

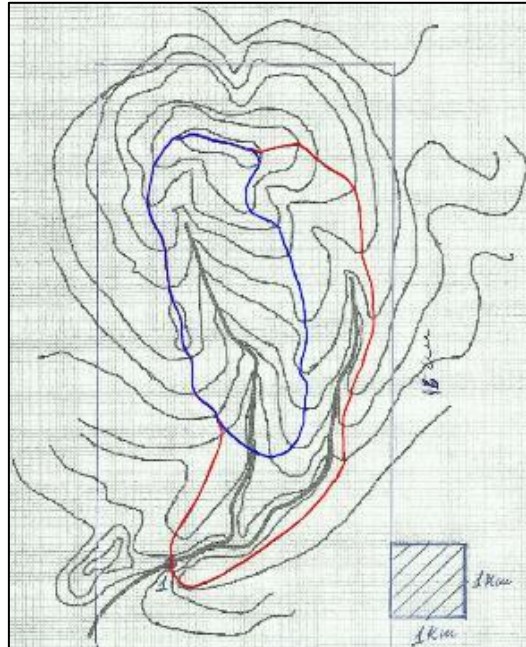
## PROVA DE HIDROLOGIA– SELEÇÃO PPGRHS 2017.1

### GABARITO - QUESTÃO 1

a)

A área da bacia é determinada a partir da contagem de quadrículas. Essa contagem, por sua vez, depende da delimitação e da aproximação das quadrículas feitas pelo candidato. **Desse modo, admite-se neste gabarito uma área de 12,63 km<sup>2</sup>, com uma faixa de tolerância de 10% (para mais ou para menos), o que significa que a área A é tal que 11,37 km<sup>2</sup> ≤ A<sub>1</sub> ≤ 13,89 km<sup>2</sup> ou ainda A<sub>1</sub> = 12,63 ± 1,26 km<sup>2</sup>.** A delimitação que gerou o valor de 12,63 km<sup>2</sup> está na figura 1, incluindo a sub-bacia da letra d.

Figura 1. Delimitação das bacias hidrográficas



Obs.: as bacias estão em azul (letra a) e vermelho (letra d). O retângulo maior serviu de base para determinar a área.

b)

A precipitação média pode ser obtida pela média aritmética simples dos valores dos postos da tabela reproduzida abaixo (pontos 3, 4, 5 e 6)

Precipitação média anual de cada posto indicado no mapa

Posto de precipitação	Precipitação média anual (mm)
Ponto 3	1.200
Ponto 4	1.000
Ponto 5	950
Ponto 6	850

Assim, para a bacia inteira que drena para o ponto 1:

$$\bar{P}_1 = \frac{1.200 + 1.000 + 950 + 850}{4} = 1.000 \text{ mm}$$

c)

Tudo o que foi pedido aqui depende do balanço hídrico e do que foi calculado anteriormente. Levando-se em conta que a evaporação represente todas as perdas, tem-se que  $\Delta V = \text{Entradas} - \text{Saídas}$ , onde  $\Delta V$  é a variação de volume no período considerado. As Entradas estão englobadas na precipitação P e as Saídas na evaporação E e na vazão Q que passa pelo exutório, no ponto 1, conforme equação 1.

$$\Delta V = P - E - Q \quad (1)$$

Levando-se em conta que, no longo prazo, a diferença no armazenamento na bacia hidrográfica (volume de água armazenado) é desprezível,  $\Delta V = 0$ , resultando na equação 1

$$0 = P - E - Q \rightarrow E = P - Q \quad (2)$$

Então, a evaporação média de longo prazo é obtida da equação 2, utilizando a precipitação média calculada na letra b e transformando  $Q = 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$  para um valor em mm anuais.

Considerando que 1 ano tenha 365 dias, o valor de  $Q$  dependerá da área estimada pelo candidato, estando na faixa  $567,48 \text{ mm} \leq Q \leq 693,59 \text{ mm}$ , sendo que o valor mínimo de  $Q$  corresponde ao valor máximo de  $A_1$  e o valor máximo de  $Q$  corresponde ao valor mínimo de  $A_1$ .

