



Curso de *Bombas Hidráulicas*

Sérgio Jaborandy

- NOCÕES GERAIS SOBRE HIDRÁULICA

INTRODUÇÃO:

Antes de falarmos especificamente em bombas, se faz necessário darmos esclarecimentos de alguns termos usados diariamente por quem com elas trabalha.

VAZÃO DE UMA BOMBA:

É a quantidade de água que ela retira e impele (recalca) em um tempo determinado.

Comumente encontramos vazões em:

- lt/h = litro por hora
- m³/h = metro cúbico por hora
- G.P.M. = galão por minuto

NOTA: - 1 galão = 3,785 litros

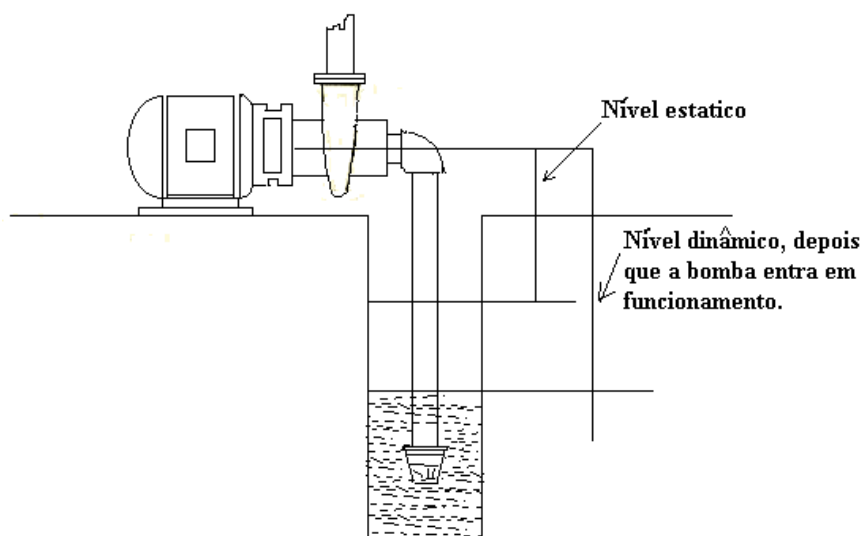
NÍVEL ESTÁTICO DE UM POÇO:

É a altura entre a bomba e a água a ser bombeada. Essa definição é válida com a bomba sem funcionamento, porque sabemos que, quando a bomba começa a funcionar, o nível do poço baixa até manter equilíbrio. Isto é, a água que entra no poço é igual à retirada pela bomba.

NÍVEL DINÂMICO DE UM POÇO:

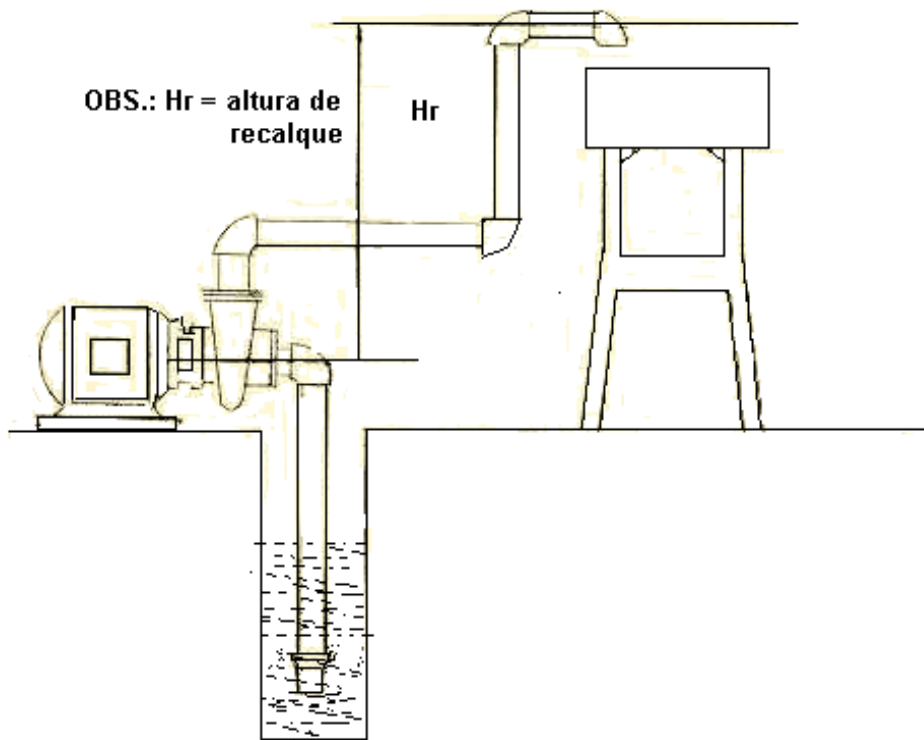
Depois que a bomba começa a funcionar, o nível do poço baixa até chegar a um ponto de equilíbrio. Isto é, a vazão do poço é igual à da bomba.

