

**Exame – Parte 2** (com consulta, 10 valores, 90 minutos)**Nome:**

1. Duas estações comunicam usando uma ligação de dados baseada em mecanismos ARQ. A capacidade do canal é de 800 kbit/s, o atraso de propagação (num sentido) é de 20 ms e as tramas de Informação têm um tamanho fixo de 1000 octetos. Considere que são usados 2 bits para numerar as tramas de Informação e que as tramas de controlo têm um tamanho desprezável.
- a) (1,5 valor) Calcule a eficiência máxima do protocolo para as variantes Stop and Wait, Go Back N e Selective Repeat. Calcule também os débitos máximos correspondentes.

	<i>Stop and Wait</i>	<i>Go Back N</i>	<i>Selective Repeat</i>
Eficiência máxima (%)	20	60	40
Débito máximo (kbit/s)	160	480	320

- b) (1,5 valor) Pretende-se analisar o efeito dos erros de transmissão e do tamanho das tramas de Informação. Considere tramas com tamanhos 1000 e 2000 octetos e uma situação de ruído caracterizada por *Bit Error Ratio* **BER=10<sup>-4</sup>**. Calcule a eficiência máxima dos três mecanismos para estes casos e discuta o comportamento destes mecanismos face ao aumento do tamanho das tramas

<b>S<sub>max</sub> (%)</b>	<i>Stop and Wait</i>	<i>Go Back N</i>	<i>Selective Repeat</i>
L = 1000 octetos	9,0	12,8	18,0
L = 2000 octetos	6,7	7,8	13,5

*Nota de resolução:*

- Comprimentos  $L$  diferentes originam  $FER$  s diferentes,  $T_{frame}$  s diferentes e  $a$  s diferentes

Nome:

- c) (1 valor) Suponha que se pretendia fazer uma ligação para um satélite localizado a 30 000 km de altitude com um débito de 100 kbit/s. Para a eficiência máxima, tramas de 1000 octetos e transmissão feita num canal de 20kHz, qual seria número mínimo de bits necessários para numerar as tramas e qual seria a relação sinal-ruído (SNR – Signal to Noise Ratio) necessária no recetor, em dB. A velocidade da luz é de  $3 \cdot 10^8$  m/s.

Número de bits, k	3
SNR (dB)	15

Notas de resolução:

- Se SNR for elevado,  $BER \sim 0$  e  $FER \sim 0$
- GBN e SR podem atingir eficiências  $S=1$  se  $W \geq 1+2a$
- Sendo Débito =  $S \cdot$  Capacidade, se  $S=1$  então Capacidade = Débito
- A lei de Shannon dá-nos a capacidade máxima de um canal sem erros, atingível pelas tecnologias mais recentes:  $C = B_c \log_2(1+SNR)$ ; neste caso  $B_c = 20$  kHz
- $SNR_{dB} = 10 \log_{10}(SNR)$

2. Através de uma porta de saída de um comutador de tramas é encaminhado tráfego recebido em 8 portas de entrada. Admita que a porta de saída tem uma capacidade de 100 Mbit/s e que todas as portas de entrada contribuem com fluxos de tráfego iguais.

- a) (1 valor) Admitindo que poderemos usar uma fila M/M/1 para modelizar a porta de saída e que as tramas têm um comprimento médio de 500 Bytes, calcule o débito máximo de cada fluxo de entrada para que a porta de saída tenha uma utilização inferior a 90%. Calcule também o tempo médio de espera dos pacotes ( $T_w$ ) e a ocupação média da fila de espera ( $N_w$ ).

Débito de fluxo na porta de entrada, (Mbit/s)	11,25
Tempo médio de atraso dos pacotes, $T_w$ , ( $\mu$ s)	360
Ocupação média da fila de espera, $N_w$	8,1

Nome:

b) (1 valor) Admita agora que a fila de espera é finita. Calcule o número mínimo de buffers B associados à fila de espera para que a probabilidade de perda de pacotes seja inferior a 1% nas duas situações seguintes:

- (i) o tráfego de entrada total é igual a 90% da capacidade da porta de saída;
- (ii) o tráfego de entrada total é igual à capacidade da porta de saída.

---	Situação (i)	Situação (ii)
Nº buffers B	23	99

c) (1 valor) Admita que o tráfego de entrada da alínea a) duplicava e que as tramas passavam e ter comprimento constante. Para suportar este tráfego pretende-se estudar duas situações alternativas:

- (i) duplicar a capacidade da porta de saída;
- (ii) constituir duas VLANs de 4 portas de entradas cada, associando a cada VLAN uma porta de saída de capacidade de 100 Mbit/s.

Para estas duas situações, calcule o tempo médio de atraso dos pacotes (T) e a ocupação média da fila (N). Indique, justificando, qual das duas soluções lhe parece ser a melhor.

