de Espera de E1 para C0					Estadísticas da Fila de Espera de E1 para C0				
Packets Statistics					Packets Statistics				
CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops	CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops
---	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----
All	5619	3136	2097	386	All	11244	6261	4197	786
10	1252	1252	0	0	10	2502	2502	0	0
11	4367	1884	2097	386	11	8742	3759	4197	786
Estadísticas da Fila de Espera de C0 para E2					Estadísticas da Fila de Espera de C0 para E2				
Packets Statistics					Packets Statistics				
CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops	CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops
---	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----
All	3111	3111	0	0	All	6236	6236	0	0
10	1242	1242	0	0	10	2492	2492	0	0
11	1869	1869	0	0	11	3744	3744	0	0

Estadísticas da Fila de Espera de E1 para C0				
Packets Statistics				
CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops
---	-----	-----	-----	-----
All	16869	9386	6298	1185
10	3752	3752	0	0
11	13117	5634	6298	1185
Estadísticas da Fila de Espera de C0 para E2				
Packets Statistics				
CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops
---	-----	-----	-----	-----
All	9361	9361	0	0
10	3742	3742	0	0
11	5619	5619	0	0

Figura 8: Estatísticas de simulação

- c.3 Gere os gráficos que reflectam a perda de pacotes e a utilização da largura de banda ao longo do tempo. Comente os resultados quando comparado ao cenário de melhor esforço e explique as diferenças**

No cenário Best-Effort, todos os pacotes têm a mesma prioridade, não existindo garantias de taxas de packet loss e de largura de banda. Além disso, como é usada DropTail como metodologia de queue existe maior taxa de packet loss e esta é desigualmente distribuída entre fluxos. Já no cenário DiffServ, os pacotes são classificados em diferentes classes de serviço e tratados de forma diferente de acordo com a sua classe. Neste caso, foi estabelecida uma política que prioriza tráfego correspondente ao fluxo do cliente 6 para o cliente 2, e vice-versa. Além disso, a política também estabelece a largura de banda reservada para esse fluxo de 2 Mbits/s com possibilidade de bursts de 500 bytes. Comparando as figuras 4 (cenário Best-Effort) e 9 (cenário DiffServ), podemos observar os efeitos da aplicação das políticas, onde o fluxo não ultrapassa e faz uso de toda a largura de banda reservada. No gráfico da packet loss foi o fluxo com os valores mais baixo. Todos os restantes fluxos apresentam valores de perda semelhantes entre si ao contrário do que acontece no cenário Best-Effort devido à utilização da metodologia DropTail.

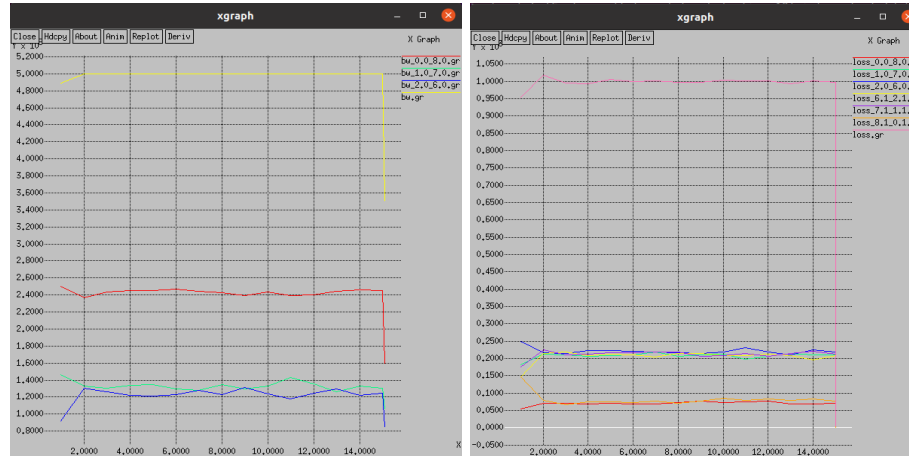


Figura 9: Utilização da largura de banda ao longo do tempo (à esquerda) e níveis de perda (à direita)

**c.4** Suponha que o fornecedor de serviços pretenda implementar a seguinte política:

- Para garantir 30% de capacidade para clientes com características idênticas (a capacidade total pode ser usada se disponível).
- O tráfego que excede a taxa negociada deve ser reclassificado, ou seja, encaminhado com prioridade mais baixa.

Espera-se que os alunos proponham e justifiquem uma solução concreta para implementar essa política, usando mecanismos de controle de tráfego adequados disponíveis no NS-2. Inclua resultados de simulação ilustrativos e discuta os prós e contras da solução proposta da perspectiva do provedor de serviços.

Começamos por definir a bandwidth a ser usada por cada cliente aos nodos E1 e E2 em 30% da capacidade, ou seja, 1.5 Mbits/s.

```
# Definicao dos parametros
set packetSize 1000      ;# em bytes
set cir0 1500000         ;# em bits/seg
set cbs0 5000            ;# em bytes
```

Figura 10: Definição de parâmetros

Posteriormente adicionamos seis políticas, em que três são aplicadas ao nodo E1 e as outras três ao nodo E2. Estas políticas estabelecem que o uso do mecanismo TokenBucket para os clientes diretamente ligados aos nodos. Este mecanismo garante que fluxos que ultrapassem a largura de banda estabelecida sejam encaminhados com prioridade mais baixa e também que se possível possam fazer uso da capacidade total disponível.

```
$q(E1C0) addPolicyEntry [$cli1 id] -1 TokenBucket 10 $cir0 $cbs0
$q(E1C0) addPolicyEntry [$cli2 id] -1 TokenBucket 10 $cir0 $cbs0
$q(E1C0) addPolicyEntry [$cli3 id] -1 TokenBucket 10 $cir0 $cbs0

$q(E2C0) addPolicyEntry [$cli6 id] -1 TokenBucket 10 $cir0 $cbs0
$q(E2C0) addPolicyEntry [$cli5 id] -1 TokenBucket 10 $cir0 $cbs0
$q(E2C0) addPolicyEntry [$cli4 id] -1 TokenBucket 10 $cir0 $cbs0
```

**Figura 11:** Definição de políticas

## Referências

1. Documentação NS2: <https://www.isi.edu/nsnam/ns/doc/node97.html> (consultado em abr. 2023)
2. Manual NS2: <https://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-man.html> (consultado em abr. 2023)
3. Documentação configQ: <https://www.isi.edu/nsnam/ns/doc/node98.html> (consultado em abr. 2023)