Então a altura da bomba até esse ponto de equilíbrio é o que chamamos de nível dinâmico.



ALTURA DE RECALQUE

É o desnível existente entre a bomba e o local a ser colocado o líquido bombeado.



PROPRIEDADES DOS FLUIDOS – CONCEITOS.

Força.

Muitas pessoas confundem peso e pressão. Veremos agora que peso e pressão são duas coisas bem diferentes.

Para que possamos levantar uma caixa, ou mesmo empurrar um carro emperrado, temos que realizar um determinado esforço.

A este esforço muscular aplicado nós denominamos “FORÇA”



Essa força poderá ser maior ou menor, dependendo do “tamanho” do esforço que teremos que fazer como, por exemplo, para empurrar um carro ou uma motocicleta. Dessa forma,

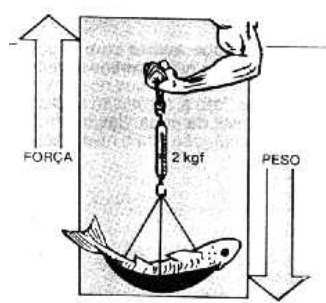
entendemos que as forças, dependendo de cada caso, variam de intensidade, isto é, podem ser pequenas ou grandes.

Como medir uma força:

Assim como expressamos as medidas de comprimento em metros, a de tempo em horas ou a de volume em metros cúbicos, dizemos que as forças podem ser medidas em **quilograma-força ou kgf**.

Os pesos dos objetos também são forças com que a terra os atrai para si. Sua unidade de medida, portanto, é também o quilograma-força.

Popularmente é muito comum dizermos “quilo” para as coisas que queremos pesar.



Pressão:

Definido o que é uma força, passemos a conceituar o que vem a ser pressão.

Você já imaginou se lhe pedissem para que se deitasse sobre uma cama cheia de pregos ?

Evidentemente você, caso tentasse, não suportaria a dor em seu corpo e pularia rapidamente para fora.

No entanto, ao deitar-se em seu colchão, isto não ocorre.

Podemos explicar este fato, dizendo que: “O efeito que uma força produz depende sempre da superfície de contato sobre a qual ela é aplicada”.

A este efeito, nós denominamos de pressão.

Neste caso, o que ocorre, é que seu peso se distribui entre as pequenas superfícies dos pregos, resultando em uma grande pressão sobre seu corpo.

Na cama, a superfície de contato com seu corpo é grande. Como consequência, a pressão torna-se pequena.



A pressão em hidráulica:

A água contida em um tubo contém peso, o qual exerce uma determinada pressão nas paredes desse tubo.

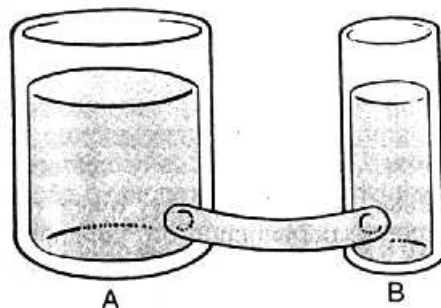
Qual é essa pressão?

Olhando para o desenho abaixo, nos perguntamos: Em qual dos tubos, A ou B, é exercida a maior pressão sobre o fundo dos mesmos?



