

DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

GABARITO

ENGENHARIA QUÍMICA - 2018

Questão	Resposta
<p>1 (8 pontos)</p>	<p>a) <b>(4 pontos)</b>  V e T constantes  <math display="block">r_A = \frac{dC_A}{dt} = \frac{d(N_A/V)}{dt} = \frac{1}{V} \frac{dN_A}{dt} = \frac{1}{V} \frac{d(P_A V/RT)}{dt} = \frac{V}{VRT} \frac{dP_A}{dt} = \frac{1}{RT} \frac{dP_A}{dt}</math></p> <p>b) <b>(4 pontos)</b>  Estequiometria:  Início: <math>N_0</math> moles de A  Instante t: <math>N_A = (N_0 - 2X)</math> moles de A e X moles de B.  <math>X = (N_0 - N_A)/2</math>  <math>N = N_0 - 2X + X = (N_0 - X)</math>, moles totais  Então: <math>N = N_0 - (N_0 - N_A)/2 = (N_0 + N_A)/2</math>  Para V e T constantes:  <math display="block">\frac{P}{N} = \frac{P_0}{N_0} \Rightarrow P = \frac{P_0 N}{N_0} = \frac{P_0(N_0 + N_A)}{2N_0}</math> <math display="block">\frac{dP}{dt} = \frac{d}{dt} \left[ \frac{P_0(N_0 + N_A)}{2N_0} \right] = \frac{P_0}{2N_0} \frac{dN_A}{dt} \quad \rightarrow \quad \frac{dN_A}{dt} = \frac{2N_0}{P_0} \frac{dP}{dt}</math> <math display="block">r_A = \frac{dC_A}{dt} = \frac{d(N_A/V)}{dt} = \frac{1}{V} \frac{dN_A}{dt} = \frac{2N_0}{VP_0} \frac{dP}{dt} = \frac{2N_0 RT}{VP_0 RT} \frac{dP}{dt} = \frac{2}{RT} \frac{dP}{dt}</math></p>
<p>2 (8 pontos)</p>	<p>a) <b>(4 pontos)</b>  Rearranjando-se a equação, tem-se:  <math display="block">\frac{-\Delta P}{\rho U^2} \frac{D_p}{L} \frac{\epsilon^3}{(1-\epsilon)} = \frac{150}{Re} + 1,75 = \frac{150(1-\epsilon)\mu}{\rho U D_p} + 1,75</math> <math display="block">-\Delta P = \frac{150(1-\epsilon)^2 \mu L \rho U^2}{\rho U D_p^2 \epsilon^3} + 1,75 \frac{\rho U^2 L (1-\epsilon)}{D_p \epsilon^3} = \frac{150(1-\epsilon)^2 \mu L U}{D_p^2 \epsilon^3} + 1,75 \frac{\rho U^2 L (1-\epsilon)}{D_p \epsilon^3}</math> Substituindo-se a velocidade superficial: <math>U = \frac{Q}{A}</math>  <math display="block">-\Delta P = \frac{150(1-\epsilon)^2 \mu L Q}{D_p^2 \epsilon^3 A} + 1,75 \frac{\rho Q^2 L (1-\epsilon)}{A^2 D_p \epsilon^3} = C_1 Q + C_2 Q^2</math> As conversões de unidades estão incorporadas nas constantes <math>C_1</math> e <math>C_2</math>.  Substituindo-se os dados obtidos de vazão e perda de</p>

