**Universidade do Minho**
Escola de Engenharia
Licenciatura em Engenharia Informática

Exame
Elementos de Engenharia de Sistemas 2007/08
28 de Janeiro de 2008

**Classificação mínima: 40%. Sem consulta.** Duração: 2h00m.
Por favor, responda a cada parte em conjuntos de folhas separados.
Identifique cada folha com nome e número.

# Parte I

***1 (3 valores)***

**a)** Considere o funcionamento de uma fábrica de cartão. O processo de fabrico divide-se em duas partes: O *fabrico do papel* (a partir do conteúdo do contentor azul do ecoponto) seguido do *fabrico do cartão* utilizando o papel fabricado na primeira parte.

Desenhe o DCA desse sistema, sabendo que existem duas máquinas diferentes de fabrico de papel: A máquina **A** (com uma capacidade produtiva constante de 6 toneladas por hora); e a máquina **B** (com uma capacidade produtiva constante de 10 toneladas por hora). O papel segue então para um depósito(*fila*), de onde é retirado para alimentar a máquina **C** que fabrica cartão. O tempo que a máquina C demora a consumir papel não é constante e pode ser descrito por uma distribuição Normal de média 3 e desvio 0.5. (Como se pretende representar apenas o sistema interno da fábrica, podemos considerar que o cartão, depois de fabricado, regressa de imediato ao ecoponto, que alimenta a fábrica).

**b)** Num modelo simples de uma barbearia implementado no Arena, se a fila de espera acumular clientes onde se deve aumentar o número de barbeiros?

A - No bloco 'Process' que representa o atendimento no modelo.
B - No bloco 'Activity' correspondente ao atendimento, no campo 'capacity'.
C - Na folha 'Resource' do painel 'Basic Process'.
D - Em 'Workers quantities' no menu 'Run -> Setup'.

**c)** Se pretender alterar o valor de um atributo ou variável, que bloco(s) pode utilizar, no Arena?

A-Alter B-Process C-Change D-Decide E-Assign F-ChgNumber G-Dispose

**d)** Considere um pequeno modelo Arena constituído pela sequência de blocos: *Create*; *Process* e *Dispose*.
Seja o "*Tempo entre chegadas*" do bloco *Create*, constante e igual a X+1 minutos.
Seja o tempo do *Process*, constante e igual a Y+1 minutos
(esse *Process* é do tipo "Seize-Delay-Release" e dispõe apenas de um recurso).
X e Y são os dois últimos algarismos do teu número de aluno. Ex: para um aluno com o nº 64325, X=2 e Y=5.
» Aproximadamente, quantas entidades terão chegado ao *Dispose* ao fim de uma hora de simulação?

# Parte II

***2 (3 valores)***

Numa fábrica existe um técnico que é responsável pela reparação das máquinas. O tempo médio entre duas avarias consecutivas é de 10 horas e o tempo médio de reparação de uma avaria é de 1 hora. Consideram-se aceitáveis os pressupostos de que o tempo médio entre duas avarias consecutivas e o tempo de reparação seguem uma distribuição exponencial.

Em média, quanto tempo fica uma máquina à espera do início da reparação? E no caso de ser contratado mais um técnico que trabalhe independentemente do primeiro?

***3 (2 valores)***

Uma empresa adquiriu três fábricas (F1, F2 e F3) aptas a iniciar a produção de três novos produtos (P1, P2 e P3). A tabela seguinte indica a capacidade de produção mensal disponível em cada fábrica, a procura mensal de cada produto e os custos unitários (em €) de fabrico de cada produto em cada fábrica.

| | P1 | P2 | P3 | Capacidade disponível |
|---|---|---|---|---|
| F1 | 6 | 4 | 2 | 10 |
| F2 | 6 | 3 | 4 | 20 |
| F3 | 7 | 10 | 4 | 15 |
| Procura a satisfazer | 5 | 18 | 22 | |

Uma proposta de distribuição da produção pelas fábricas é a seguinte: 3 unidades do produto 1 são fabricadas em F1 e 2 unidades do mesmo produto são fabricadas em F2; as 18 unidades do produto 2 são fabricadas em F2; 7 unidades do produto 3 são fabricadas em F1 e 15 unidades do mesmo produto são fabricadas em F3.

**a)** Indique o custo dessa proposta.

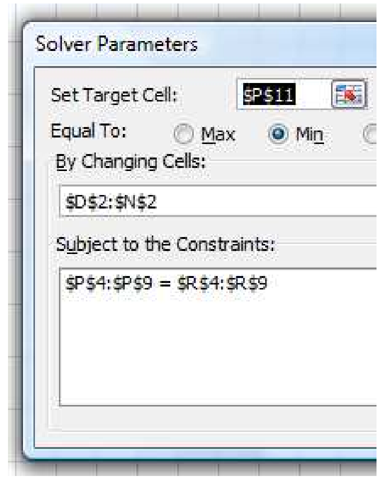
**b)** Através de um método adequado, obtenha uma proposta com menor custo.

---

*4 (2 valores)*

Na obtenção de uma solução óptima para um modelo de optimização foi utilizado o solver do Excel, conforme representado na figura seguinte.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | = | 1 |
| 5 | | 2 | | -1 | | 1 | 1 | -1 | | | | | | | | 0 | = | 0 |
| 6 | | 3 | | | -1 | -1 | | 1 | 1 | 1 | | | | | | 0 | = | 0 |
| 7 | | 4 | | | | | -1 | | -1 | | 1 | 1 | -1 | | | 0 | = | 0 |
| 8 | | 5 | | | | | | | | -1 | -1 | | 1 | 1 | | 0 | = | 0 |
| 9 | | 6 | | | | | | | | | | -1 | | -1 | | -1 | = | -1 |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | 1 | 5 | 3 | 9 | 4 | 6 | 1 | 8 | 4 | 3 | 9 | | 12 | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |




**a)** Represente a rede associada ao problema.

**b)** Represente, na rede da alínea anterior, a solução óptima.

*Formulário*

***M/M/1***

$$\pi_0 = 1-\rho$$

$$\pi_n = \rho^n \pi_0 = \rho^n (1-\rho), n \geq 1$$

$$L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho}$$

$$L_s = \rho$$

$$L = \frac{\rho}{1-\rho}$$

$$W_q = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)}$$

$$W_s = 1/\mu$$

$$W = \frac{1}{\mu(1-\rho)}$$

$$W_q(t) = \begin{cases} \rho, \text{para t} = 0 \\ \rho e^{-\mu(1-\rho)t}, \text{para t} \geq 0 \end{cases}$$

***M/M/s***

$$\pi_0 = \left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{(s\rho)^n}{n!} + \frac{(s\rho)^s}{s!(1-\rho)} \right]^{-1}$$

$$\pi_n = \begin{cases} \frac{(s\rho)^n \pi_0}{n!}, para\ 1 \leq \text{n} \leq \text{s} \\ \frac{s^s \rho^n \pi_0}{s!}, para\ \text{n} \geq \text{s} \end{cases}$$

$$P_B = \frac{\pi_s}{1-\rho}$$

$$L_q = \frac{s^s \rho^{s+1} \pi_0}{s!(1-\rho)^2}$$

$$L_s = \lambda / \mu$$

$$W_q = L_q / \lambda$$

$$W_s = 1/\mu$$

$$W_q(t) = \begin{cases} 1 - \frac{(s\rho)^s \pi_0}{s!(1-\rho)}, para\ \text{t} = 0 \\ \frac{(s\rho)^s \pi_0}{s!(1-\rho)} e^{-s\mu(1-\rho)t}, para\ \text{t} > 0 \end{cases}$$