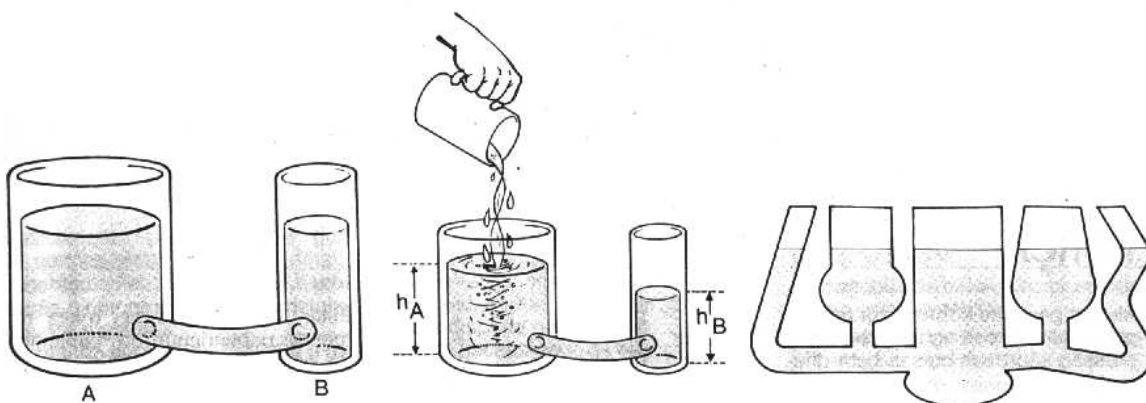
A primeira idéia que nos vem à cabeça, é a de responder que no tubo "A" a água exerce a maior pressão sobre o fundo.

No entanto, se ligarmos os dois tubos, por um outro menor, observaremos que os níveis permanecem exatamente os mesmos. Isto significa que: Se as pressões dos tubos fossem diferentes, a água contida no tubo A empurraria a água do tubo B transbordando-o. As pressões, portanto, são iguais em ambos os tubos!



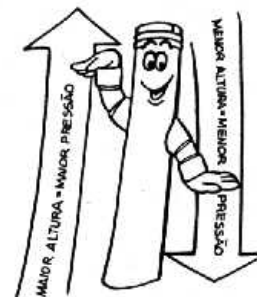
Absurdo! Não! É isto mesmo o que ocorre na prática.

Esta experiência é chamada de princípio dos **vasos comunicantes**. Agora se adicionarmos água no tubo A, inicialmente ocorre um pequeno aumento da altura há. O nível do tubo A, então vai baixando aos poucos. Com a adição de água, houve um aumento de pressão no fundo do mesmo, a qual tenderá a se igualar com a pressão exercida pela água do tubo B.



Por estas experiências concluímos:

1. A pressão que a água exerce sobre uma superfície qualquer (no nosso caso, o fundo e as paredes dos tubos), só depende da altura do nível da água até essa superfície. É o mesmo que dizer: a pressão não depende do volume de água contido no tubo.
 2. Níveis iguais, originam pressões iguais. A pressão não depende da forma do recipiente.
- Aqui na vicunha, o que ocorre com a pressão exercida pela água nos diversos pontos das canalizações, é o mesmo que nos dos exemplos anteriores. Isto é: a pressão só depende da altura do nível da água, desde um ponto qualquer da tubulação, até o nível d'água do reservatório elevado.



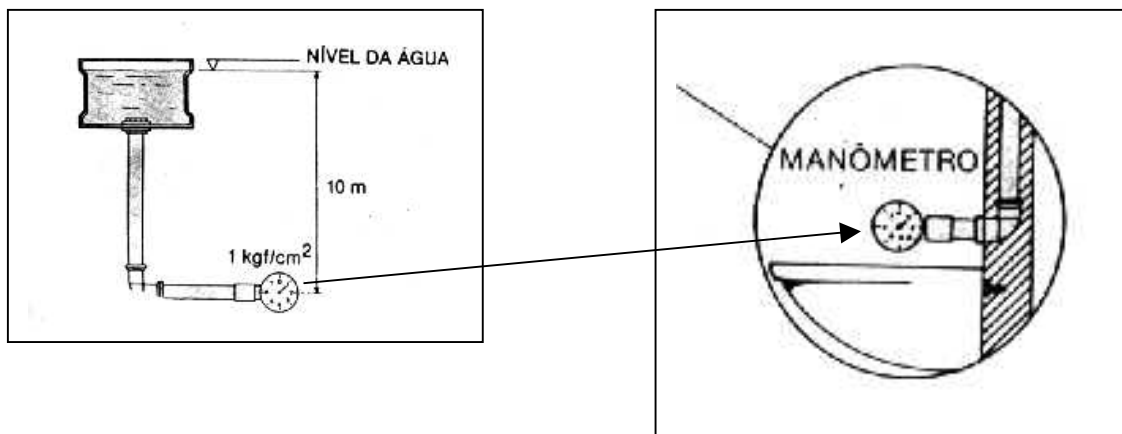
Se a altura for grande, a pressão é grande. Se diminuirmos a altura, a pressão diminui.