	<p>carga:</p> $2 = 1C_1 + 1^2C_2 = C_1 + C_2$ $5 = 2C_1 + 2^2C_2 = 2C_1 + 4C_2$ <p>Resolvendo-se o sistema:</p> $C_1 = 2 - C_2 \Rightarrow 5 = 2(2 - C_2) + 4C_2 \Rightarrow 5 = 4 + 2C_2$ $\Rightarrow C_2 = 1/2 \text{ e } C_1 = 3/2$ $-\Delta P = \left(\frac{3}{2}\right)Q + \left(\frac{1}{2}\right)Q^2$ <p>Para <math>-\Delta P = 10 \text{ bar}</math>:</p> $10 = \left(\frac{3}{2}\right)Q + \left(\frac{1}{2}\right)Q^2 \Rightarrow Q^2 + 3Q - 20 = 0$ <p>Tem-se:</p>
	$Q = \frac{-3 + \sqrt{89}}{2} = 3,2 \text{ m}^3/\text{h}$
	<p>b) ( 4 pontos)</p> <p>Na nova condição (<math>D_p = 2 \text{ mm}</math>) as constantes <math>C_1</math> e <math>C_2</math> são diferentes e dadas por <math>C_1'</math> e <math>C_2'</math>:</p> $\Rightarrow C_2' = \left(\frac{4 \text{ mm}}{2 \text{ mm}}\right) C_2 = \frac{2 \cdot 1}{2} = 1$ $\Rightarrow C_1' = \left(\frac{4 \text{ mm}}{2 \text{ mm}}\right)^2 C_1 = \frac{4 \cdot 3}{2} = 6$ $-\Delta P = 6Q + Q^2$ <p>Para <math>Q = 2 \text{ m}^3/\text{h}</math>:</p> $-\Delta P = 6 \cdot 2 + 2^2 = 16 \text{ bar}$
<p>3 (8 pontos)</p>	<p>a) (4 pontos)</p> $Nu_D = 2 + 0,6 \cdot Re_D^{1/2} Pr^{1/3}$ $Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{5 \times 2 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-5}} = 200$ $Nu_D = 2 + 0,6 \times 200^{1/2} \times 0,7^{1/3} = 9,53$ $Nu_D = \frac{hD}{k} \Rightarrow h = \frac{Nu_D k}{D} = \frac{9,53 \times 0,05}{2 \cdot 10^{-3}} = 238 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ <p>b) (4 pontos)</p> $q''_{ST} = F_{ST} \sigma (T_T^4 - T_S^4) = 1 \times 5,67 \cdot 10^{-8} (500^4 - 350^4) = 2693 \text{ W}/\text{m}^2$ $q''_{GT} = h(T_G - T_T) = 238(T_G - 500)$ $q''_{GT} = q''_{ST} = 2693 = 238(T_G - 500) \Rightarrow T_G = 511 \text{ K}$

<p style="text-align: center;">4 (8 pontos)</p>	<p>a) <b>(4 pontos)</b></p> <p>A umidade crítica, <math>X_c</math>, é definida pelo ponto no qual a velocidade de secagem atinge o limite de velocidade de seca constante. No caso: <math>0,18 &lt; X_c \leq 0,20</math>.</p> <p>Adotando-se <math>X_c = 0,20</math>, tem-se:</p> <p>Quantidade de água removida:</p> $m (X_i - X_c) = 200(0,40 - 0,20) = 40 \text{ kg.}$ <p>b) <b>(4 pontos)</b></p> <p>O tempo de secagem é calculado pela razão entre a perda de umidade do sólido por área e a velocidade de secagem:</p> $t = \frac{m}{A} \int_{X_f}^{X_i} \frac{dX}{R}$ <table border="1" data-bbox="355 949 1428 1279"> <tr> <td>X (kg H<sub>2</sub>O/kg sól. seco)</td> <td>0,10</td> <td>0,15</td> <td>0,18</td> <td>0,20</td> <td>0,22</td> <td>0,25</td> <td>0,30</td> <td>0,40</td> </tr> <tr> <td>R [g/(m<sup>2</sup>.s)]</td> <td>0,20</td> <td>0,27</td> <td>0,33</td> <td>0,40</td> <td>0,40</td> <td>0,40</td> <td>0,40</td> <td>0,40</td> </tr> <tr> <td>1/R [(m<sup>2</sup>.s)/gH<sub>2</sub>O]</td> <td>5,0</td> <td>3,7</td> <td>3,0</td> <td>2,5</td> <td>2,5</td> <td>2,5</td> <td>2,5</td> <td>2,5</td> </tr> </table> <p>No caso tem-se uma região de velocidade de secagem decrescente, <math>0,10 &lt; X \leq 0,20</math>, e uma região de velocidade constante, <math>0,20 &lt; X \leq 0,40</math>.</p> <p>No período de velocidade decrescente, tem-se:</p> $\int_{0,1}^{0,2} \frac{dX}{R} \cong \sum_{0,1}^{0,2} \Delta X \left( \frac{1}{R} \right) = (0,15 - 0,10) \left( \frac{5+3,7}{2} \right) + (0,18 - 0,15) \left( \frac{3,7+3,0}{2} \right) + (0,20 - 0,18) \left( \frac{3,0+2,5}{2} \right) = 0,37 \text{ [(m}^2\text{.s)/g sol.seco]}$ <p>No período de velocidade constante, tem-se:</p> $\int_{0,2}^{0,4} \frac{dX}{R} = \frac{\Delta X}{R} = \left( \frac{0,4-0,2}{0,4} \right) = 0,50 \text{ [(m}^2\text{.s)/g sol.seco]}$ <p>O tempo total de secagem é dado por:</p> $t = \frac{m}{A} \int_{X_f}^{X_i} \frac{dX}{R} = \frac{200000}{10} (0,37 + 0,50) = 17400 \text{ s} = 4,83 \text{ h}$	X (kg H <sub>2</sub> O/kg sól. seco)	0,10	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,30	0,40	R [g/(m <sup>2</sup> .s)]	0,20	0,27	0,33	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	1/R [(m <sup>2</sup> .s)/gH <sub>2</sub> O]	5,0	3,7	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
X (kg H <sub>2</sub> O/kg sól. seco)	0,10	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,30	0,40																				
R [g/(m <sup>2</sup> .s)]	0,20	0,27	0,33	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40																				
1/R [(m <sup>2</sup> .s)/gH <sub>2</sub> O]	5,0	3,7	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5																				
	<p>a) <b>(3 pontos)</b></p>																											

