

# MODELAÇÃO E PLANEAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS - Exemplos de perguntas de exame (2019/2020)

A curva de recessão do escoamento de base descrita por Horton tem a seguinte equação:

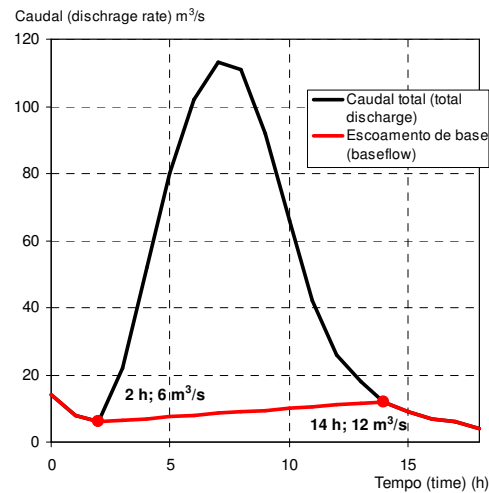
$$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t-t_0}{k}}$$

- a) Indique o significado de cada uma das variáveis intervenientes na anterior expressão.
- b) Pretende-se determinar  $k$  com base no conhecimento de sucessivos hidrogramas de cheia numa secção de um curso de água e dos acontecimentos pluviosos sobre a correspondente bacia hidrográfica de que resultaram aqueles hidrogramas. Diga como procederia para determinar  $k$ , referindo e justificando o critério que lhe permitiria seleccionar os hidrogramas de cheias que poderia utilizar naquela determinação. Inclua na sua resposta um esquema.

Considere o hidrograma de cheia definido na tabela e na figura que se seguem, referente a uma bacia hidrográfica com a área de  $58 \text{ km}^2$ . Admita que o escoamento direto se inicia às 2 h e que termina às 14 h. Entre os dois anteriores tempos o caudal correspondente ao escoamento de base varia linearmente, como se representa na figura.

- a) Obtenha o hidrograma do escoamento direto.
- b) Sabendo que a precipitação total que originou a cheia em causa teve a duração de 5.0 h e a intensidade constante de  $9 \text{ mm/h}$ , determine o valor do índice  $\phi$  ( $\text{mm/h}$ ) representativo das perdas de precipitação. Se considerar necessário poderá indicar na tabela alguns dos cálculos que efetuar.

Tempo/time (h)	Q (total) ( $\text{m}^3/\text{s}$ )				
0	14				
1	8				
2	6				
3	22				
4	52				
5	80				
6	102				
7	113				
8	111				
9	92				
10	66				
11	42				
12	26				
13	18				
14	12				
15	9				
16	7				
17	6				
18	4				



O que entende por classificação dos solos do ponto de vista hidrológico.

Para um dado período de retorno,  $T$ , são conhecidos os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da linha de possibilidade udométrica que relaciona a precipitação intensa,  $P$  ( $\text{mm}$ ) com a respetiva duração,  $t$ ,

$$P = \alpha t^\beta$$

Para caracterizar a cheia, com período de retorno,  $T$ , numa secção de um curso de água pretende-se utilizar o programa HEC-HMS, aplicando, para o efeito, o hidrograma unitário do SCS à precipitação  $P_{tc}$  fornecida pela linha de possibilidade udométrica para a duração igual ao tempo de concentração,  $t_c$ , da bacia hidrográfica relativa àquela secção.

Nessas circunstâncias:

- a) Indique qual dos seguintes dois hietogramas relativos à precipitação  $P_{tc}$  se espera conduzir a um maior caudal de ponta de cheia: (1) hietograma para precipitação com intensidade uniforme durante  $t_c$ ; (2) hietograma de três blocos alternados, cada bloco com duração de  $t_c/3$ ?

- b) Represente, num mesmo diagrama cronológico (t,P) e de modo qualitativo, os hietogramas para precipitações com intensidade uniforme e com três blocos alternados. Justifique a sua representação.

Considere a seguinte curva intensidade-duração-frequência (curva IDF) relativa ao período de retorno de 5 000 anos, aplicável a uma bacia hidrográfica com a área de 40 km<sup>2</sup> a que corresponde o tempo de concentração de 1.5 h:

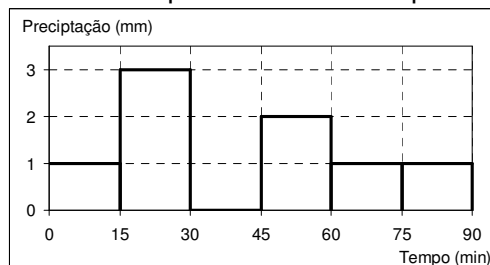
$$i = 850 t^{-0.51}$$

Na anterior equação  $i$  vem expresso em mm/h e  $t$ , em min.