O coeficiente de escoamento é calculado pela equação 3

$$C = Q/P \quad (3)$$

Para o coeficiente de escoamento, a faixa de respostas admissíveis é  $0,57 \leq C \leq 0,69$

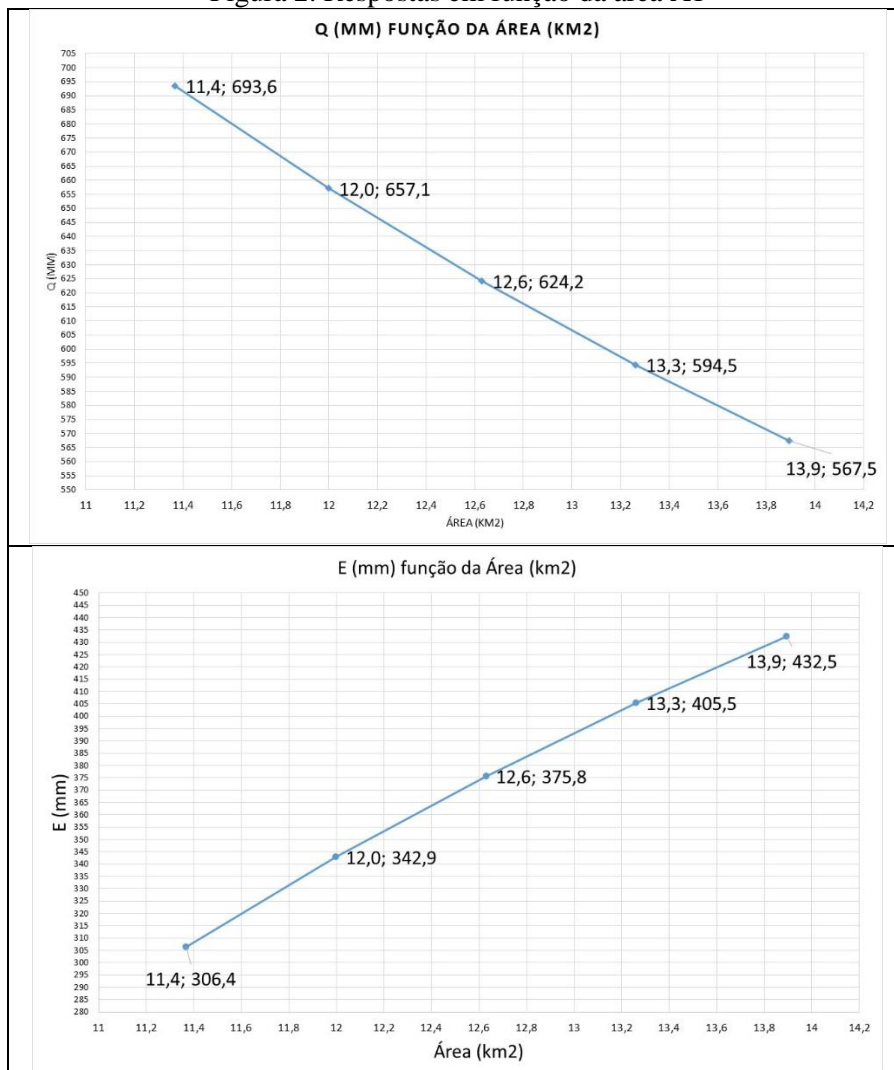
d)

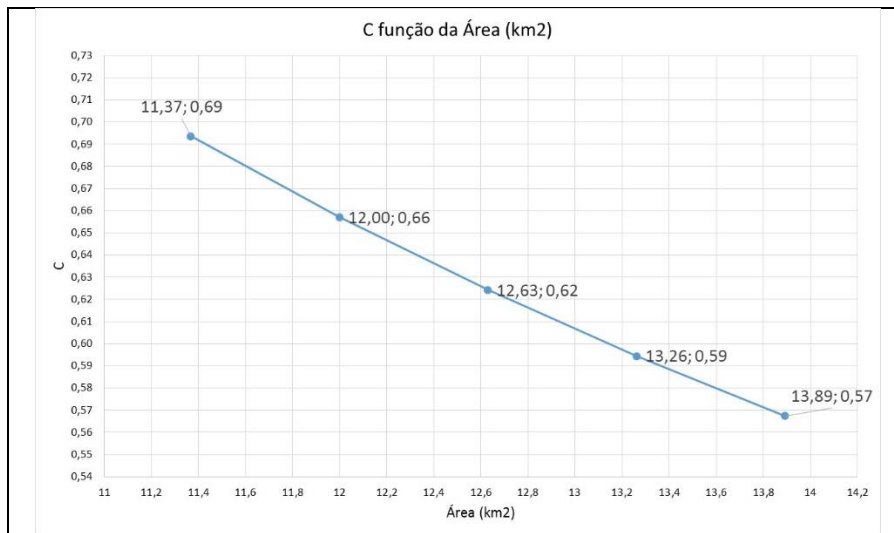
Essa letra faz o mesmo das letras a e b, sendo a área a da sub-bacia que drena para o ponto 2. A faixa admitida é  $5,55 \text{ km}^2 \leq A_2 \leq 6,79 \text{ km}^2$

Quanto à precipitação, a média agora é realizada entre os dados dos postos 3 e 5  $\overline{P}_2 = \frac{1.200+950}{2} = 1.075 \text{ mm}$ .