<p>5 (8 pontos)</p>	<p>Início: <math>N_{A_o} = 2 ; N_{B_o} = 1 ; N_{C_o} = 2 ;</math>  <math>N_o = 2 + 1 + 2 = 5</math>  Término: <math>N_{A_f} = 1 ; N_{B_f} = 0 ; N_{C_f} = 2 ; N_{D_f} = 2 ; N_{E_f}</math>  <math>= 1 ;</math>  <math>N_f = 1 + 0 + 2 + 2 + 1 = 6</math></p>
	$W = - \int_{V_{inicial}}^{V_{final}} p dV = - p_o (V_f - V_o)$
	$\Delta U = Q + W = 0 - p_o (V_f - V_o) = - p_o (V_f - V_o)$
	$\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = \Delta U + p_o \Delta V = - p_o (V_f - V_o) + p_o (V_f - V_o) = 0$
	<p>b) (3 pontos)</p> $p_o V_o = N_o RT_o \quad \text{e} \quad p_f V_f = N_f RT_f \Rightarrow p_o V_f = N_f RT_f$ $\frac{p_o V_f}{p_o V_o} = \frac{N_f RT_f}{N_o RT_o} \Rightarrow \frac{V_f}{V_o} = \frac{6 T_f}{5 T_o} \Rightarrow \boxed{T_f = \frac{5}{6} T_o \frac{V_f}{V_o}}$ <p>c) (2 pontos)</p> <p>Não é possível inferir se a reação é endotérmica, pois não conhecidos (fornecidos) as entalpias de formação das substâncias em questão.</p>
<p>6 (8 pontos)</p>	<p>Solução:</p> <p>a) qual elemento é esse? (4 pontos)</p> <p>Considerando-se:</p> <p>A=massa atômica  N=número de nêutrons  P=número de prótons</p> <p>Tem-se:</p> $A = N + P$ $N = P + 1$ $A = 9(P - 3)$ <p>Desse sistema de equações chega-se a:</p> $A=9$

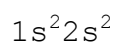
N=5

P=4

Consultando-se o extrato da tabela periódica fornecido, o elemento que tem número atômico 4 (P=4) é o Berílio.

b) o tipo de ligação que esse elemento forma com o Hidrogênio. Caracterize essa ligação: tipo, geometria. (4 pontos)

Para o berílio, sua distribuição eletrônica será:

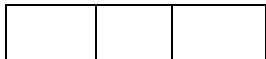


Ocorre então a hibridização do berílio para que ocorra a ligação química do berílio com o hidrogênio.

2s<sup>2</sup>:



2p: este orbital está vazio



Hibridação sp:



Assim, o berílio fará duas ligações covalentes com o hidrogênio do tipo: Sigma sp - s

Sua geometria será linear.

Ângulo da ligação: 180°.