Tendo em vista dimensionar o descarregador de cheias de uma albufeira, pretende-se estabelecer os hidrogramas da cheia afluentes à albufeira para durações da precipitação igual e tripla do tempo de concentração, no pressuposto de que as perdas de precipitação num qualquer intervalo de tempo representam 20% da precipitação total.

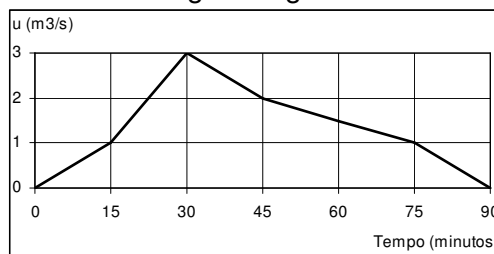
- Nas anteriores condições construa o hietograma de quatro blocos alternados.
- Estime o caudal de ponta de cheia de acordo com a fórmula racional.

Numa bacia hidrográfica com a área de 80 km<sup>2</sup> registou-se o volume do escoamento direto de 160 000 m<sup>3</sup> na sequência do acontecimento pluvioso representado na figura seguinte. Proceda à estimativa do valor do índice  $\phi$ . Inclua na resposta os cálculos que efetuou.



Diga o que entende por hidrogramas unitários sintéticos. Identifique os parâmetros fisiográficos que intervêm na síntese do hidrograma unitário sintético do *Soil Conservation Service*.

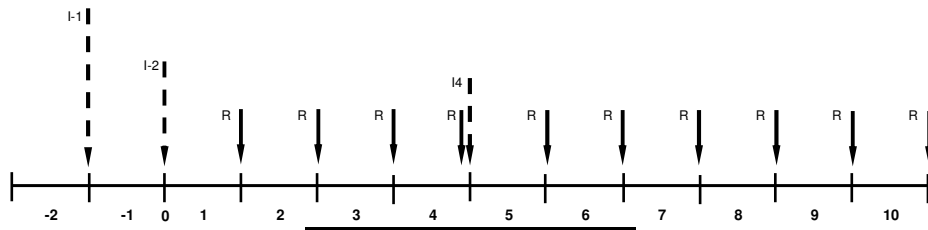
Para uma dada bacia hidrográfica obteve-se o hidrograma unitário para a duração de 15 minutos da precipitação efetiva de 1 mm representado na figura seguinte.



- Qual o tempo de concentração da bacia?
- Qual a respetiva área.

Diga a que se destina o programa HEC-HMS e refira a sua organização geral.

Indique o significado de VAL/TIR/BC. Calcule o correspondente valor para o projeto a que se referem os custos de investimentos e as receitas caracterizados na figura e a tabela seguintes. Considere a taxa de atualização de 6%.



Ano (year)	Investimento (investments) (10 <sup>3</sup> euros)	Receitas (incomes) (10 <sup>3</sup> euros)
-2	100	
-1	80	
1		40
2		40
3		40
4	60	40
5		40
6		40
7		40
8		40
9		40
10		40

---

De entre os métodos de dimensionamento de albufeiras que conhece escolha um e descrevo-o de modo sucinto.

---

Possíveis questões sobre series sintéticas: qual a sua relevância; breve descrição do método dos fragmentos.

## WATER RESOURCES MODELING AND PLANNING – Examples of examination questions (2019/2020)

The Horton's recession curve for the baseflow is given by:

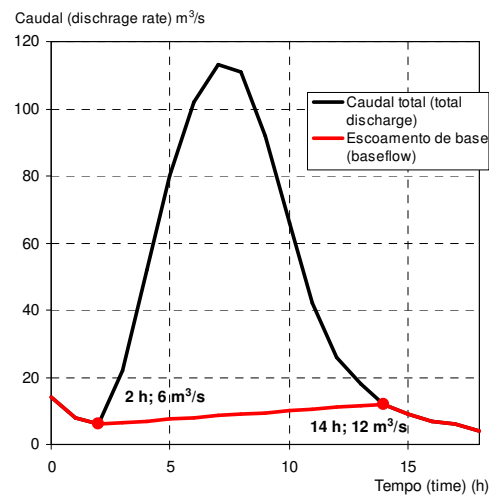
$$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t-t_0}{k}}$$

- a) Specify the meaning of the variables that appear in the previous equations.
- b) Compute the recession constant,  $k$ , several hydrographs were collected at the outlet section of a watershed as well as the corresponding rainfall hyetographs. From the available hydrographs, what should be the criterion to select those that can be used to compute  $k$ . Based on the selected hydrographs how would  $k$  be computed? Include in your reply a sketch about the computation procedure.

The flood hydrograph in a catchment with an area of 58 km<sup>2</sup> is presented in the following table and figure. Consider that the direct runoff began at 2 h and ended at 14 h. Between these two moments the variation of the baseflow was linear, as represented in the figure.

- a) Compute the direct runoff hydrograph.
- b) Knowing the total rainfall that caused the flood event had a constant intensity of 9 mm/h and last for 5.0 h, compute the value of the  $\phi$  index (mm/h) which represents the precipitation losses. If necessary, you can use the table to present some of your computations.

