

# Oitava aula de laboratório de ME5330

11 de outubro de 2011

# Experiência



Obter as curvas de  $H_B = f(Q)$  e  $\eta_{\text{global}} = f(Q)$  para a bomba da máquina de lavar roupa instalada na bancada móvel.

Esta bancada foi projetada pelo Renan e pelo Tobias

Que no caso é uma eletrobomba síncrona de circulação







Dados:

$$D_{\text{entrada}} = \frac{3}{4} \rightarrow \text{PVC}$$

$$D_{\text{saída}} = \frac{1}{2} \rightarrow \text{PVC}$$

$$\rho_m = 2960 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_m = \rho_{\text{bromofórmio}}$$



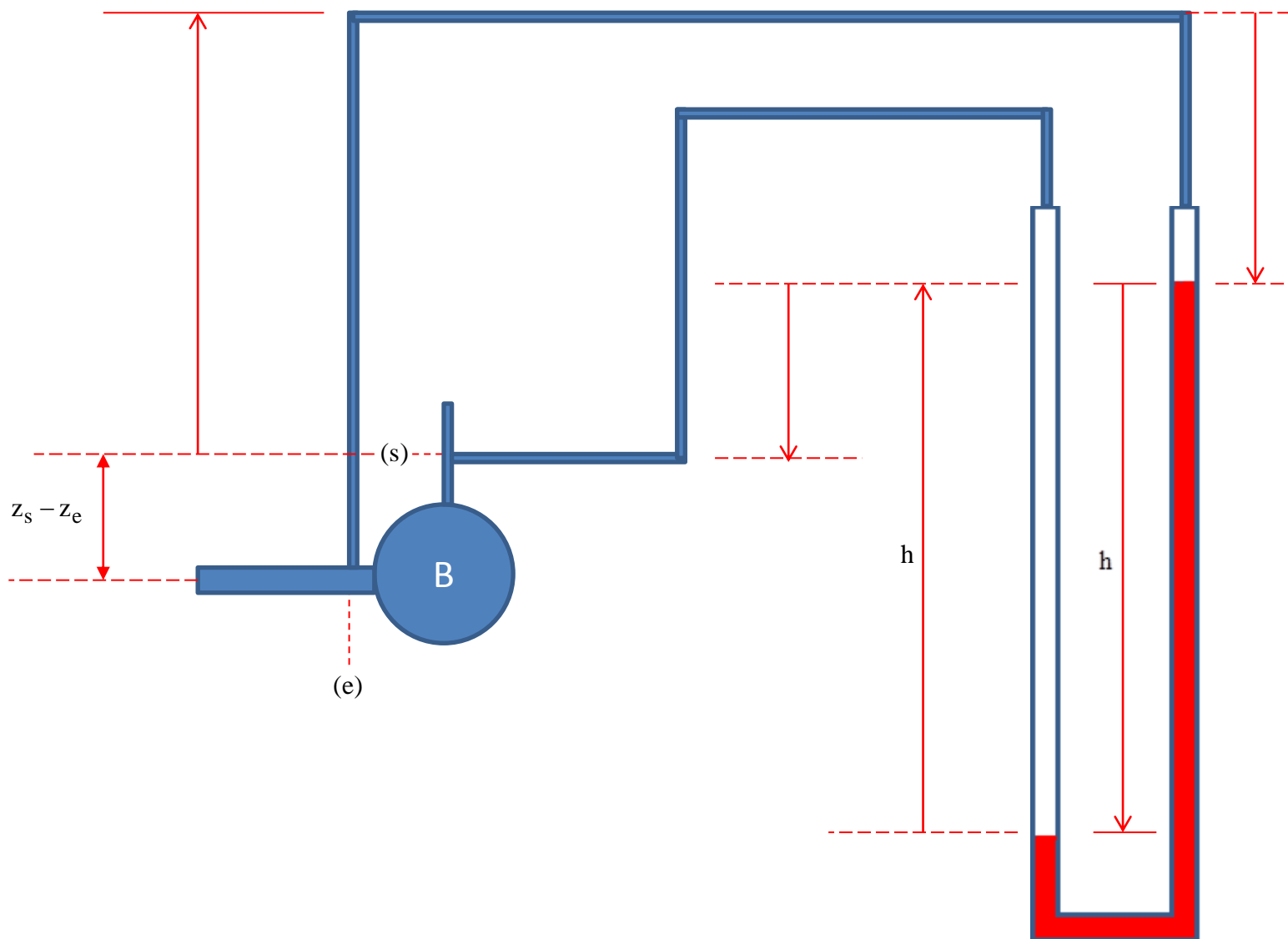
Fluido transportado é a água com corante alimentício



