

Objetivos:

1º - Se preparar para a prova de mecânica dos fluidos que será na terça-feira (27/03/2007), para facilitar isto será realizado um seminário e após o mesmo na segunda parte da aula será realizado duas avaliações, que será individual e valerá 1,5 pontos.

2º - Tema do seminário: "Projeto de uma instalação hidráulica básica".

Preparação do seminário em aula: recorre-se ao *GVGO* (Grupo de verbalização e Grupo de observação), para a sua realização têm-se os seguintes momentos:

1º - Montar uma pergunta referente ao tema do seminário e em seguida escrever a sua resposta. Tempo estabelecido: 10 minutos.

2º - Os grupos da 2ª aula se reúnem, analisam as perguntas e respostas e após isto elaboram número de cópias das mesmas iguais ao número de grupos da sala (no nosso caso são seis grupos). Tempo estabelecido: 20 minutos.

3º - O Grupo I envia suas perguntas e respostas para o grupo II, o grupo II para o grupo III, e assim por diante. O grupo que recebeu as perguntas e respostas deve analisá-las e escrever suas propostas para melhorá-las. Feitas as análises deve grampear as suas perguntas e respostas e aí passar para o grupo seguinte. Decorrido 10 minutos o grupo passa as suas folhas para o grupo seguinte, o que significa, no nosso caso, que após 60 minutos o grupo recebe sua folha original com as observações de todos os demais grupos. A partir daí terá 10 minutos para rever suas perguntas e respostas com todas as observações feitas.

- 4º - Sortear três pessoas para formar o *GV* (*Grupo de Verbalização*), o qual ficará no centro da sala, todos os demais, que constituem o *GO* (*Grupo de observação*) ficarão ao seu redor. O *GV* deverá durante 10 minutos manterem um diálogo sobre o tema estabelecido para o seminário.
- 5º - Após os quinze minutos, o *GO* fará perguntas para o *GV*. Deseja-se que cada componente do *GO* faça a sua pergunta. Entre a pergunta e respostas devem-se gastar no máximo 2 minutos, isto implica para o nosso caso que serão necessários 40 minutos.
- 6º - O moderador, no caso o professor, terá 10 minutos para fazer suas ponderações, tanto em relação a exposição do *GV*, como em relação as perguntas do *GO*.
- 7º - Durante os próximos 40 minutos será realizada a avaliação¹ relacionada ao tema do seminário.

¹ No nosso caso, foram dois exercícios, um deve ser resolvido pelos alunos com último número da matrícula (sem o dígito) par e o outro pelos ímpares. O exercícios encontram-se no final dessa folha.

Esclarecimentos feitos pelo moderador, no caso o professor

1) Diferença entre supercavitação e cavitação?

Tanto a supercavitação como a cavitação em instalações hidráulicas indicam a ocorrência da mudança, total ou parcial, da fase líquida para a vapor, porém indicam locais diferentes, a supercavitação é na seção de entrada da bomba e a cavitação seria em seu interior (rotor).

2) O que pode influenciar na escolha de uma bomba?

A primeira escolha é através da aplicação da instalação e depois a escolha da bomba é feita basicamente através da vazão de projeto ($Q_{\text{projeto}} = (\text{fator de segurança}) \times Q_{\text{desejada}}$)² e da carga monométrica de projeto ($H_{B_{\text{projeto}}}$ → é obtido através da CCI com a vazão de projeto)³. Existem várias possibilidades de escolha, como exemplo pode-se recorrer ao gráfico 1, onde marca-se a vazão de projeto e carga manométrica de projeto e aí pode-se optar pelo tipo de bomba⁴, posteriormente estudaremos outras possibilidades, como a utilização de um parâmetro denominado de rotação específica.

² O fator de segurança não pode ser menor que 1,1 e se possível não superior a 1,2.

³ CCI = Curva Característica da Instalação que para a instalação de bombeamento básica é obtida aplicando-se a equação da energia da seção inicial a final e considerando todas as perdas ($H_{\text{inicial}} + H_{\text{sistema}} = H_{\text{final}} + H_{\text{perdas}}$)

⁴ No nosso curso estudaremos as escolhas relacionadas as bombas centrífugas.