7  
(8 pontos)

Solução:

a) (3 pontos)

b) 5 pontos)

Esses aços são empregados nos seguintes casos:

**ALTAS TEMPERATURA:** em temperaturas acima dos limites de uso prático dos aços carbonos ou mesmo dentro desses limites, quando seja necessária maior resistência mecânica, maior resistência à fluência ou maior resistência à corrosão.

**BAIXAS TEMPERATURAS:** inferiores a  $-45^{\circ}\text{C}$  para os quais os aços carbonos ficam sujeitos a fraturas frágeis.

**ALTAS CORROSÃO:** serviços com fluidos corrosivos, mesmo quando dentro da faixa de emprego dos aços carbonos.

**NECESSIDADE DE NÃO CONTAMINAÇÃO:** serviços para os quais não se pode admitir contaminação do fluido pelos resíduos de corrosão (produtos alimentares, farmacêuticos).

**SEGURANÇA:** serviços com fluidos perigosos (muito quentes, inflamáveis, tóxicos, explosivos...) que exigem segurança quanto a vazamentos e outros acidentes.

**ALTA RESISTÊNCIA:** empregados em equipamentos sujeitos a grandes esforços mecânicos, como vasos de pressão, por exemplo.

8  
(8 pontos)

Solução:

a) a equação de decomposição química balanceada.  
(4 pontos)



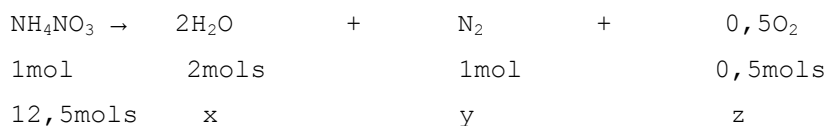
b) o volume, em  $\text{m}^3$ , de gás produzido a  $120^\circ\text{C}$  e  $1\text{atm}$  de pressão, na decomposição de  $1\text{kg}$  desse explosivo e compare o aumento percentual de volume do sólido para o gás, considerando como referência, o sólido. (4 pontos)

Massa molar no  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ :

$$\text{MM} = 14 + 4 \times 1 + 14 + 3 \times 16 = 80\text{g/gmol}$$

$$\text{Em } 1\text{kg} = 1000\text{g} \text{ tem-se } 1000/80 = 12,5\text{mols}$$

Da equação:



Obtém-se:

$$x = 25\text{mols}$$

$$y = 12,5\text{mols}$$

$$z = 6,25\text{mols}$$

Volume de gases a  $120^\circ\text{C}$  e  $1\text{atm}$ :

$$V = nRT/p$$

Com  $n = 25 + 12,5 + 6,25 = 43,75\text{mols}$  (nessa temperatura, a água está em estado de vapor)

$$R = 0,082\text{atm.L/mol.K}$$

$$T = (127 + 273)\text{K} = 400\text{K}$$

$$p = 1\text{tm}$$

Assim,

$$V = 1435\text{L} = 1,435\text{m}^3 \text{ de gás.}$$

O aumento de volume será:

Volume do sólido:

$$1\text{kg} \text{ de nitrato de amônio com densidade de } 1,72\text{g/cm}^3 = 1720\text{kg/m}^3.$$

$$V \text{ de nitrato de amônio} = 1/1720 = 0,00058\text{m}^3.$$

Aumento de volume:

$$(1,435 - 0,00058)/0,00058 = 2473 \text{ vezes}$$

Ou em porcentagem:  $247300\%$  de aumento de volume em relação ao sólido.

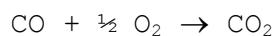
9  
(8 pontos)

a) (2 pontos)  
Utilizando como base de cálculo 100 mols de mistura gasosa, para ambas as misturas:

\*combustível A:

70 mols de CO e 30 mols de N<sub>2</sub>.

Apenas o CO apresenta reação de combustão, gerando energia térmica. Assim, para cada 100 mols de mistura:



1mol.....(-67,6 kcal)

70mols.....x

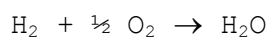
x = -4732 kcal

Assim, PCS = 4732kcal (para 100 mols da mistura combustível)

\*combustível B:

30 mols de H<sub>2</sub>; 20 mols de CO<sub>2</sub>; 40 mols de CO e 10 mols de N<sub>2</sub>.

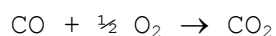
Apresentam reação de combustão: H<sub>2</sub> e CO.