Importante: para acharmos a carga manométrica devemos aplicar a equação da energia entre a entrada e saída da bomba, portanto também será importante saber aplicar a equação manométrica entre estas seções!




Portanto escreva a equação manométrica para o esquema abaixo:



A seguir apresento uma síntese  
para a realização da experiência,  
a qual segue a recomendação do  
**INMETRO**



	<p align="center"><b>PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM</b></p> <p align="center"><b>BOMBAS CENTRÍFUGAS</b></p> <p align="center"><b>REGULAMENTO ESPECÍFICO PARA USO DA ENCE</b></p>	<p align="center">ETIQUETAGEM <b>RESP/017-BOM</b></p>	<p align="center">PÁGINA 14/28</p>
		<p align="center">EDIÇÃO 05/06/2006</p>	<p align="center">ORIGEM: <b>GT-BOM/PBE</b></p>
		<p align="center">REVISÃO: 0</p>	<p align="center">DATA ÚLTIMA REVISÃO: xx/xx/xxxx</p>

## **ANEXO VI ao Regulamento Específico para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) - LINHA DE BOMBAS CENTRÍFUGAS: PROCEDIMENTOS DE ENSAIO**

### **1. INTRODUÇÃO**

Esta norma apresenta a sequência de cálculo para a obtenção das curvas características de um grupo moto-bomba e da bomba centrífuga na rotação constante e igual a nominal. A norma tem a finalidade de verificar as condições reais de funcionamento do conjunto moto-bomba e da bomba com o propósito de etiquetagem do equipamento.

Esta norma é baseada na norma Brasileira para este tipo de ensaio MB-1032/nov.1989, Bombas Hidráulicas de Fluxo (Classe C) – Ensaio de Desempenho e de Cavitação.



## 2. OBJETIVOS

Levantamento dos gráficos vazão (Q) versus altura total de elevação (H); vazão (Q) versus rendimento do conjunto moto-bomba ( $\eta_{\text{global}}$ ).

### **3. ROTEIRO PARA OBTENÇÃO DAS GRANDEZAS**

As grandezas medidas deverão estar no sistema internacional de unidades.

#### **3.1. Vazão: $Q$**

$Q[\text{m}^3/\text{s}]$  – vazão medida no rotâmetro.

#### **3.2. Altura Total de Elevação: $H$**

Na figura 1, estão representadas as posições de entrada e saída da bomba.

Nessa bancada utilizamos um manômetro diferencial em forma de U para determinação da diferença de pressões entre a entrada e saída da bomba, onde o fluido manométrico empregado é o bromofórmio (densidade igual a  $2960 \text{ kg/m}^3$ ).

$$H = \left( \frac{p_2}{\rho \cdot g} - \frac{p_1}{\rho \cdot g} \right) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + z_2 - z_1$$

H[m] - altura total de elevação;

$P_2/\rho \cdot g$  [m]- pressão na saída da bomba;

$P_1/\rho \cdot g$  [m]- pressão na entrada da bomba;

$v_2$ [m/s] - velocidade média de escoamento na saída da bomba;

$v_1$ [m/s] - velocidade média de escoamento na entrada da bomba;

$$v_1 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_1^2}; \quad v_2 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_2^2}$$

$D_1$ [m] - diâmetro interno na posição 1;

$D_2$ [m] - diâmetro interno na posição 2.

# Importante:

durante os ensaios, a velocidade média de escoamento na entrada da bomba (1), não deverá ultrapassar a  $2\text{[m/s]}$ , com a finalidade de garantir o não aparecimento de cavitação.