A seguir um conjunto de possibilidades de respostas a partir de gráficos. Todas as variáveis estão em função da área  $A_1$ , calculada na letra a.

Figura 2. Respostas em função da área  $A_1$





## GABARITO - QUESTÃO 2

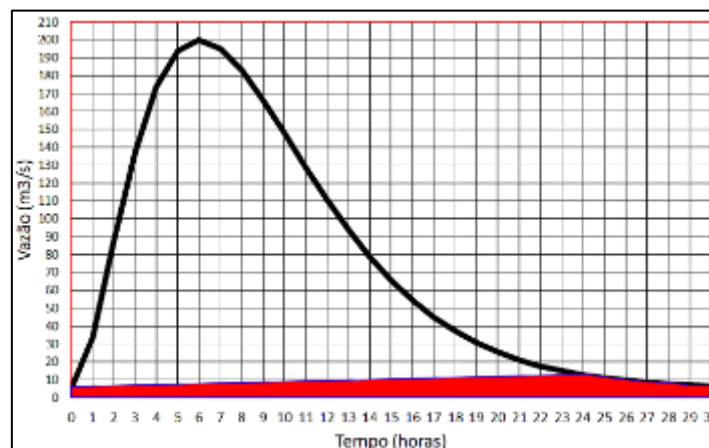
a)

A separação do escoamento mais simples é aquela que é feita desenhando uma linha reta entre dois pontos no hidrograma. O ponto de partida se localiza no tempo zero, no qual somente há a vazão de base de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ; o ponto final está localizado na inflexão do hidrograma, no tempo 24 horas.

O volume do escoamento subterrâneo corresponde à área abaixo da reta, e pode ser determinado através da aproximação por quadrículas feitas pelo candidato. Cada quadrícula tem uma base com largura de 1 hora e altura de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , de modo que o volume de cada uma é de  $36.000 \text{ m}^3$ .

Na figura 3 está a separação do escoamento e o volume (em vermelho) do escoamento subterrâneo no período de 30 horas. Admite-se neste gabarito um volume de  $983.093,5 \text{ m}^3$  ou  $0,98 \text{ hm}^3$  com uma faixa de tolerância de 10% (para mais ou para menos), o que significa que  $884.784,2 \text{ m}^3 \leq \text{volume} \leq 1.081.402,9 \text{ m}^3$  ou  $0,88 \text{ hm}^3 \leq \text{volume} \leq 1,08 \text{ hm}^3$  ainda volume =  $983.093,5 \pm 98309,35 \text{ m}^3$  (volume =  $0,98 \pm 0,098 \text{ hm}^3$ ).

Figura 3. Volume do escoamento subterrâneo em 30 horas

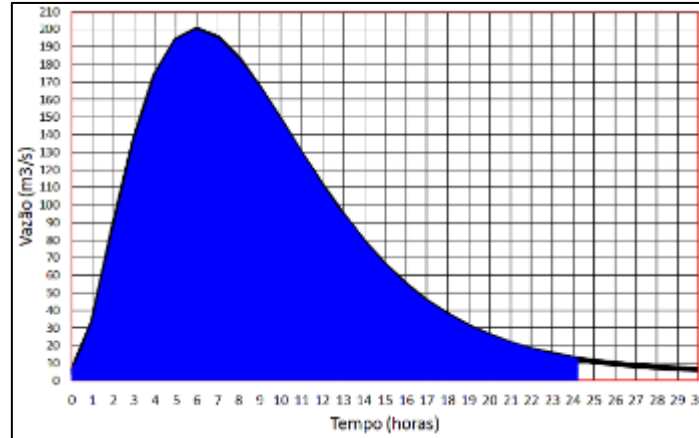


b)

A figura 4 mostra o volume total (azul) escoado no período de 24 horas. Admite-se neste gabarito um volume de  $8.124.518,80 \text{ m}^3$  ou  $8,12 \text{ hm}^3$  com uma faixa de tolerância de 10% (para mais ou para menos), o que significa que

$7.312.066,9 \text{ m}^3 \leq \text{volume} \leq 8.936.970,7 \text{ m}^3$  ou  $7,3 \text{ hm}^3 \leq \text{volume} \leq 8,9 \text{ hm}^3$  ainda  $\text{volume} = 8.124.518,80 \pm 812.451,88 \text{ m}^3$  ( $\text{volume} = 8,12 \pm 0,812 \text{ hm}^3$ ).

