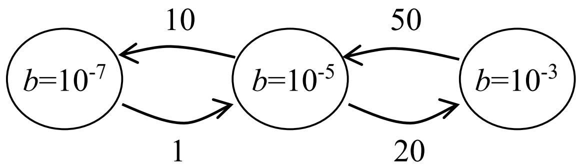
# Universidade de Aveiro
## Mestrado em Engenharia de Computadores e Telemática
### Exame de Modelação e Desempenho de Redes e Serviços – 16 de fevereiro de 2022

Duração: 2 horas. Sem consulta. ***<u>Justifique cuidadosamente todas as respostas</u>***.

1. Considere uma ligação sem fios entre um emissor e um recetor em que a probabilidade de erro de bit $b$ é modelada pela cadeia de Markov seguinte:




Esta ligação suporta um fluxo de pacotes cujo comprimento é 500 Bytes com probabilidade de 25% e 1500 Bytes com probabilidade de 75%. Determine:

a) a probabilidade da ligação estar no estado $b = 10^{-5}$ quando um pacote de 500 Bytes chega ao recetor sem erros, (*1.5 valores*)

b) a percentagem de pacotes transmitidos que chegam ao recetor sem erros. (*1.5 valores*)

2. Considere uma ligação de capacidade $C$ com uma fila de espera pequena a suportar com igual prioridade dois fluxos de pacotes. Cada fluxo têm um débito binário médio $d$ (tal que $d + d < C$) e em ambos os fluxos, as chegadas de pacotes são um processo de Poisson. O tamanho médio dos pacotes do fluxo 1 é metade do tamanho médio dos pacotes do fluxo 2. Indique justificadamente que fluxo tem melhor qualidade de serviço (ou se os dois fluxos têm a mesma qualidade de serviço) relativamente:

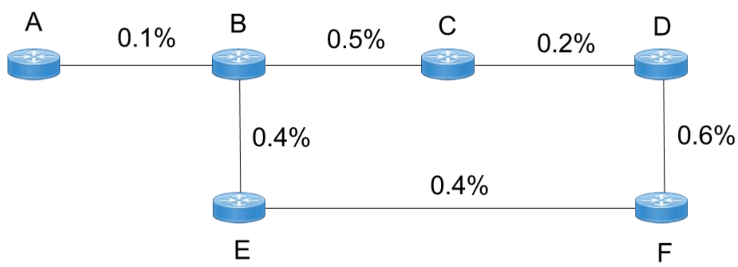
a) à percentagem de perda de pacotes, (*1.0 valores*)

b) ao atraso médio por pacote, (*1.0 valores*)

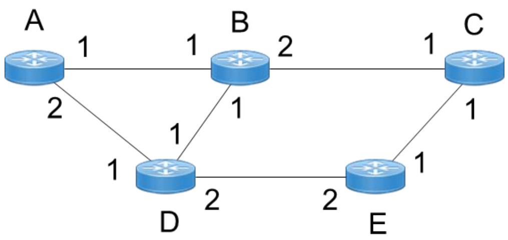
c) ao débito binário (*throughput*) que os fluxos obtêm da ligação. (*1.0 valores*)

3. Considere a rede com comutação de pacotes da figura em que todas as ligações têm uma fila de espera de capacidade infinita. A rede suporta 2 fluxos de pacotes: fluxo 1 de 5 Mbps de A para C com pacotes de tamanho constante de 200 Bytes e fluxo 2 de 10 Mbps de B para D com pacotes de tamanho constante de 1000 Bytes. Em cada fluxo, as chegadas de pacotes são um processo de Poisson. A rede suporta o fluxo 2 com maior prioridade que o fluxo 1. Determine o atraso médio por pacote do fluxo 1. (*2.0 valores*)


4. Considere a rede com comutação de pacotes da figura a suportar diferentes fluxos de pacotes entre todos os routers cuja percentagem de perda de pacotes em cada sentido de cada ligação é a especificada na figura. Assuma que um dos fluxos tem origem no nó A e destino no nó F e que este fluxo está a ser encaminhado em igual percentagem pelos dois percursos possíveis. Determine a taxa de perda de pacotes que este fluxo sofre na rede. (*2.0 valores*)

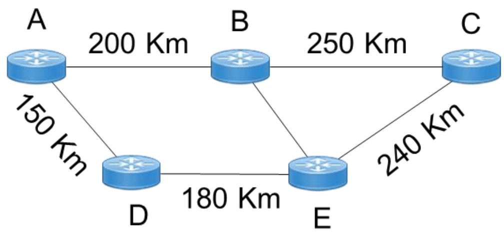


5. Considere a rede da figura em que os routers estão configurados com o protocolo OSPF usando ECMP (*Equal Cost Multi-Path*). A figura indica os custos OSPF de cada porta dos routers. Todas as ligações são de 100 Mbps em cada sentido e têm filas de espera muito grandes. Num determinado período de tempo, a rede suporta apenas um único fluxo de pacotes do router A para o router E. A chegada de pacotes deste fluxo é um processo de Poisson com taxa de 25000 pps. O tamanho dos pacotes é exponencialmente distribuído com média de 500 Bytes.