### 3.3. Potência Útil da bomba: N

$$N = \rho \times g \times Q \times H \times 10^{-3}$$

N[kW] - potência útil;

$\rho$ [kg/m<sup>3</sup>] - massa específica da água;

g[m/s<sup>2</sup>] - aceleração da gravidade;

Q[m<sup>3</sup>/s] - vazão;

H[m] - altura total de elevação.

O valor da massa específica poderá ser calculado pela seguinte equação:

$$\rho = 1000,14 + 0,0094 \times t - 0,0053 \times t^2$$

$\rho$ [kg/m<sup>3</sup>] - massa específica da água;

t[°C] - temperatura da água aquisitada durante o ensaio.

O valor da aceleração da gravidade deverá ser considerado

g = 9,8[m/s<sup>2</sup>].

### 3.4. Rendimento global

$$\eta_{\text{global}} = \frac{N}{N_m}$$

$\eta_{\text{global}}$  [1] - rendimento do conjunto moto-bomba;  
 $N$  [kW] - potência útil  
 $N_m$  [kW] - potência elétrica consumida  
(aquisitada no Wattímetro)

### 3.5 Correção dos Valores para a Rotação Constante (se houver necessidade)

$$Q_1 = Q \times \left( \frac{n_1}{n} \right)$$

$$H_1 = H \times \left( \frac{n_1}{n} \right)^2$$

$$N_{m_1} = N_m \times \left( \frac{n_1}{n} \right)^3$$

$$N_1 = N \times \left( \frac{n_1}{n} \right)^3$$

Observação: os valores com índice 1 são os corrigidos para a rotação constante  $n_1$ .

“A sabedoria não se transmite, é preciso que a gente mesmo a descubra depois de uma caminhada que ninguém pode fazer em nosso lugar, e que ninguém nos pode evitar, porque a sabedoria é uma maneira de ver as coisas.” – Marcel Proust em seu livro *À sombra das raparigas em flor*. (Cortella, Mario Sergio – *Não Nascemos Prontos!* – p.119)

Nessa experiência a tabela de dados é dada abaixo!

