

**1ª Questão:** As curvas características de uma bomba, geralmente, são obtidas nos bancos de ensaio de laboratórios, tendo a água como líquido de operação. Estas curvas sofrem alterações significativas quando a bomba é colocada para bombear um fluido mais viscoso.

Para determinar as características da bomba nesta nova situação, quando o gráfico de correção não fornece o coeficiente de correção da vazão (gráfico dado na página 2), deve-se recorrer aos resultados obtidos através das experiências de Stepanoff<sup>1</sup>:

$$\frac{Q}{Q_v} = \left( \frac{H_B}{H_{Bv}} \right)^{3/2}, \text{ onde:}$$

$Q$  = vazão da bomba operando com água;

$Q_v$  = vazão da bomba operando com fluido viscoso;

$H_B$  = carga manométrica da bomba operando com água;

$H_{Bv}$  = carga manométrica da bomba operando com fluido viscoso.

Para a situação proposta, onde o fluido viscoso tem uma densidade igual a  $880 \text{ kg/m}^3$ , os coeficientes de correção são mostrados no gráfico da página 2.

Sabe-se que o fluido viscoso será bombeado em uma instalação hidráulica que foi projetada para a água, onde o ponto de trabalho coincide com o ponto de rendimento máximo da bomba, onde se tem os valores nominais:  $H_B = 30 \text{ m}$ ;  $Q = 120 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $N_B = 19,05 \text{ CV}$  e  $\eta_B = 75\%$ .

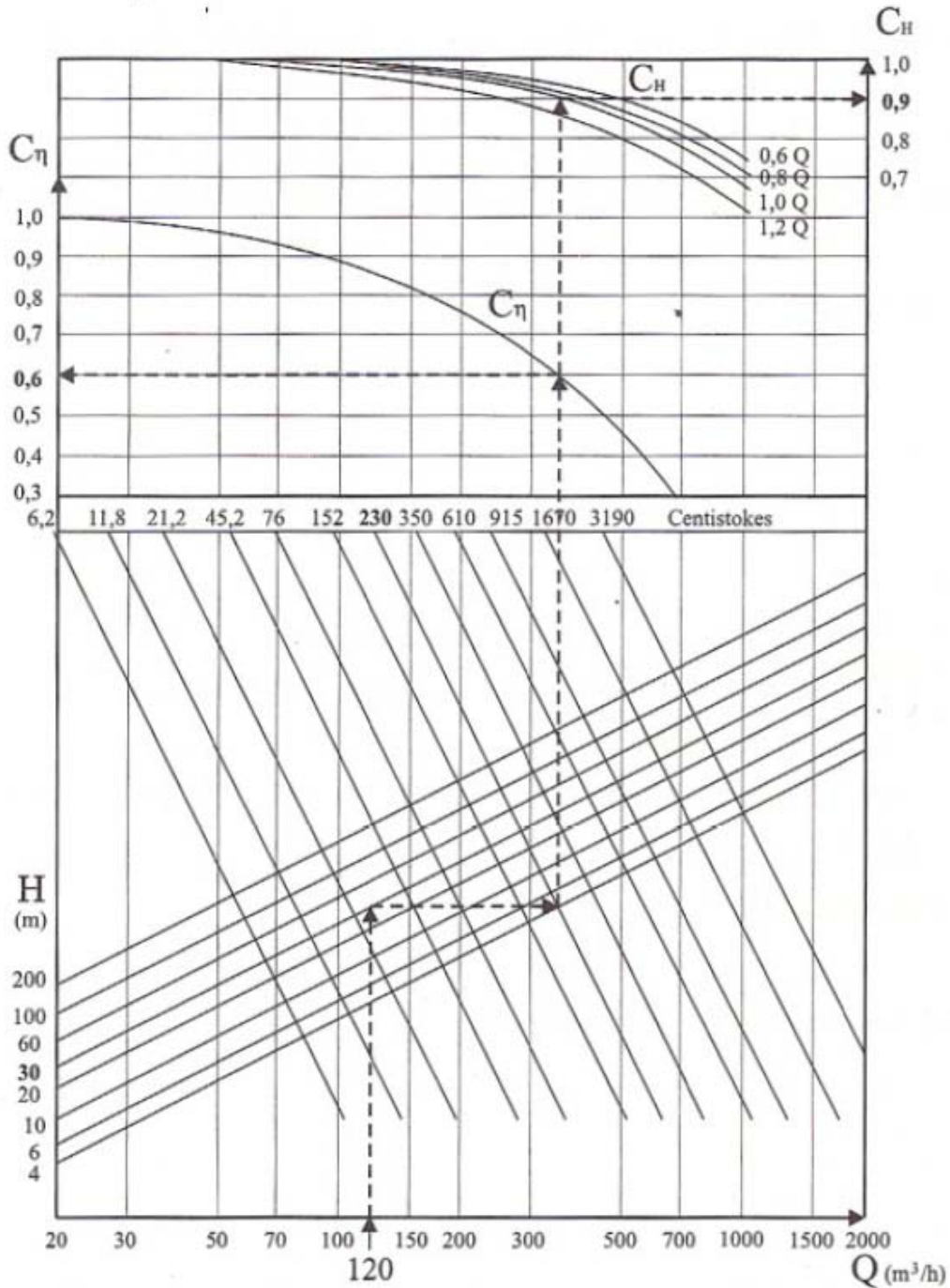
Sabe-se ainda que a tubulação de sucção é de aço 40 ( $k = 4,8 \times 10^{-5} \text{ m}$ ) com diâmetro nominal igual a 6" ( $D_{\text{int}} = 154,0 \text{ mm}$  e  $A = 186,4 \text{ cm}^2$ ), com comprimento ( $L$ ) igual a 6,4 m, com a somatória dos comprimentos equivalentes ( $\Sigma l_{\text{eq}}$ ) igual a 71,7 m, que a velocidade média para o fluido viscoso na tubulação antes da bomba deve ser no máximo 2,0 m/s e para após a bomba no máximo 4,0 m/s, pede-se para o escoamento viscoso:

