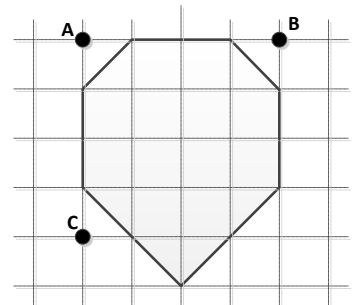




INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
Hidrologia, Ambiente e Recursos Hídricos
Ano lectivo de 2013/14 – Exame 1 – Duração total: 2 horas

(Cada pergunta vale 2 valores)

1. A bacia hidrográfica do rio Tejo possui 80 600 km², distribuídos por 24 800 km² em Portugal e 55 800 km² em Espanha. A precipitação anual média em Portugal e Espanha é, respectivamente, 875 mm e 655 mm; a evapotranspiração anual média em Portugal e Espanha é, respectivamente, 520 mm e 420 mm. Assumindo que o escoamento anual do rio Tejo na fronteira e na foz é, respectivamente, 12'400 e 20'700 hm³/ano, estime os volumes médios de água anualmente consumidos (i.e. deduzido dos retornos ao meio hídrico) em Portugal e Espanha, em hm³/ano.



2. Considere a bacia hidrográfica com 150 km² representada na figura e a localização de três estações udométricas onde foram registados os seguintes valores de precipitação anual: P_A=800 mm; P_B=900 mm e P_C=700 mm. Utilize o método dos polígonos de Thiessen para estimar a precipitação anual sobre a bacia hidrográfica.
3. O aquecimento global, resultante das alterações climáticas, pode reduzir as superfícies cobertas por neve e gelo e fazer diminuir o albedo da superfície terrestre. Indique, justificando, em que medida esse efeito pode afectar a evapotranspiração potencial.
4. A tabela apresentada em baixo indica as medições do nível hidrométrico numa estação hidrométrica onde foi estimada a seguinte curva de vazão: $Q = 30 \cdot (h - 0,3)^{0,7}$. Calcule o caudal médio diário, em m³/s, entre as 9:00 do dia 1 e as 9:00 do dia 2.

| Dia e hora | Dia 1, 9:00 | Dia 1, 12:00 | Dia 1, 15:00 | Dia 1, 18:00 | Dia 2, 9:00 |
|-------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Altura hidrométrica (m) | 1,00 | 2,00 | 1,50 | 1,20 | 1,00 |

5. A análise do registo de 20 anos de caudais médios diários de uma estação hidrométrica permitiu calcular as seguintes percentagens de valores acima de certos valores de caudal. Esboce a curva de duração média do caudal médio diário e estime o número médio de dias por ano que uma central hidroeléctrica pode operar se a sua gama de operação for 2 a 4 m³/s. Calcule ainda o volume turbinado anual médio, em hm³.

| Q* (m ³ /s) | 60 | 20 | 8 | 4 | 2 | 1 |
|------------------------------------|----|-----|-----|-----|-----|------|
| Percentagem de valores acima de Q* | 5% | 20% | 40% | 60% | 80% | 100% |

6. O registo dos máximos anuais do caudal máximo de uma estação hidrométrica localizada a montante de uma localidade possui as seguintes estatísticas e revela que a distribuição de valores do caudal máximo por ser representada por distribuição log-normal. Sabendo que ocorrem inundações sempre que o caudal excede os 150 m³/s, estime o período de retorno das inundações.

| | N | Média (m ³ /s) | Desvio Padrão (m ³ /s) | Coef.Assimetria | Coef.Variação |
|-----|----|---------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|
| Q | 30 | 83,9 | 107,4 | 4,2 | 1,28 |
| lnQ | 30 | 3,9 | 1,0 | 0,0 | 0,26 |

7. Considere um terreno agrícola com as características apresentadas no quadro, no qual se cultiva uma cultura que num dado mês apresenta uma evapotranspiração cultural igual a 120 mm. Num dia desse mês, quando o grau de saturação do solo é 25%, ocorre uma precipitação com uma duração de algumas horas que conduz a uma infiltração igual a 40 mm. Nessas condições, qual será o teor de humidade no final da chuvada (em mm) e qual é o prazo máximo para a próxima rotação de rega, assumindo que não chove?