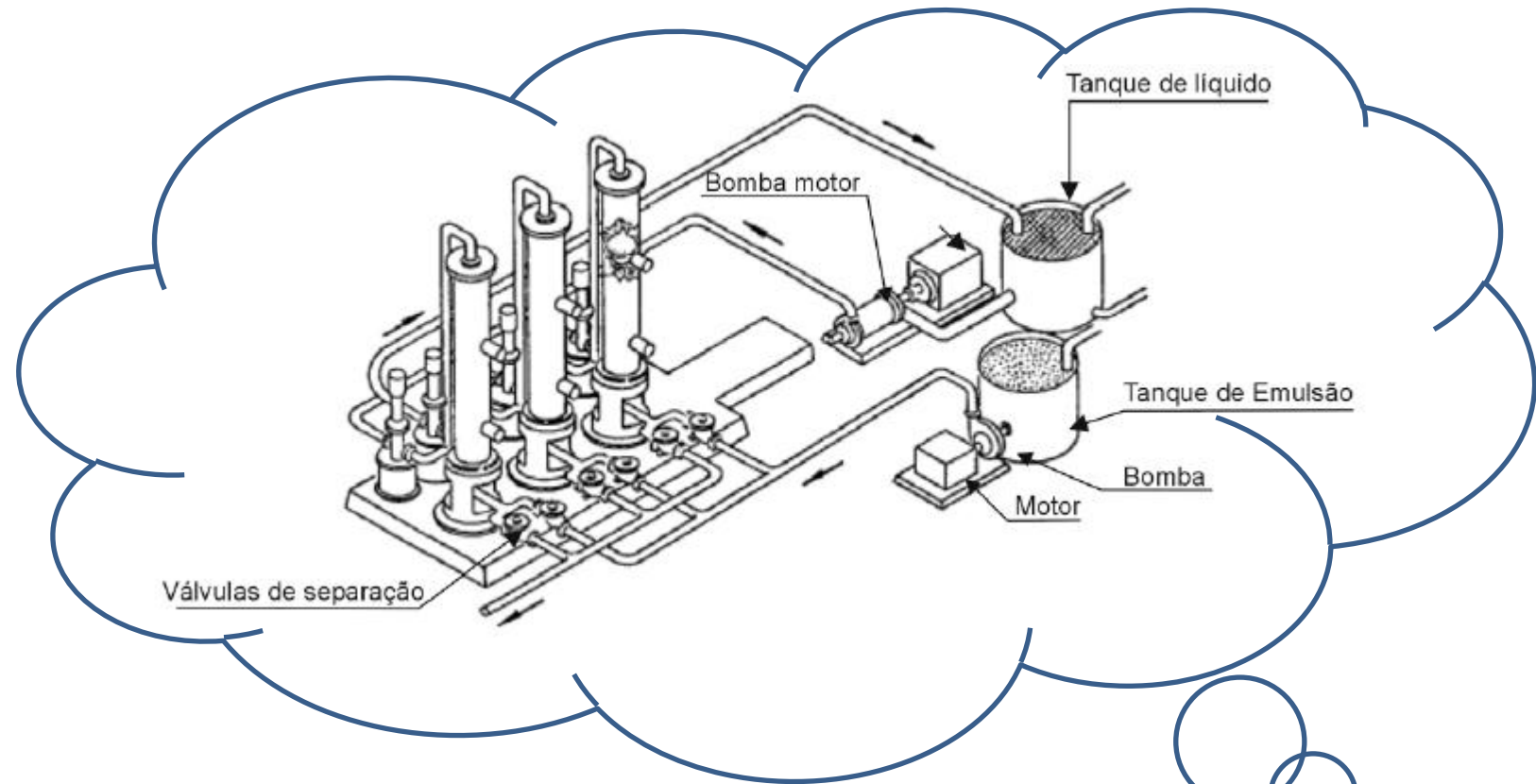


$Z_s - Z_e$ (m)	Q (l/h)	h (m)	I (A)	U (V)	$\cos\phi$	Nm (W)
-----------------	---------	-------	-------	-------	------------	--------

Essas serão as leituras que devem ser obtidas para cada posição da válvula agulha.