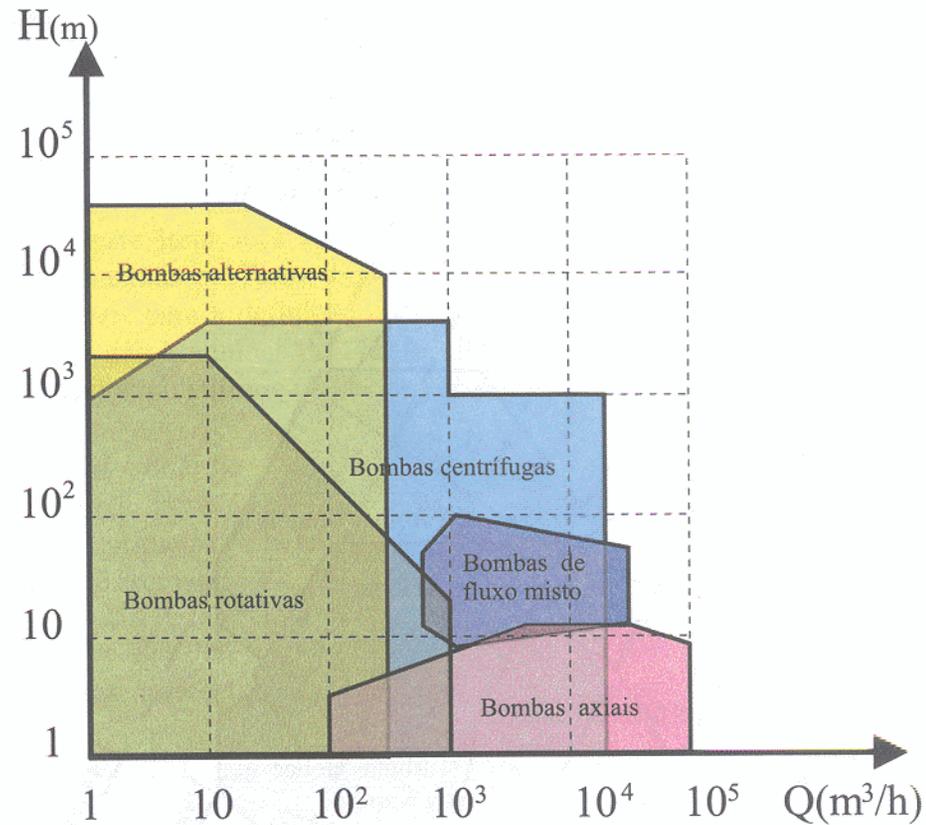


Gráfico 1

Escolhido o tipo da bomba e dependendo do fabricante fabricante, pode-se recorrer ao diagrama de tijolos, onde se escolhe o modelo preliminar da bomba (Gráfico 2) novamente através da vazão de projeto e da carga manométrica de projeto.