Tempo/time (h)	Q (total) (m <sup>3</sup> /s)				
0	14				
1	8				
2	6				
3	22				
4	52				
5	80				
6	102				
7	113				
8	111				
9	92				
10	66				
11	42				
12	26				
13	18				
14	12				
15	9				
16	7				
17	6				
18	4				



To what refers the classification of the soils from a hydrological point of view.

- 5) For a given watershed the parameters  $\alpha$  e  $\beta$  of the “linha de possibilidade udométrica, LPU” (rainfall depth-duration-frequency curve) that relates the intensive rainfall,  $P$ , with its duration,  $t$ , for a given return period,  $T$ , are known

$$P = \alpha t^\beta$$

To HEC-HMS program was used to characterize the  $T$ -years flood at the outlet section of the previous watershed. For that purpose the SCS unit hydrograph was applied to the design rainfall with duration equal to the time of concentration,  $t_c$ , computed according to the LPU. Under these circumstances:

- a) Which of the following design hyetographs of the design rainfall will result in higher peak flood discharges: (1) uniform hyetograph (constant intensity); (2) hyetograph with alternating blocks built upon three blocks, each one with a duration equal to  $t_c/3$ ?
- b) Sketch, in a same figure, the relative shape of the uniform hyetograph and of the three-blocks variable hyetograph. Justify your sketch.

Consider the following intensity-duration-frequency curve (IDF curve) for the 5000-year return period,  $T$ , valid for a watershed with an area of  $40 \text{ km}^2$  and a time of concentration of 1.5 h:

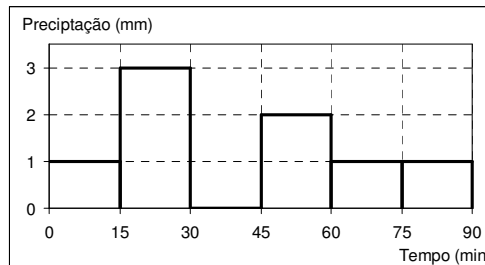
$$i = 850 t^{-0.51}$$

where  $i$  is expressed in  $\text{mm/h}$  and  $t$ , in  $\text{min}$ .

At the outlet section of the watershed and dam is going to be constructed. To design the surface spillway the flood hydrographs to the reservoir for durations equal to the time of concentration and three times the time of concentration are required. Considering the rainfall losses account for 20% of the total rainfall compute:

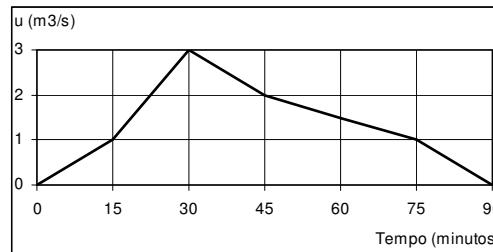
- The rainfall hyetograph assuming that it has 4 alternating blocks.
- The peak flood discharge according to the rational formula.

In a given watershed with an area of  $80 \text{ km}^2$  a flood occurred as a result of the rainfall event represented in the figure. The direct runoff volume of the flood was  $160\,000 \text{ m}^3$ . Compute the value of the  $\phi$  index. Present all your computations.



Define synthetic unit hydrograph. Identify the physiographic parameters that appear in the Soil Conservation Service, SCS, synthetic unit hydrograph.

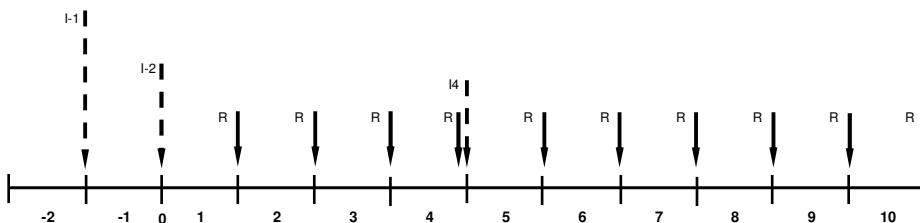
The figure presents the unit hydrograph for 1 mm excess rainfall with 15 min duration in a given watershed.



- Specify the time of concentration of the watershed.
- Compute the watershed area.

Specify the purpose of the HEC-HMS program and summarize its general organization.

Present the meaning of VAL. Compute the VAL for the project to which the costs and the incomes specified in the figure and in the table included in the next page refer to. Assume a discount rate of 6%.



Ano (year)	Investimento (investments) ( $10^3$ euros)	Receitas (incomes) ( $10^3$ euros)
-2	100	
-1	80	
1		40
2		40
3		40
4	60	40
5		40
6		40
7		40
8		40
9		40
10		40

---

From the different methods that can be applied to the design of artificial reservoirs choose one and describe it briefly.

---

Possible questions about synthetic flow series: what is the relevance; brief description of the method of the fragments.