- a) a perda de carga na tubulação antes da bomba;
- b) verificar se para o escoamento viscoso a tubulação antes da bomba está bem dimensionada e qual seria o diâmetro recomendado para a tubulação após a bomba;

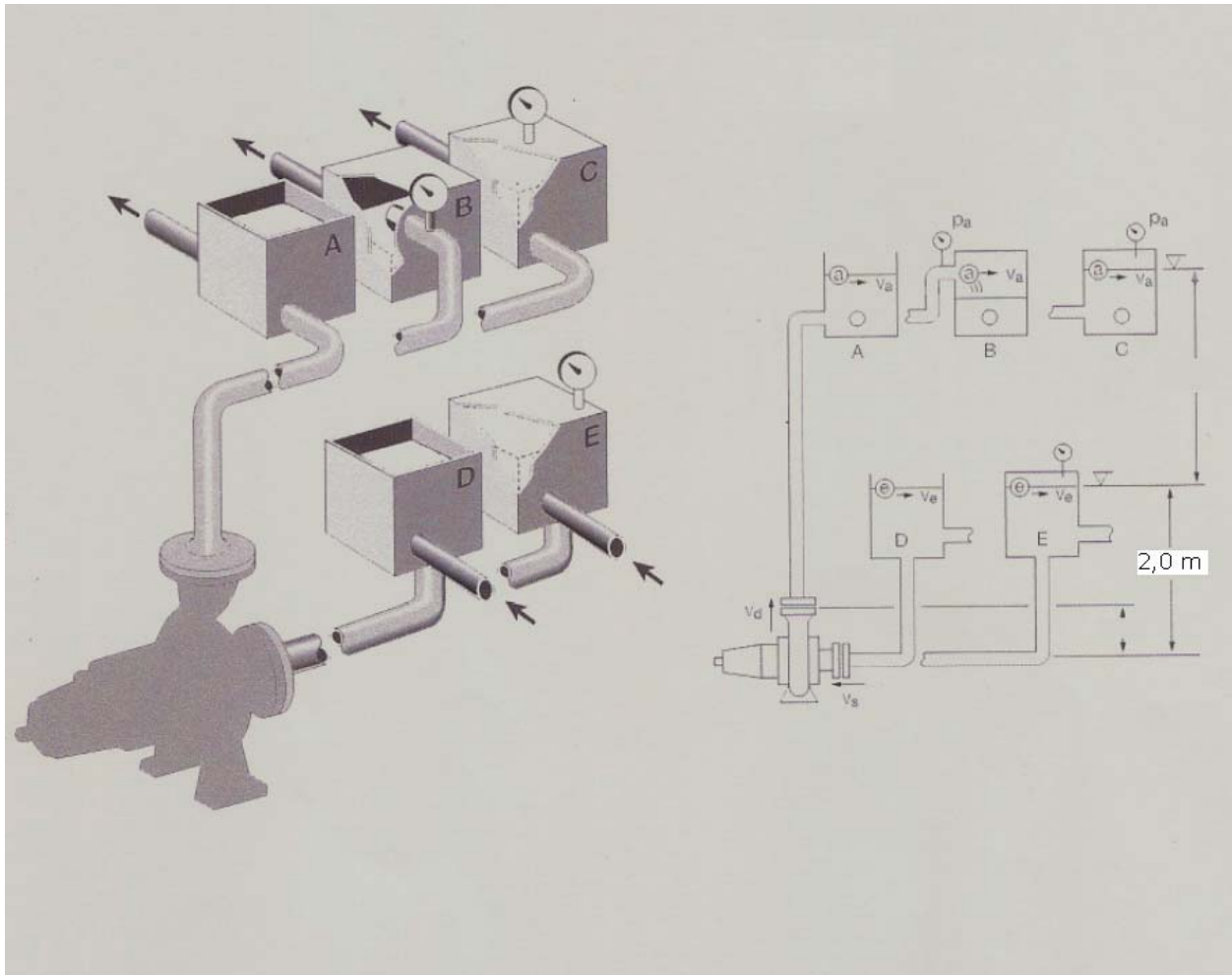
---

<sup>1</sup> STEPANOFF, A. J., Centrifugal and axial pumps

- c) o  $NPSH_{disponível}$ , sabendo que o reservatório de captação é o "E" do esquema representado na página 3, onde a pressão manométrica é  $p_m = -0,85 \frac{kgf}{cm^2}$  e  $p_{atm_{local}} = 0,9bar$



Fatores de correção da altura,  $C_H$ , e do rendimento,  $C_\eta$ , para fluidos de viscosidade diferentes (Fonte: Hydraulic Institute).



**Importante:** A pressão de vapor do fluido viscoso a 34°C é 4,6 kPa (abs). Se houver necessidade na determinação do coeficiente de perda de carga distribuída pode-se utilizar a fórmula de Swamee e Jain.

**2ª Questão:** Considerando a bancada 8 tradicional (àquela que alimenta o reservatório 8) do laboratório de mecânica dos fluidos (sala IS01 do Centro Universitário da FEI) operando com a frequência de 35 Hz e com a máxima vazão, especifique a economia de energia que se propiciou em relação ao funcionamento da mesma com a vazão máxima de 35 Hz, porém operando com a frequência de 60 Hz.

**Importante:** na resolução da segunda questão você deve escrever todos os procedimentos adotados para a sua solução.