1 mol.....-68,3kcal (água no estado líquido para o PCS)

30 mols.....y

y = -2049 kcal



1mol.....(-67,6 kcal)

40mols.....z

z = -2704kcal

logo, PCS = -[(-2049) + (-2704)] = 4753kcal

PCS = 4753kcal (para 100 mols da mistura combustível).

Portanto, apresenta maior PCS a mistura combustível B.

b) alguma das misturas apresenta o poder calorífico superior (PCS) igual ao poder calorífico inferior (PCI)? Justifique. Por definição, o poder calorífico inferior é obtido a partir do poder calorífico superior, descontando toda a energia necessária para vaporizar todo o conteúdo de água presente no combustível. Analisando-se a composição das duas misturas, verifica-se que a mistura A não apresenta a possibilidade de formação de água e nem apresenta umidade em sua composição. Assim, o PCS desta mistura será igual ao PCI. Para a mistura B, a presença de hidrogênio levará, durante a combustão, à produção de água e esta deverá ser vaporizada para obter-se o PCI, havendo portanto, uma diferença entre o PCS e o PCI. (2 pontos)

c) qual das misturas utilizará maior quantidade de ar teórico para uma combustão completa? (2 pontos)

Para a quantidade de ar teórica, usando como base de cálculo 100 mols da mistura gasosa:

\*para a mistura A:



9  
continuação

$\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$   
1 mol....0,5 mols  
70mols....x  
x = 35 mols de oxigênio para a combustão de 100 mols desta mistura.

\*para a mistura B:

$\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$   
1mol....0,5mols  
30 mols...y  
y = 15 mols de oxigênio para a combustão do hidrogênio.

$\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$   
1 mol....0,5 mols  
40mols....x  
x = 20 mols de oxigênio para a combustão do CO.

Logo, a quantidade de oxigênio total necessário para a combustão de 100 mols da mistura B será: 15 mols + 20 mols = 35 mols.

Verifica-se que ambas as misturas necessitam de uma mesma quantidade de oxigênio teórico para a combustão de 100 mols. Assim, a quantidade de ar teórico necessário será também a mesma.

d) qual a composição (em porcentagem volumétrica) dos fumos obtida na queima da mistura gasosa A com 10% molar de ar em excesso, sendo que as condições de saída desses fumos é 120 °C e 1 atmosfera? (2 pontos)

Considerando como base de cálculo 100 mols da mistura gasosa A:

$\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$   
1 mol.....1 mol  
70mols.....x  
x = 70 mols de  $\text{CO}_2$  para cada 100 mols de mistura combustível

Em relação ao ar empregado na combustão:

$\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$   
1 mol....0,5 mols  
70mols....x  
x = 35 mols de oxigênio para a combustão de 100 mols desta mistura.

Esses 35 mols de oxigênio serão totalmente consumidos na combustão. O nitrogênio do ar que acompanha esse oxigênio fará parte dos fumos dessa combustão.

Quantidade de nitrogênio que acompanha o oxigênio teórico:

$n(\text{N}_2) = (79/21) \times n(\text{O}_2) = 3,76 \times 35 = 131,6$  mols de nitrogênio vindos do ar atmosférico.

Utilizando-se excesso de ar, os fumos deverão conter, ainda, o oxigênio do excesso e o nitrogênio que acompanha o oxigênio do excesso.

Oxigênio do excesso:

<p style="text-align: center;">9 continuação</p>	<p>*sabendo-se que a combustão ocorre com 10% molar de excesso de ar:  <math>n(O_2 \text{ do excesso}) = 0,10 \times n(O_2 \text{ teórico}) = 0,10 \times 35 \text{ mols} = 3,5 \text{ mols}</math> de oxigênio em excesso.  Nitrogênio que acompanha o oxigênio do excesso:  <math>n(N_2 \text{ do excesso}) = 3,76 \times [0,10 \times n(O_2 \text{ teórico})] = 3,76 \times 0,10 \times 35 = 13,16 \text{ mols}</math> de nitrogênio.</p> <p>Nos fumos, estará presente ainda o nitrogênio que compõe a mistura gasosa, já que o nitrogênio não apresentará reação de combustão. Para a base de cálculo de 100 mols de mistura gasosa, serão encontrados 30 mols de nitrogênio na mistura combustível.</p> <p>Assim, nos fumos da combustão serão encontrados:</p> <p>CO<sub>2</sub>.....70 mols  O<sub>2</sub>.....3,5 mols  N<sub>2</sub>.....131,6 mols (do ar teórico)  N<sub>2</sub>.....13,16 mols (do ar em excesso)  N<sub>2</sub>.....30 mols (da mistura combustível)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">Total.....</td> <td>248,26 mols</td> </tr> </table> <p>Porcentagem de cada elemento presente nos fumos:</p> $\%(\text{elemento}) = \frac{\text{número - de - mols - de - cada - elemento}}{\sum (\text{número - de - mols - de - cada - elemento})} \times 100$ $\%CO_2 = \frac{70}{70 + 3,5 + 131,6 + 13,16 + 30} \times 100 = 28,2\%$ $\%O_2 = \frac{3,5}{70 + 3,5 + 131,6 + 13,16 + 30} \times 100 = 1,4\%$ $\%N_2 = \frac{131,6 + 13,16 + 30}{70 + 3,5 + 131,6 + 13,16 + 30} \times 100 = 70,4\%$ <p>Como a porcentagem molar e a porcentagem volumétrica são iguais:  %CO<sub>2</sub> = 28%  %O<sub>2</sub> = 1,4%  %N<sub>2</sub> = 70,4%</p>	Total.....	248,26 mols
Total.....	248,26 mols		
<p style="text-align: center;">10 (8 pontos)</p>	<p>Solução:</p> <p>a)selecione o fluido manométrico mais adequado ao novo uso, justificando a escolha. (4 pontos)</p> <p>Utilizando como volume de controle o trecho de tubulação entre os piezômetros 3 e 4:</p>		

10  
continuação

$$\frac{v_{b1}^2}{2} + gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \eta_p W_s = \frac{v_{b2}^2}{2} + gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + l_{wf}$$

$v_{b1} = v_{b2}$  (diâmetro constante)

$z_1 = z_2$  (tubo horizontal)

$\eta_p W_s = 0$  (sem bomba)

Fica-se com:

$$\frac{p_1}{\rho} = \frac{p_2}{\rho} + l_{wf}$$

Ou

$$\frac{(-\Delta p)}{\rho} = l_{wf} = \frac{2fLv_b^2}{D}$$

$$v_b = \sqrt{\frac{D(-\Delta p)}{2\rho fL}} = \sqrt{\frac{10 \times 10^{-3} (1000 \times 9,8 \times 80 \times 10^{-2})}{2 \times 1000 \times 0,0105 \times 1,83}} = 1,498 \text{ m/s}$$

Vazão correspondente:

$Q = Av_b$ , em que  $Q$  é a vazão volumétrica,  $v_b$  é a velocidade média e  $A$  é a área de escoamento.

Assim:

$$Q = \frac{\pi(10 \times 10^{-3})^2}{4} \times 1,498 = 1,177 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Da equação de calibração do medidor venturi:

$$Q = 7,9 \times 10^{-7} (-\Delta P_{12})^{0,53} \quad [Q \text{ em m}^3/\text{s}, \quad (-\Delta P_{12}) \text{ em Pa}]$$

Com  $Q = 1,177 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Obtêm-se

$$(-\Delta p_{12}) = 12598 \text{ Pa}$$

Como

$$(-\Delta p_{12}) = (\rho_m - \rho_{H_2O})g\Delta h$$

Com o valor de variação de pressão obtém-se para os

diferentes fluidos manométricos possíveis:

FLUIDO	DENSIDADE (kg/m <sup>3</sup> )	$\Delta h$ (m)
Benzeno	879	-0,6
Tetracloroeto de carbono	1260	4,94
Brometo de etileno	2180	1,09
Tetrabrometo de carbono	3420	0,53

Verifica-se que o tetrabrometo de carbono é o fluido mais viável por fornecer uma altura mais adequada à leitura.

b) determine os valores de  $x$  e  $y$  ( $x$  corresponde à altura de água no tubo em U e  $y$  corresponde à altura do novo fluido manométrico no tubo em U, para a condição de vazão zero de água na tubulação).  
(4 pontos)

Considerando-se que 0,53m será a máxima altura possível:

$$x=y$$

$$2x=0,53\text{m}$$

$$\text{Logo, } x=0,265\text{m}=26,5\text{cm}=y$$