Figura 3. Volume total do escoamento em 24 horas



c)  
O reservatório tem um volume útil (que pode ser utilizado para amortecimento) de  $6 \text{ hm}^3$ , que é a diferença  $9 - 3 \text{ hm}^3$ .  
Como o volume calculado na letra b foi de  $8,12 \pm 0,812 \text{ hm}^3$ , haverá vertimento de  $2,12 \pm 0,812 \text{ hm}^3$ .

## PROVA DE QUALIDADE DA ÁGUA – SELEÇÃO PPGRHS 2017.1

### GABARITO - QUESTÃO 1

Uma bacia contribuinte com 20 mil habitantes lança seus esgotos sem qualquer tratamento a um pequeno afluente do rio *hipotético*. A vazão correspondente é de 3520 m<sup>3</sup>/d e a DBO de 200 mg/L. A esta contribuição juntam-se os despejos de uma indústria química orgânica com vazão de 850 m<sup>3</sup>/d e DBO de 900 mg/L. Estes despejos industriais, no entanto, são tratados na própria indústria, em uma combinação de reatores, que reduz em 90% a poluição orgânica, representada pela DBO. O rio, antes de receber estas contribuições poluentes, tem vazão de 5 m<sup>3</sup>/s e DBO de 6 mg/L.

- Calcular as novas características do rio na região de mistura (vazão e concentração em termos de DBO);
- Para um trecho do rio *hipotético*, se dispõe dos dados da velocidade e da profundidade média, medidas em 02 campanhas de campo, e das respectivas vazões, como mostrado abaixo. Pede-se para calcular o coeficiente de reaeração ( $k_2$ ) nesses trechos;
- Qual a importância do fenômeno da reaeração para corpos receptores de carga poluidora?

Parâmetro	Campanha 1	Campanha 2
Vazão	113 m <sup>3</sup> /s	440 m <sup>3</sup> /s
Velocidade	0,60 m/s	1,00 m/s
Profundidade	1,34 m	2,85 m

Constantes da relação:  $K_2 = \frac{c.v^n}{H^m}$

c	n	m	Autor
3,73	0,50	1,50	O'Connor <sup>1</sup>
5,00	0,97	1,67	Churchill <sup>2</sup>
5,30	0,67	1,85	Owens <sup>3</sup>

- Rios com velocidade entre 0,05 e 0,80 m/s; profundidade de 0,60 a 4,00 m;
- Rios com velocidade entre 0,80 e 1,50 m/s; profundidade de 0,60 a 4,00 m;
- Profundidade inferior a 0,60 m.

### Respostas:

- Vazões:
  - do esgoto doméstico = 3.520 m<sup>3</sup>/d
  - dos despejos industriais = 850 m<sup>3</sup>/d
  - do rio (antes da mistura) = 5 m<sup>3</sup>/s = 432.000 m<sup>3</sup>/d
  - do rio (na região de mistura) = 3.520 + 850 + 432.000 = **436.370 m<sup>3</sup>/d**

Concentrações de DBO antes do lançamento:

- do esgoto doméstico = 200 mg/L
- dos despejos industriais = 0,10 x 900 = 90 mg/L
- do rio = 6 mg/L

Concentração de DBO no rio na região de mistura, C (DBO):

$$C = \frac{\sum c_i Q_i}{\sum Q_i}$$

$$DBO = \frac{(200 \times 3520) + (90 \times 850) + (6 \times 432000)}{436370} = \mathbf{7,73 \text{ mg/L}}$$

- Campanha 1:
  - vazão: 113 m<sup>3</sup>/s
  - velocidade: 0,60 m/s
  - profundidade: 1,34 m

Campanha 2:

- vazão: 440 m<sup>3</sup>/s
- velocidade: 1,00 m/s
- profundidade: 2,85 m

O coeficiente  $k_2$  é calculado segundo fórmula apresentada e utilizando os coeficientes da tabela.

Para a campanha 1:

$$K_2 = \frac{c \cdot v^n}{H^m} = \frac{3,73 \cdot 0,60^{0,50}}{1,34^{1,50}} = 1,86d^{-1}$$

Para a campanha 2:

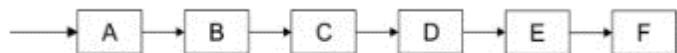
$$K_2 = \frac{c \cdot v^n}{H^m} = \frac{5,00 \cdot 1,00^{0,97}}{2,85^{1,67}} = 0,87d^{-1}$$

c) O oxigênio usado pelos microrganismos é recomposto através do fenômeno da reaeração, isto é, da absorção do ar pela água, durante o escoamento do rio, possibilitando a continuação do processo de decomposição aeróbia e do poder de autodepuração.