**3ª Questão:** Bombas podem ser combinadas, tanto em série como em paralelo. Considerando que a curva característica da bomba (CCB) é representada pela equação  $H_B = H_0 + B \times Q - A \times Q^2$ , se houver uma associação em paralelo de duas bombas idênticas, pode-se considerar que  $H_{B_{ap}} = H_0 + B \times \frac{Q}{2} - A \times \left(\frac{Q}{2}\right)^2$ .

Considerando a informação anterior e sabendo-se que a CCB de uma associação em paralelo de **duas bombas idênticas** é dada pela equação:  $H_{B_{ap}} = 86,5 + 0,0678 \times Q - 0,0136 \times Q^2$  e que o sistema exige a associação de mais uma bomba, o que resultará numa associação em paralelo de **três bombas idênticas**, onde a curva característica da instalação (CCI) é representada pela equação  $H_S = 19,2 + 173773,8 \times Q^2$ , pede-se especificar a potência da bomba no ponto de trabalho em kW.

**Dados:** Para a equação da **CCB** a vazão é dada em **m<sup>3</sup>/h** enquanto que a carga manométrica da bomba é dada em **m**, para a equação da **CCI** a vazão é dada em **m<sup>3</sup>/s** enquanto que a carga manométrica do sistema é dada em **m**, o **rendimento** da bomba em função da vazão é dado pela equação:  $\eta_B = 104,9 + 3,91 \times Q - 0,0811 \times Q^2$ , onde a vazão é dada em **m<sup>3</sup>/h** e o rendimento da bomba em **%**. Fluido bombeado é a água com massa específica igual a 978 kg/m<sup>3</sup>.