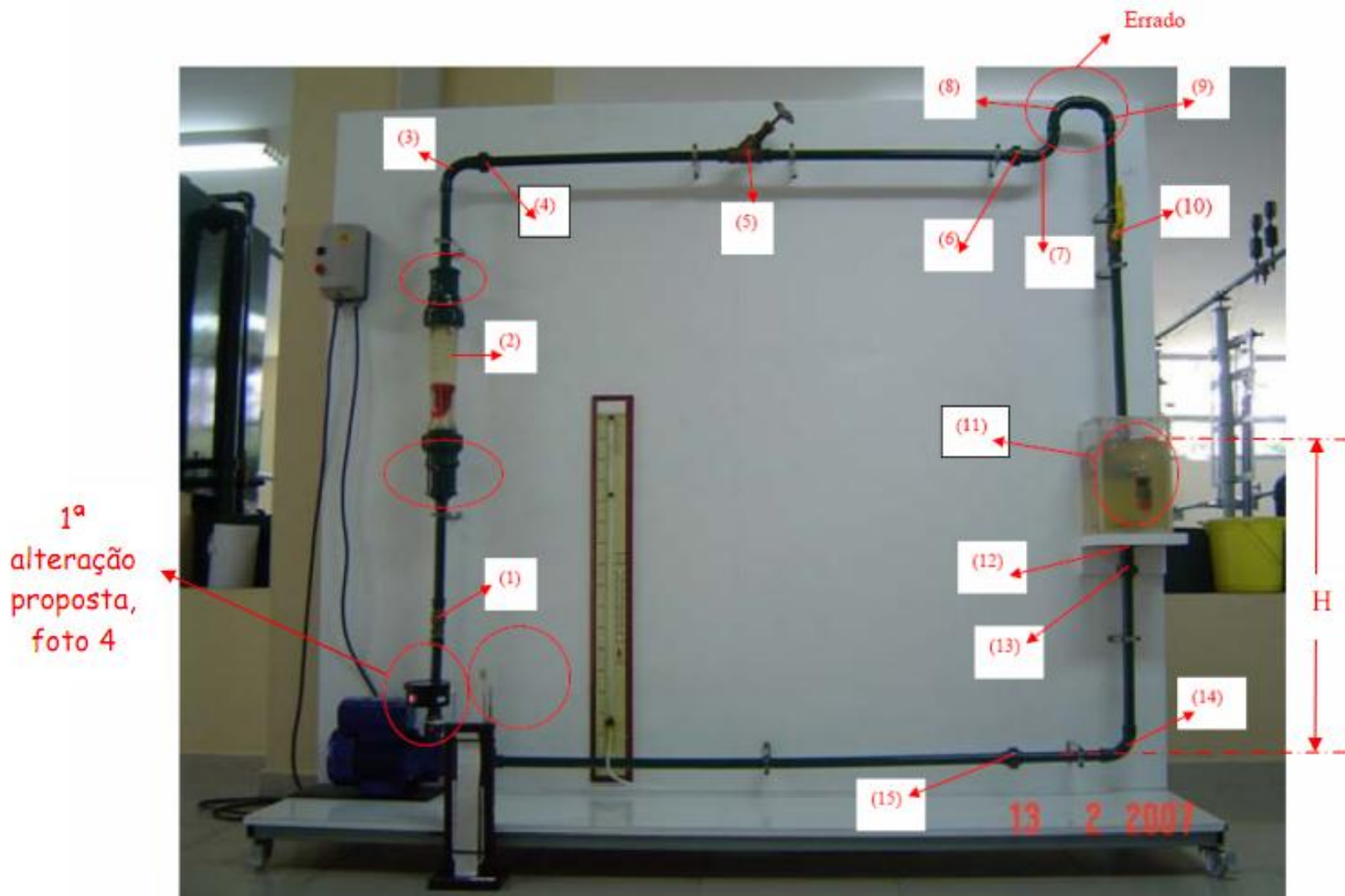


PENSANDO EM UM NOVO EXERCÍCIO ...



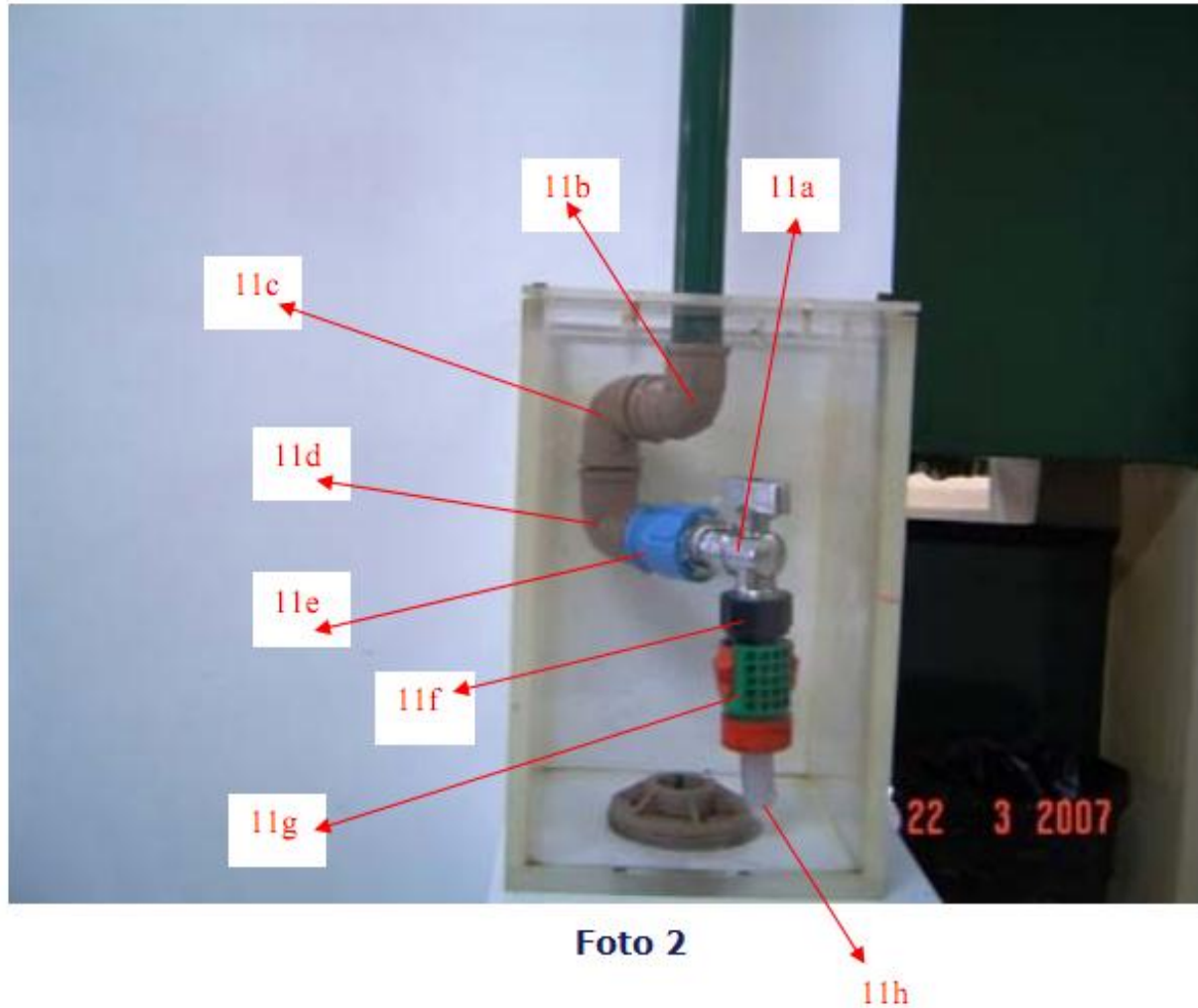
Analise a bancada móvel representada a seguir e responda as questões elaboradas sobre a mesma.