Como podemos medir a pressão

As forças são expressas em kgf (quilograma-força). As pressões são medidas em kgf/cm^2 (quilograma-força por centímetro quadrado). Há outras formas, no entanto, de expressarmos as medidas de pressão: uma delas, também bastante usual, é o m.c.a. (metro de coluna d'água).

Atualmente no Brasil, por decreto, a unidade de pressão deve ser de acordo com o sistema Internacional de medidas (SI). Neste sistema, a unidade de pressão é o pascal, cujo símbolo é o Pa.

Equivalência: 1 kgf/cm^2 é a pressão exercida por uma coluna de água de 10 metros de altura. Podemos então afirmar que: $1 \text{ kgf/cm}^2 = 10 \text{ m.c.a} = 98.100 \text{ Pa}$



Perda de carga:

Até agora falamos e, inclusive demonstramos, que a pressão só varia se variarmos a altura da coluna de água.

Como se explica, então, o fato de que podemos aumentar a pressão em um chuveiro, por exemplo, simplesmente aumentando o diâmetro da tubulação que abastece esse chuveiro?

Vejamos:

Vamos imaginar que a água que escoar em um tubo seja composta de minúsculas bolinhas.

Verificações práticas mostram que o escoamento dos líquidos nas tubulações pode ser turbulento. Isto é, com o aumento da velocidade, o líquido passa a se comportar de forma agitada, causando grandes choques entre as suas partículas.

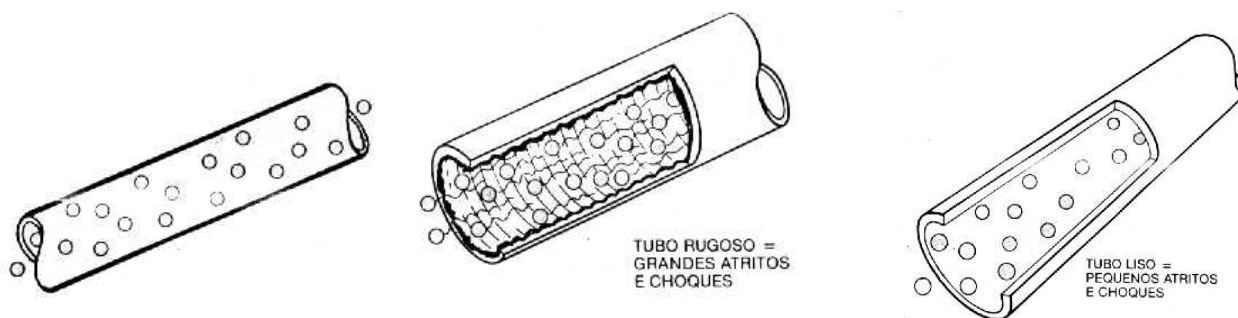
Além desses choques, verifica-se que ocorrem também atritos entre cada uma dessas partículas e suas vizinhas, durante o escoamento.

Esses atritos, assim como os choques, causam uma resistência ao movimento, fazendo com que o líquido perca parte da sua energia – É o mesmo que dizer: “O líquido perde pressão”.

Isto ocorre em grande parte, devido à rugosidade das paredes da tubulação, ou seja:

“Quanto mais rugoso for o material do tubo, maior será o atrito interno, assim como maiores serão os choques das partículas entre si. Conseqüentemente, a perda de energia do líquido será maior”.

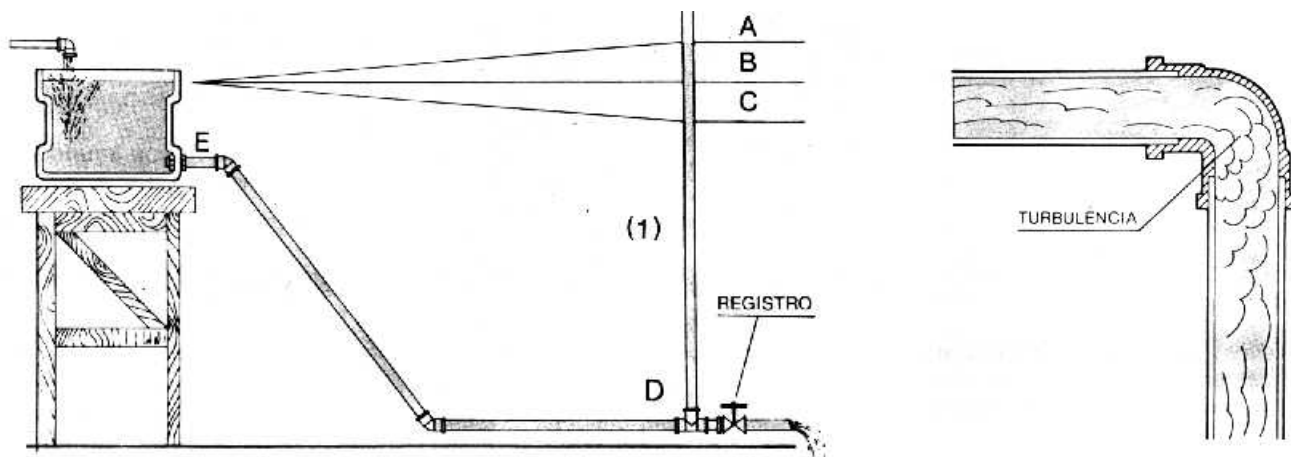
Esta perda de energia e que se traduz em forma de perda de pressão é o que nós denominamos de PERDA DE CARGA.