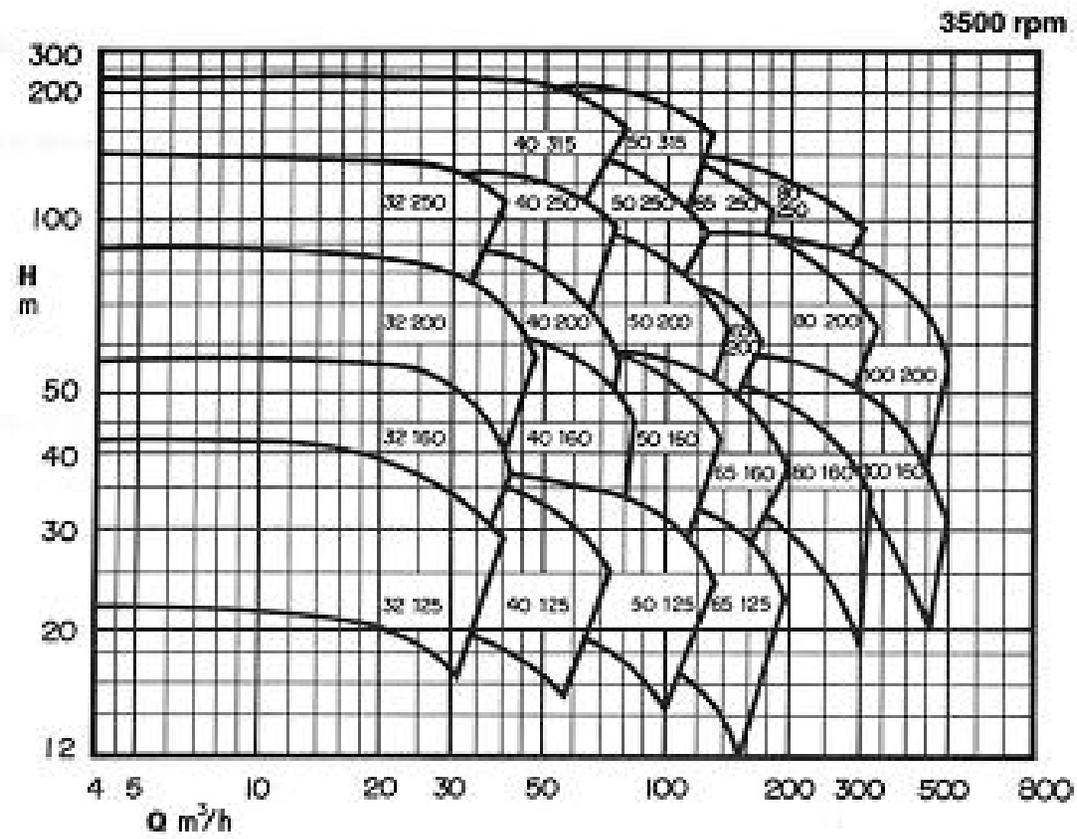


Gráfico 2

Mais informações consulte o sítio: http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aula2_e_3_unidade7.htm

Escolhido o modelo da bomba, com suas curvas características (CCB), pode-se especificar o diâmetro do rotor através do ponto de trabalho (Gráfico 3).

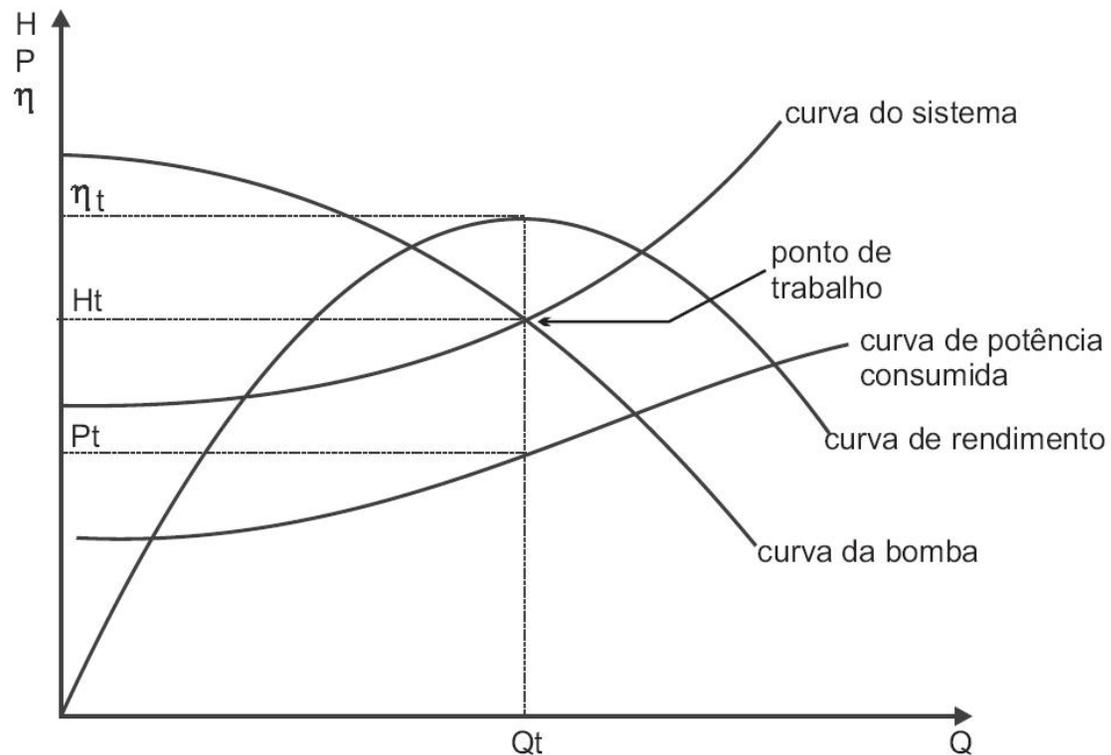


Gráfico 3

Mais informações consulte o sítio: http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aula2_e_3_unidade7.htm

3) Como se aumenta a pressão na entrada da bomba?

