

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 Stepanoff¹:

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

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 900 kg/m^3 , os coeficientes de correção são mostrados no gráfico da página 2.

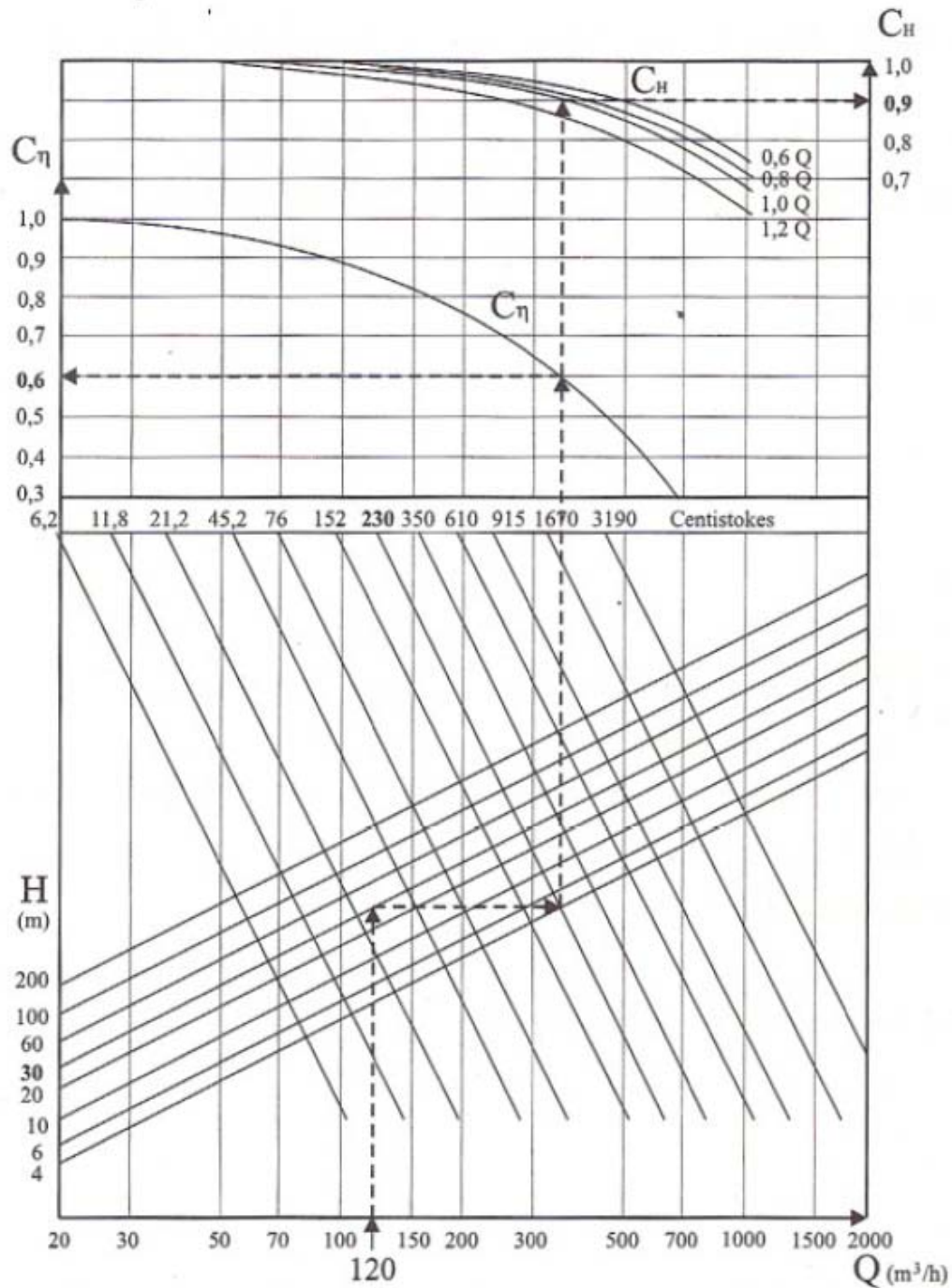
Sabe-se que o fluido viscoso será bombeado em uma instalação hidráulica que foi projetada para a água, onde o ponto de trabalho coincide com o ponto de rendimento máximo da bomba, onde se tem os valores nominais: $H_B = 30 \text{ m}$; $Q = 120 \text{ m}^3/\text{h}$; $N_B = 17,1 \text{ CV}$ e $\eta_B = 78\%$.