Perda de carga localizada

Nos casos em que a água sofre mudanças de direção, como por exemplo em joelhos, reduções, tês, ou seja, em que ela passa por conexões e registros, ocorre ali uma perda de carga chamada localizada. Isto é fácil de entender, se pensarmos que nesses pontos há uma grande turbulência concentrada, a qual aumenta os choques entre as partículas da água.

É por isto que, quanto maior for o número de conexões de um trecho de tubulação, maior será a perda de pressão ou perda de carga nesse trecho, diminuindo a pressão ao longo da rede.



1. Supondo-se que o registro esteja fechado, em qual nível que estará a água no tubo (1)?

A ()

B ()

C ()

Resposta: Pelo princípio dos vasos comunicantes, o nível da água do tubo (1) estando o registro fechado, estará no mesmo nível da água do reservatório, ou seja, na letra B.

2. Abrindo-se o registro, o nível da água irá para:

A ()

B ()

C ()

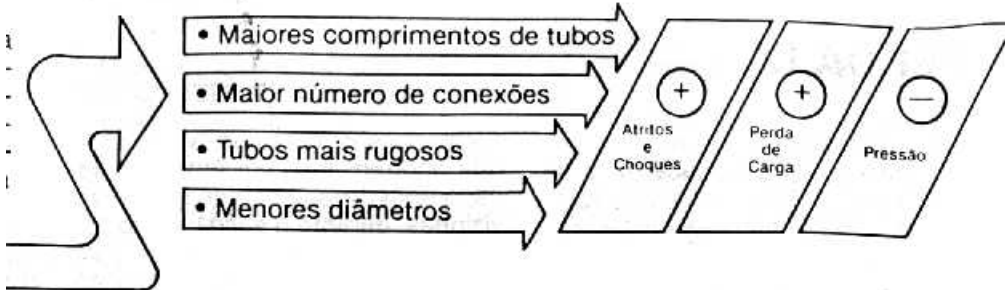
Resposta: Se o registro for aberto, ocorrerá um movimento da água pelo tubo e, conseqüentemente, haverá choques e atritos, entre as partículas da água entre si e com as paredes da tubulação.

Em outras palavras, haverá uma perda de carga na rede. Isto ocorrendo, a pressão tenderá a diminuir no ponto D, reduzindo-se então o nível de água do ponto B para o ponto C. Ou seja, o nível da água baixará para o ponto C.

Isto significa que, se diminuirmos o diâmetro do tubo ED do exemplo anterior, haverá uma diminuição da pressão no ponto D?

Sim, haverá porque a perda de carga será maior. Acreditamos que esteja respondida a pergunta feita no início.

Isto é, podemos fazer com que a pressão existente em um chuveiro seja aumentada, se aumentarmos o diâmetro dos tubos que o alimentam.



Pressão estática, pressão dinâmica e pressão de serviço:

Você deve ter observado que existe uma grande diferença entre as pressões nos tubos, se as medirmos com a água parada (estática) ou com a água em movimento (dinâmica).

No primeiro caso, dizemos que a pressão chama-se pressão estática. No segundo caso, com a água em movimento, a pressão é denominada de pressão dinâmica.

A pressão de serviço é a pressão máxima a que podemos submeter um tubo, conexão, válvula, registro ou outro dispositivo, quando em uso normal.

Ao fazermos passar um líquido por um cano, este oferece certa resistência, principalmente, devido ao atrito existente entre o líquido e as paredes do cano.