   a) Determine justificadamente que débito binário médio (*throughput*), em Mbps, o fluxo ocupa em cada sentido de cada ligação. (*1.5 valores*)
   b) Qual o atraso médio que os pacotes deste fluxo sofrem na rede. (*1.5 valores*)

6. Considere a rede da figura que indica o comprimento das ligações de uma rede de routers. O tráfego com origem no router A e cujo destino é o C é protegido por um esquema 1:1 em que o percurso de serviço é A-B-C e o percurso de proteção é A-D-E-C. Cada router tem uma disponibilidade de 0.9999. Assuma que a disponibilidade das ligações se caracteriza por um *Cable Cut* de 200 Km e um tempo médio de reparação de 12 horas. Determine:




   a) a disponibilidade do par de percursos usado, (*2.0 valores*)
   b) a probabilidade de, num qualquer instante de tempo, o tráfego estar a ser encaminhado pelo percurso de serviço. (*1.0 valores*)

7. Considere uma ligação de 10 Mbps que serve dois fluxos de pacotes (A e B) segundo o algoritmo *Deficit Round Robin* com um limiar de 1000 bytes para o fluxo A e de 2000 Bytes para o fluxo B.

   – No fluxo A, chegam 3 pacotes nos instantes de tempo seguintes: pacote 1 de 1400 Bytes no instante 0 ms, pacote 2 de 800 Bytes no instante 2 ms e pacote 3 de 600 Bytes no instante 3 ms.
   – No fluxo B, chegam 3 pacotes nos instantes de tempo seguintes: pacote 1 de 1500 Bytes no instante 0 ms, pacote 2 de 1000 Bytes no instante 1 ms e pacote 3 de 1200 Bytes no instante 4 ms.

   O ciclo segue a sequência A→B e o algoritmo decide no início de cada ciclo os pacotes a enviar e respetiva ordem. Determine justificadamente que pacotes e por que ordem são enviados em cada ciclo. (*2.0 valores*)

8. Considere um serviço de conteúdos disponibilizado na Internet. Descreva as vantagens em fornecer o serviço em *anycast* baseado em diferentes servidores, cada um hospedado num *Data Center* diferente e com os diferentes *Data Centers* ligados à Internet em diferentes países. (*2.0 valores*)

# FORMULÁRIO

Teorema de Little: $L = \lambda W$

Atraso médio no sistema $M/M/1$: $W = \dfrac{1}{\mu - \lambda}$

Atraso médio na fila de espera do sistema $M/G/1$:

$$W_Q = \frac{\lambda E[S^2]}{2(1 - \lambda E[S])}$$

Atraso médio na fila de espera do sistema $M/G/1$ com prioridades do tipo não-preemptivo:

$$W_{Qk} = \begin{cases} \dfrac{\sum_{i=1}^{n}(\lambda_i E[S_i^2])}{2(1-\rho_1)} & ,\ k = 1 \\ \dfrac{\sum_{i=1}^{n}(\lambda_i E[S_i^2])}{2(1-\rho_1-\cdots-\rho_{k-1})(1-\rho_1-\cdots-\rho_k)} & ,k > 1 \end{cases} \qquad \rho_k = \lambda_k E[S_k]$$

Fórmula de ErlangB: $P_m = \dfrac{(\lambda/\mu)^m / m!}{\sum_{n=0}^{m}(\lambda/\mu)^n / n!}$

Probabilidades limite dos estados (processo de nascimento e morte):

$$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\lambda_0\lambda_1\cdots\lambda_{n-1}}{\mu_1\mu_2\cdots\mu_n}},\ P_n = \frac{\lambda_0\lambda_1\cdots\lambda_{n-1}}{\mu_1\mu_2\cdots\mu_n\left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\lambda_0\lambda_1\cdots\lambda_{n-1}}{\mu_1\mu_2\cdots\mu_n}\right)},\ n \geq 1$$

WFQ: $RN(\tau_i + t) = RN(\tau_i) + \dfrac{1}{\sum_{j\ ativas}\phi_j} t$ $\qquad FN_{i,k} = \max\left(FN_{i,k-1}, RN\right) + \dfrac{L_k/C}{\phi_i}$

SCFQ: $FN_{i,k} = \max\left(FN_{i,k-1}, FN_s\right) + \dfrac{L_k}{\phi_i}$

WFQ com *Leaky Bucket*: $D_i = \dfrac{\sigma_i + (n-1)L_i}{r_i} + \sum_{j=1}^{n} \dfrac{L_{\max}}{C_j} + \Gamma$

Disponibilidade (elementos em série): $A = a_1 \times a_2 \times \ldots \times a_n$

Disponibilidade (elementos em paralelo): $A = 1 - [(1 - a_1) \times (1 - a_2) \times \ldots \times (1 - a_n)]$

Disponibilidade de uma ligação:

$$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \qquad MTBF = \frac{CC \times 365 \times 24}{\text{comprimento da ligação [Km]}}$$