Considerando que a pressão de entrada da bomba é obtida aplicando-se a equação da energia da seção inicial até a entrada da bomba, tem-se que:

$$H_{\text{inicial}} = H_{\text{entrada bomba}} + H_{\text{perdas bomba}}$$

$$Z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} = Z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \frac{v_e^2}{2g} + f_{aB} \times \frac{(L_{aB} + \sum L_{eq_{aB}})}{D_{H_{aB}}} \times \frac{v_e^2}{2g}$$

$$p_e = \gamma \times \left[(Z_i - Z_e) + \left(\frac{p_i}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_i^2}{2g} - \frac{v_e^2}{2g} \right) - f_{aB} \times \frac{(L_{aB} + \sum L_{eq_{aB}})}{D_{H_{aB}}} \times \frac{v_e^2}{2g} \right]$$

Analisando a equação anterior, pode-se mencionar algumas das condições para se aumentar a pressão de entrada da bomba:

- ✓ diminuindo a cota de entrada da bomba, ou até mesmo tornando-a negativa (bomba afogada);
- ✓ diminuindo a velocidade na sua entrada, este é o motivo para que geralmente se tenha um diâmetro imediatamente superior ao diâmetro da tubulação de recalque (tubulação após a bomba)
- ✓ comprimento da tubulação antes da bomba o menor possível;
- ✓ a somatória dos comprimentos equivalentes antes da bomba o menor possível, daí se utilizar na tubulação antes da bomba as singularidades estritamente necessárias;
- ✓ aumentar a cota do nível de captação;
- ✓ aumentar a pressão no nível de captação.

4) Como se acha o ponto que representa a vazão de queda livre no gráfico?

Traça-se a CCI (Curva Característica da Instalação), onde existe o escoamento em queda livre se a carga estática

for negativa ($H_{estática} = (Z_{final} - Z_{inicial}) + \left(\frac{P_{final} - P_{inicial}}{\gamma} \right)$). O ponto que representa a vazão em queda livre é

representado pelo cruzamento da CCI com o eixo das vazões, isto porque neste ponto se tem a carga manométrica nula ($H_B = 0$) que é a outra condição para se ter a vazão de queda livre (Gráfico 4)

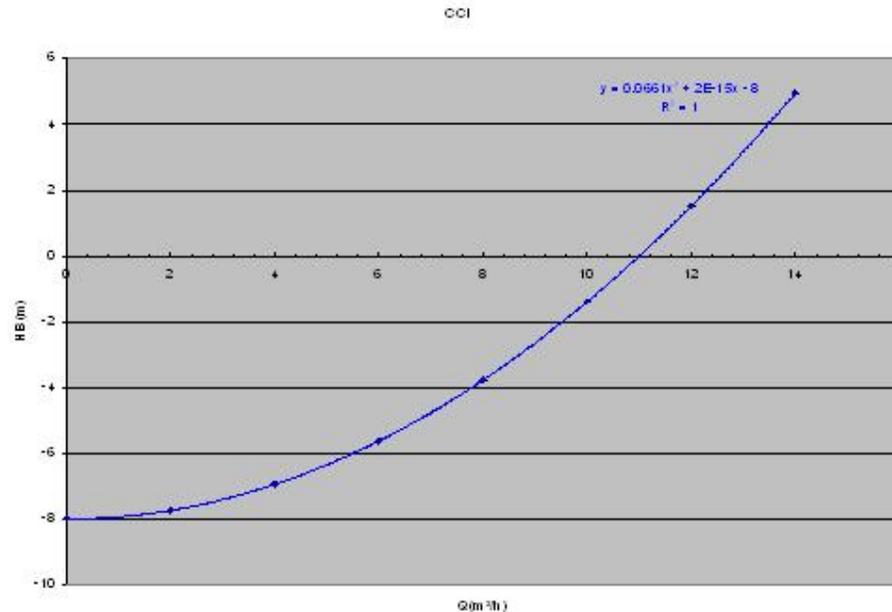


Gráfico 4

5) Como se pode evitar a cavitação?

Para se tentar evitar o fenômeno de cavitação alguns cuidados preliminares devem ser adotados, os principais são:

- ✓ diminuindo a cota de entrada da bomba, ou até mesmo tornando-a negativa (bomba afogada);
- ✓ diminuindo a velocidade na sua entrada, este é o motivo para que geralmente se tenha um diâmetro imediatamente superior ao diâmetro da tubulação de recalque (tubulação após a bomba)
- ✓ comprimento da tubulação antes da bomba o menor possível;
- ✓ a somatória dos comprimento equivalentes antes da bomba o menor possível, daí se utilizar na tubulação antes da bomba as singularidades estritamente necessárias.