Sabe-se ainda que a tubulação de sucção é de aço 40 ($k = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$) 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 7,2 m, com a somatória dos comprimentos equivalentes (Σl_{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:

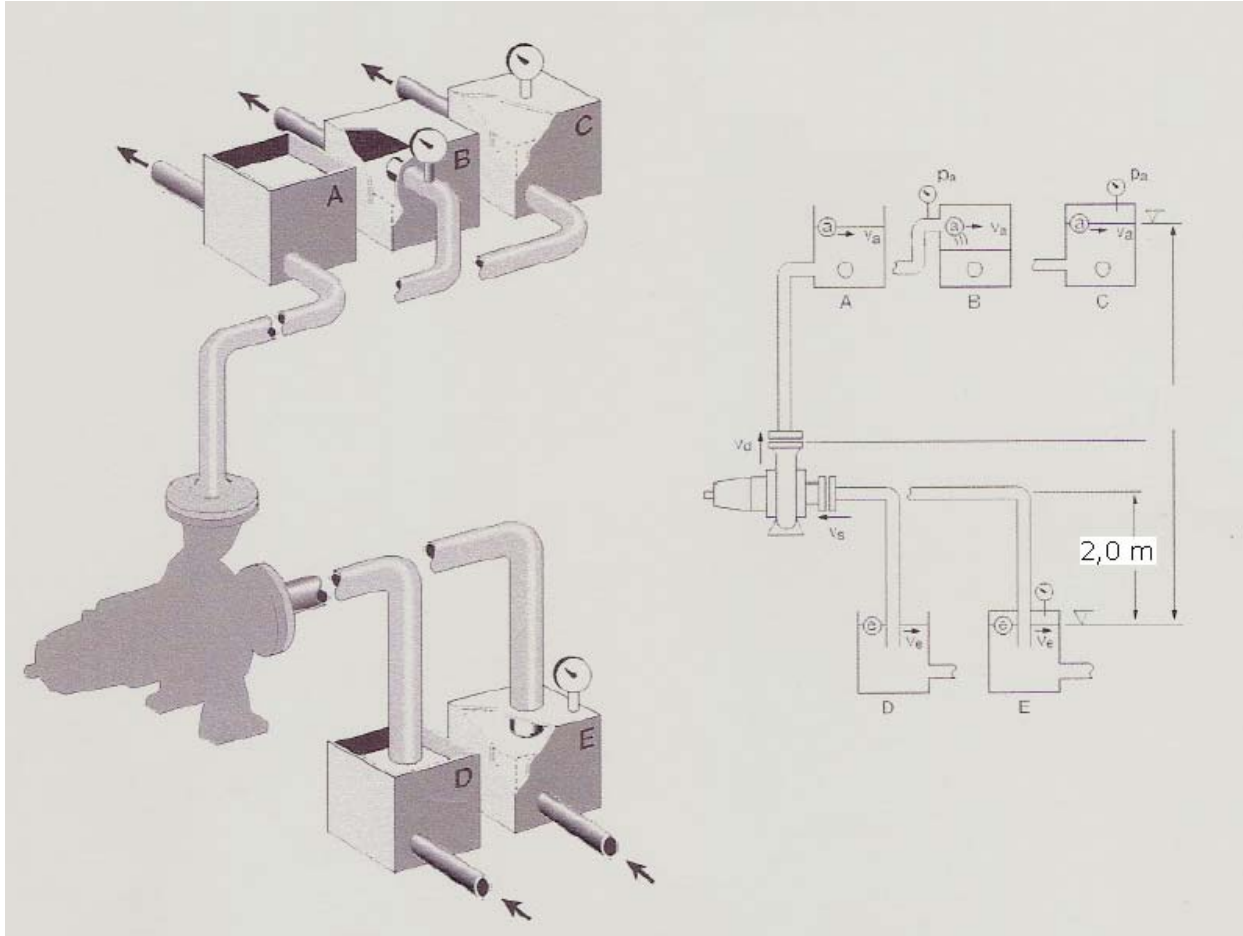
- a) a perda de carga na tubulação antes da bomba;
- b) verificar se para o escoamento viscoso a tubulação antes da bomba está bem dimensionada e qual seria o diâmetro recomendado para a tubulação após a bomba;

¹ 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 $p_m = 1,2 \frac{kgf}{cm^2}$ e $p_{atm_{local}} = 0,93bar$.



Fatores de correção da altura, C_H , e do rendimento, C_η , 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 Haaland.

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 45 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 45 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: $H_{B_{ap}} = 236,5 + 0,0678 \times Q - 0,0136 \times Q^2$ 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 $H_S = 21,2 + 184584,4 \times Q^2$, pede-se especificar a potência da bomba no ponto de trabalho em kW.

Dados: Para a equação da **CCB** a vazão é dada em **m³/h** enquanto que a carga manométrica da bomba é dada em **m**, para a equação da **CCI** a vazão é dada em **m³/s** enquanto que a carga manométrica do sistema é dada em **m**, o **rendimento** da bomba em função da vazão é dado pela equação: $\eta_B = 95,7 + 0,391 \times Q - 0,00811 \times Q^2$, onde a vazão é dada em **m³/h** e o rendimento da bomba em **%**. Fluido bombeado é a água com massa específica igual a 998 kg/m³.