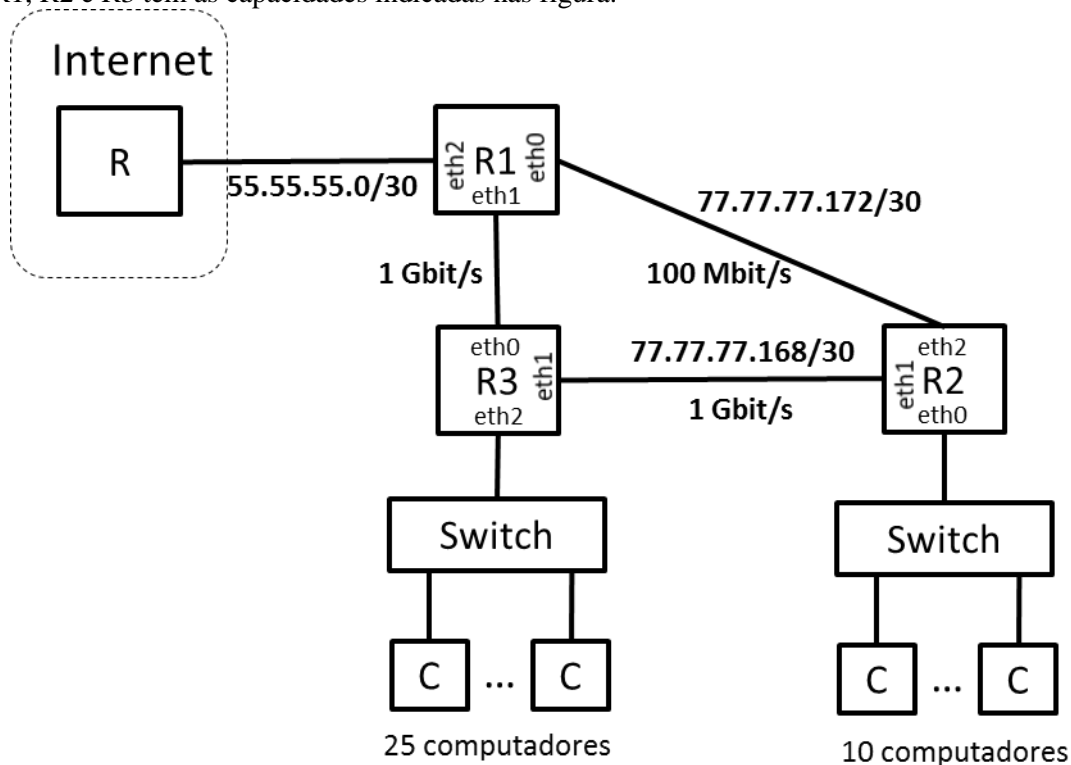
	Situação (i)	Situação (ii)
Tempo médio de atraso dos pacotes, T, ( $\mu$ s)	110	220
Ocupação média da fila de espera, N	5	5

Notas de resolução:

- Comprimento constante dos pacotes  $\rightarrow$  fila M/D/1
- $T_w = \rho / [2\mu(1-\rho)]$
- Situação (i):  $\mu_{(i)} = 2\mu$  ;  $\lambda_{(i)} = 2\lambda$  ;  $\rho_{(i)} = \rho$
- Situação (ii):  $\mu_{(ii)} = \mu$  ;  $\lambda_{(ii)} = \lambda$  ;  $\rho_{(ii)} = \rho$

Nome:

3. Considere que a uma empresa foi atribuído o bloco de endereços IP **77.77.77.128/26**. A empresa tem uma rede de comunicações com a arquitetura descrita na figura, composta por 3 *routers* (R1, R2, R3) e 2 *switches* Ethernet. Um dos *switches* serve 25 computadores e outro serve 10 computadores. Os *routers* estão interligados por ligações ponto-a-ponto e a algumas destas ligações estão já atribuídos os endereços indicados na figura. As ligações entre os *routers* R1, R2 e R3 têm as capacidades indicadas na figura.



- a) (1 valor) Calcule os endereços associados às redes indicadas. A endereço da rede da ligação R1-R3 deverá ser o mais baixo possível.

	Endereço da subrede (endereço/máscara)	Endereço de <i>broadcast</i> da subrede	Nº de endereços de interfaces
Rede dos 25 computadores	77.77.77.128/27	77.77.77.159	30
Rede dos 10 computadores	77.77.77.176/28	77.77.77.191	14
Rede da ligação R1-R3	77.77.77.160/30	77.77.77.163	2

**Nome:**

- b) (1 valor) Atribua endereços IP às interfaces de rede indicadas na tabela. Use os endereços mais baixos de cada sub-rede. Numa sub-rede atribua os endereços mais baixo ao routers de índice Ri mais baixo. Por exemplo, o endereço de R1.eth0 deverá ser inferior ao endereço R2.eth2.

Interface Router	Endereço IP
R1.eth0	77.77.77.173
R2.eth2	77.77.77.174
R2.eth0	77.77.77.177
R2.eth1	77.77.77.169
R3.eth1	77.77.77.170

- c) (1 valor). Escreva a tabela de encaminhamento do **router R2**. Este router deverá ser capaz enviar pacotes para todos os endereços IP unicast e os pacotes deverão ser encaminhados pelos caminhos de custo mais baixo. Assuma que o custo de uma ligação é o inverso ( $1/x$ ) da sua capacidade; por exemplo, a ligação com capacidade de 1 Gbit/s tem um custo de  $10^{-9}$ . Use o **menor número possível de entradas** na tabela.

Destino (endereço/máscara)	Gateway	Interface
77.77.77.176/28	-	eth0
77.77.77.172/30	-	eth2
77.77.77.168/30	-	eth1
0/0	77.77.77.170	eth1