6) Por que a vazão em uma instalação com maior perda de carga (trecho maior ao se considerar as mesmas singularidades) é menor do que a vazão em uma instalação com menor perda de carga?

Para esta resposta considera-se a equação genérica da CCI para uma instalação com um único diâmetro representada a seguir:

$$H_{\text{sistema}} = H_{\text{estática}} + f \times B_{\text{instalação}} \times Q^2$$

$$H_{\text{estática}} = (Z_{\text{final}} - Z_{\text{inicial}}) + \left(\frac{p_{\text{final}} - p_{\text{inicial}}}{\gamma} \right) \rightarrow B_{\text{inst}} = \frac{(L + \sum L_{\text{eq}})}{D_H} \times \frac{1}{2g \times A^2}$$

Maior perda representa B_{inst} e $f \times B_{\text{inst}}$ maiores e isto leva a CCI ser representada mais a esquerda, supondo que esteja-se trabalhando com a mesma bomba, pode-se observar facilmente que a vazão do ponto de trabalho é menor⁵ (Gráfico 6).

⁵ Em uma mesma instalação isto é originado com o fechamento parcial da válvula controladora de vazão, já que este fechamento representa um aumento de perda de carga.

7) No sentido do escoamento como a pressão varia?

De uma maneira geral, pode-se afirmar que a pressão decresce no sentido do escoamento, sendo a exceção a entrada e saída de uma bomba hidráulica.

8) O que é recirculação? Quando ela ocorre?

Quando uma bomba centrífuga opera com baixa vazão inicia-se um fenômeno conhecido como recirculação no olho do rotor, geralmente a recirculação inicia-se com vazão entre 60 e 80% da vazão ideal e torna-se mais severa entre 20 e 40%.

Em constante baixa vazão a recirculação pode torna-se muito danosa causando ruídos e fortes vibrações em baixa frequência, tanto na bomba como nas tubulações.

Além dos problemas mecânicos com a recirculação, o fluxo passa por um complexo movimento de vórtice na entrada (olho) e estas altas e localizadas velocidades causam choques parecidos com os da cavitação. Estes problemas também são acompanhados de elevados esforços radiais com deflexão do eixo, provocando vazamento no selo, redução da vida dos rolamentos além de constantes quebras do eixo.

9) Como evitar o fenômeno de recirculação?

Aumentando a vazão

10) Existe diferença entre ar na tubulação e a cavitação?

Sim. Cavitação é a vaporização total ou parcial do fluido transportado, o seu surgimento não interrompe o escoamento, ou seja, continua existindo a vazão, mas o rendimento cai bastante, surgem vibrações e se diminui o tempo vida da bomba. Ar na tubulação: a bomba não funciona, porém não existe mais a vazão até que se faça a escorva da bomba, ou seja, a eliminação do ar na tubulação.

11) Como comprovar que a pressão na entrada da bomba é menor que zero?

Sempre que a bomba estiver acima do reservatório a pressão na entrada da bomba será negativa.

$$p_e = \gamma \times \left[(Z_i - Z_e) + \left(\frac{p_i}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_i^2}{2g} - \frac{v_e^2}{2g} \right) - f_{aB} \times \frac{(L_{aB} + \sum L_{eq_{aB}})}{D_{H_{aB}}} \times \frac{v_e^2}{2g} \right]$$

Considerando o PHR no nível de captação e estando este aberto á atmosfera, pode-se escrever que:

$$p_e = -\gamma \times \left[Z_e + \frac{v_e^2}{2g} + f_{aB} \times \frac{(L_{aB} + \sum L_{eq_{aB}})}{D_{H_{aB}}} \times \frac{v_e^2}{2g} \right]$$

Quando a bomba estiver afogada ela pode ser nula, positiva ou negativa, isto porque:

$$p_e = \gamma \times \left[Z_i - \left(Z_e + \frac{v_e^2}{2g} + f_{aB} \times \frac{(L_{aB} + \sum L_{eq_{aB}})}{D_{H_{aB}}} \times \frac{v_e^2}{2g} \right) \right]$$