| Parâmetro | Valor |
|--|-------|
| Profundidade do solo, h(m) | 0,6 |
| Porosidade, n | 0,500 |
| Teor de humidade dos solo saturado, θ_s | 0,463 |
| Capacidade de campo, θ_{cc} | 0,255 |
| Ponto de emurchecimento, θ_e | 0,117 |
| Cond. hid. quando saturado, Ks (mm/h) | 3,5 |
| Sucção na frente humedecim., Ψ_f (mm) | -8,89 |

8. Considere o solo descrito no problema anterior e assuma que a infiltração de 40 mm ocorreu à capacidade do solo. Utilize o modelo de Green-Ampt para estimar o tempo necessário, em horas, para que essa infiltração ocorra.



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
Hidrologia, Ambiente e Recursos Hídricos
Ano lectivo de 2013/14 – Exame 1 – Duração total: 2 horas

9. Na tabela seguinte estão os valores de precipitação média mensal registados de 2005 a 2007 no aquífero carbonatado de Querença- Silves no Algarve. Calcule os valores de recarga (infiltração) anuais (em % de precipitação média) utilizando o método de Kessler.

| Ano/Mês | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|------|------|-------|------|------|------|-----|------|------|-------|-------|-------|
| 2005 | 2,5 | 15,2 | 31,8 | 5,5 | 16,7 | 0,0 | 3,7 | 0,9 | 0,6 | 133,1 | 172,3 | 83,9 |
| 2006 | 72,3 | 61,8 | 107,5 | 48,9 | 0,1 | 32,3 | 4,0 | 30,7 | 25,1 | 175,7 | 173,7 | 37,2 |
| 2007 | 27,3 | 69,0 | 22,3 | 62,2 | 30,7 | 14,7 | 0,0 | 2,4 | 61,1 | 46,4 | 67,9 | 113,1 |

10. Considere uma bacia hidrográfica com o hidrograma unitário para 10 min apresentado no quadro, situada numa região para a qual se estimou a seguinte curva de possibilidade udométrica para um período de retorno de 50 anos: $P = 25 \cdot D^{0,6}$, com P em mm e D em horas. Assumindo que 35% da precipitação se infiltra, estime o caudal de ponta de cheia para uma chuvada uniforme com um período de retorno de 50 anos.

| T (min) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
|-------------|---|----|----|----|----|----|----|----|
| U (m3/s/mm) | 0 | 10 | 40 | 80 | 75 | 30 | 15 | 0 |

Fórmulas úteis:

Normal reduzida:

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| p | 0.01 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| z | -2.33 | -1.64 | -1.28 | -0.84 | -0.52 | -0.25 | 0.00 | 0.25 | 0.52 | 0.84 | 1.28 | 1.64 | 2.33 |

Equação de Green e Ampt:

$$f = K_s - \frac{K_s \Psi_f (\theta_s - \theta_i)}{F} \quad F = K_s t + \frac{b}{K_s} \ln \left(1 + \frac{K_s \cdot F}{b} \right) \quad b = -K_s \Psi_f (\theta_s - \theta_i) \quad t_e = \frac{(-\Psi_f)(\theta_s - \theta_i)}{p \left(\frac{p}{K_s} - 1 \right)}, p > K_s$$

Método Kessler:

$$\mu = \frac{P_{Set-D_{82}} - \bar{P}_{Set-D_{82}}}{\bar{P}_{Set-D_{82}}}$$

Relation of corrective precipitation rate, μ , and constant corrective value, k

| Corrective precipitation rate, μ (%) | Constant value, k |
|--|---------------------|
| 0 – 5 | 0 |
| 6 – 15 | 1 |
| 16 – 25 | 2 |
| 26 – 35 | 3 |
| 36 – 45 | 4 |
| 46 – 55 | 5 |
| 56 – 60 | 7 |
| 61 – 65 | 10 |
| 66 - 70 | 13 |
| > 70 | 15 |

Infiltration (recharge) rate (%) vs corrected determinative precipitation rate (%)