Esta ação é principalmente de natureza física, e é maior à medida que aumenta a turbulência do rio, sendo assim função da sua geometria, do seu grau de mistura, da passagem por cascatas, da formação de corredeiras, etc. Isso afeta diretamente na escolha do ponto de descarte de efluentes por possibilitar a retomada dos parâmetros originais do manancial antes do recebimento da carga poluidora.

GABARITO - QUESTÃO 2

A obtenção de água doce de boa qualidade está se tornando cada vez mais difícil devido ao adensamento populacional, às mudanças climáticas, à expansão da atividade industrial e à poluição. A água, uma vez captada, precisa ser purificada, o que é feito nas estações de tratamento. Um esquema do processo de purificação é:



em que as etapas B, D e F são:

B – adição de sulfato de alumínio e óxido de cálcio,

D – filtração em areia,

F – fluoretação.

a) Assim sendo, quais as etapas A, C e E devem ser?

Resposta:

A - filtração grosseira

C - decantação

E - cloração

b) Descreva como se desenvolve todas as etapas (A, B, C, D, E e F).

Resposta:

A - filtração grosseira

Captação, a água passa por um sistema de grades que impede a entrada de elementos macroscópicos grosseiros (animais mortos, folhas, etc.) no sistema. Parte das partículas está em suspensão fina, em estado coloidal ou em solução, e por ter dimensões muito reduzidas (como a argila, por exemplo), não se depositam, dificultando a remoção.

B – adição de sulfato de alumínio e óxido de cálcio

**Coagulação** – Nesta fase, é adicionado sulfato de alumínio, cloreto férrico ou outro coagulante, seguido de uma agitação violenta da água. Assim, as partículas de sujeira ficam eletricamente desestabilizadas e mais fáceis de agregar.

**Floculação** – Após a coagulação, há uma mistura lenta da água, que serve para provocar a formação de flocos com as partículas.

C – decantação

Neste processo, a água passa por grandes tanques para separar os flocos de sujeira formados na etapa anterior. Não é adicionado produto químico nessa etapa do tratamento.

Uma outra alternativa para a decantação é a flotação. Ao contrário da decantação, onde os flocos vão para o fundo do tanque pela força da gravidade, na flotação os flocos são arrastados para a superfície do tanque devido a adição de água com microbolhas de ar que fazem os flocos flutuarem para depois serem removidos. A utilização de um decantador ou de um flotador em uma Estação de tratamento de Água (ETA), depende das características da água bruta a ser tratada.

D – filtração em areia

Logo depois, a água atravessa tanques formados por areia ou pedras e carvão antracito. Eles são responsáveis por reter a sujeira que restou da fase de decantação. Não é adicionado produto químico nessa etapa do tratamento.

Candidato (Código): \_\_\_\_\_

Essa etapa é importante não só para remover a turbidez da água, mas nela também inicia a remoção de microrganismos patogênicos. A filtração é uma barreira sanitária do tratamento, pois não se pode garantir uma adequada segurança da água com relação à presença de patogênicos, se ela não passar pelo filtro. Após a filtração a água seguirá para o tanque de contato onde ocorrerão as etapas finais do tratamento.

E – cloração

**Desinfecção** – É feita adição de cloro no líquido antes de sua saída da Estação de Tratamento. Ela garante que a água fornecida chegue isenta de bactérias e vírus até a casa do consumidor. A portaria 2.914/2011 estabelece que a companhia de saneamento deve entregar ao consumidor a água tratada com um teor mínimo de cloro residual livre de 0,2 mg/L.

F – fluoretação

O flúor também é adicionado à água. A substância ajuda a prevenir cáries. As bactérias presentes na placa dental produzem ácidos que removem os minerais dos dentes (desmineralização) deixando-os vulneráveis à cárie. Porém, quando ingerimos água fluoretada desde a infância, esse fluoreto passa a fazer parte do organismo e aumenta sua concentração no sangue e na saliva, participando do processo de recomposição dos minerais dos dentes (remineralização) tornando-os resistentes à cárie. Na maior parte do Brasil o teor de flúor utilizado na água é de 0,6 a 0,8 mg/L.

Candidato (Código): \_\_\_\_\_