$L_{\text{antes da bomba}} = 2,08 \text{ m}$  e  $L_{\text{Total}} = 5,48 \text{ m}$



Bancada móvel (Foto 1)

# Detalhes da singularidade (11) mostrado na foto 2:

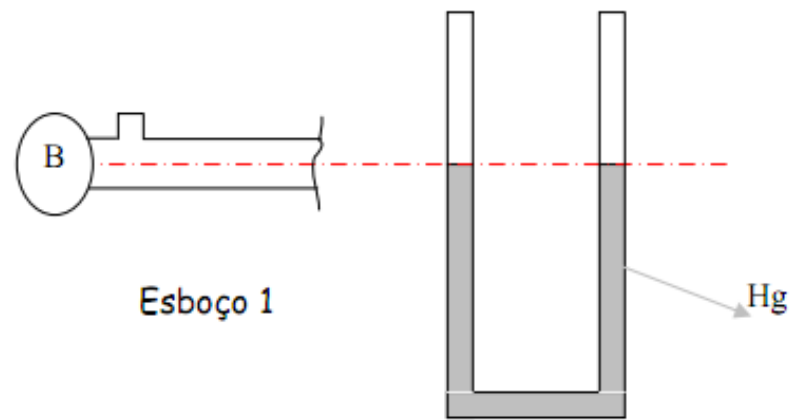


# Legenda referente a bancada móvel

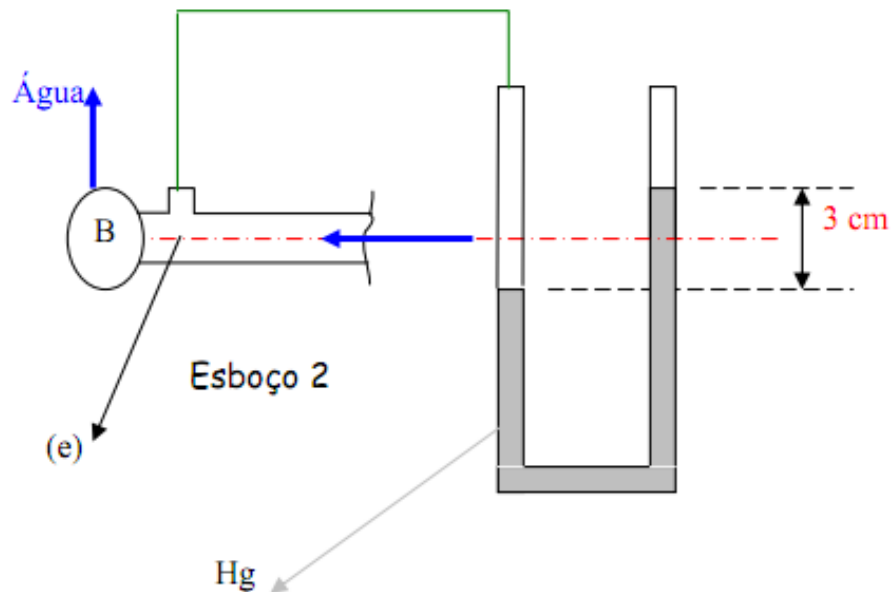
Legenda das singularidades			
1	Válvula de retenção leve	11d	Joelho de 90°
2	Rotâmetro	11e	Adaptador de redução de $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$
3, 7, 8,9, 14	Curva de 90°	11f	Redutor de $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$
4, 13, 15	União	11g	Engate rápido de saída de $\frac{1}{2}$
5	Válvula globo de ângulo	11h	Saída de "tubulação"
6	União	12	Flange de caixa d'água
10	Válvula esfera	Tubulação de $\frac{3}{4}$ " de PVC.	
11a	Torneira esfera de $\frac{1}{2}$ "		
11b	Joelho de 90°		
11c	Joelho de 90°		

**Importante** para a vazão nula e antes de instalar o manômetro na seção de entrada da bomba o nível do mercúrio coincide com o eixo da tubulação (esboço 1). Ao ligar o manômetro na seção de entrada a coluna de mercúrio desce no ramo direito  $h/2$  e sobe no ramo esquerdo  $h/2$ , mesmo para a vazão nula.





Para a pressão de saída igual a  $2,2 \text{ kg/cm}^2$  o desnível do fluido manométrico utilizado no manômetro em forma de U (esboço 2) é  $3 \text{ cm}$ . Considerando a água a  $25^\circ\text{C}$  ( $\mu = 0,000888 \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{s}}$ ;  $\rho = 996,94 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;  $p_{\text{vapor}} = 3166,4 \text{ Pa}$ ) e o mercúrio com densidade igual a  $13534 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$



Sabendo que a instalação da bancada móvel foi montada com um único diâmetro e que é de PVC de  $\frac{3}{4}$ " ( $D_{\text{int}} = 22,6 \text{ mm}$ ), que a diferença de cota entre a seção de entrada e saída da bomba é 29 cm e considerando a situação descrita anteriormente, pede-se determinar a carga manométrica da bomba. (valor 1,5)

Sabendo-se que a bomba utilizada na situação anterior é da KSB e é a HYDROBLOC P1000, que apresenta as seguintes características:

Q (m <sup>3</sup> /h)	0	0,4	0,7	1,0	1,3	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5
HB (m)	70	65	60	55	50	45	40	36	32	30

Determine a vazão do escoamento. (valor 1,5)

Se a bomba HYDROBLOC P1000 for substituída pela HYDROBLOC P500, que a apresenta as características:

Q(m <sup>3</sup> /h)	HB (m)
0	42
0,2	40
0,4	36
0,6	32
0,8	30
1,1	26
1,3	22
1,4	20
1,5	18
1,6	15
1,8	12
2	10
2,2	8
2,3	6
2,4	4

Especifique o ponto de trabalho parcial esperado  
(valor 3,0)

Para a vazão obtida para a bomba HYDROBLOC P500, pede-se calcular o NPSH disponível, sabendo-se que a cota do nível do reservatório em relação ao eixo do conduto (H), onde se tem a seção de entrada da bomba é 72 cm. (valor 1,0)

Dados: a rugosidade equivalente (K) do PVC é igual a 0,06 mm;

Comprimentos equivalentes das singularidades			
1	2,7 m	11d	1,2 m
2	7,2 m	11e	0,30 m
3, 7, 8, 9, 14	0,5 m	11f	0,30 m
4, 13, 15	0,1 m	11g	0,015 m
5	6,1 m	11h	0,8 m
6	0,1 m	12	0,015 m
10	0,8 m	Tubulação de $\frac{3}{4}$ " de PVC.	
11a	0,8 m		
11b	1,2 m		
11c	1,2 m		