Esta resistência aumenta da seguinte forma:

- Se diminuirmos o diâmetro do cano e mantivermos a vazão constante, então a resistência (perda) aumentará; caso contrário, se aumentarmos o diâmetro do cano, a resistência (perda) diminuirá.
- Mantendo o diâmetro do cano constante, se aumentarmos a vazão, aumentaremos as perdas; se diminuirmos a vazão, diminuiremos as perdas.

Assim, como para elevar um líquido a uma determinada altura exige um esforço da bomba, também para fazer atravessar um líquido em uma tubulação exige um esforço da mesma natureza. Por isso podemos representar as perdas por uma altura adicional que a bomba terá que vencer.

E X E M P L O :

Altura da bomba ao nível d'água = 4m

Altura da bomba à caixa = 8m

Perdas de carga calculadas = 3m

Isso equívale à bomba elevar a uma altura de : $4 + 8 + 3 = 15,00\text{m}$

O problema existente agora é saber como se determina essas perdas de carga e como se acha essas alturas.

É necessário então que você saiba as seguintes informações:

- Altura de recalque
- Nível dinâmico (Quando for dimensionar bombas para poços)
- O comprimento total da tubulação
- Dimensão da tubulação (se já existir)
- Quantidade de água necessária (vazão)
- Número de curvas, torneiras, válvulas, luvas, etc.

N O T A : - As perdas nesses lugares são chamadas de perdas localizadas,

De posse desses dados podemos calcular as perdas de carga. Já existem tabelas que nos dão esses valores. (Ver tabela 1)

Entrando na tabela 1 com os valores da vazão e da dimensão do tubo, então encontramos a perda por 100 metros de tubulação.

A mesma tabela em baixo nos fornece as perdas localizadas.

Somando-se as perdas da tubulação com as perdas localizadas, encontramos as perdas totais.

TABELA DE PERDAS DE CARGA EM TUBOS (F° F° ou Aço)
(para cada 100 metros)

VAZÃO			DIÂMETRO NOMINAL DA TUBULAÇÃO EM POL.													
lts/seg.	lts/min.	m ³ /hora.	3/4"	1"	1.1/4"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	
0.14	8.4	0.5	2.0	0.7	0.20											
0.28	16.7	1	7.5	2.7	0.75	0.22	0.08									
0.42	25.0	1.5	16.0	6.0	1.60	0.50	0.17									
0.56	33.4	2	27.0	10.0	2.70	0.80	0.28	0.07								
0.84	50.0	3	58.0	21.5	6.00	1.80	0.60	0.16	0.05							
1.11	66.6	4	100.0	27.0	10.00	3.00	1.05	0.27	0.10							
1.39	83.4	5		55.0	15.50	4.70	1.60	0.42	0.15	0.05						
1.67	100	6		60.0	22.00	6.80	2.20	0.60	0.20	0.07						
2.22	133	8			37.00	11.50	3.90	1.00	0.35	0.13						
2.78	167	10			56.00	17.00	5.70	1.50	0.50	0.20	0.06					
3.47	209	12.5			85.00	26.00	8.50	2.30	0.80	0.28	0.09					
4.16	250	15				37.00	12.50	3.30	1.10	0.40	0.13	0.05				
4.86	291	17.5				47.00	16.00	4.20	1.40	0.50	0.17	0.06				
5.55	334	20				63.00	21.50	5.70	2.00	0.70	0.23	0.09				
6.96	416	25				95.00	33.00	8.50	3.00	1.10	0.35	0.13				
8.34	500	30					46.00	12.00	4.20	1.50	0.50	0.20	0.06			
9.72	584	35					61.00	18.00	5.70	2.00	0.65	0.24	0.06			
11.10	666	40					78.00	20.50	7.00	2.60	0.80	0.30	0.08			
12.50	750	45					100.00	26.00	9.00	3.10	1.00	0.40	0.10			
13.90	834	50						32.00	11.00	3.80	1.25	0.50	0.12			
16.70	1000	60						46.00	16.00	5.50	1.80	0.70	0.16	0.05		
19.50	11170	70						60.00	21.00	7.20	2.40	0.80	0.21	0.07		
22.2	1335	80						76.00	26.50	9.20	3.10	1.20	0.27	0.09		
25.0	1500	90							34.00	12.00	3.80	1.40	0.36	0.12		
27.8	1670	100							40.00	14.00	4.70	1.80	0.42	0.14		
33.4	2000	120	NÃO UTILIZAR VALORES ABAI							58.00	20.00	6.60	2.50	0.80	0.20	0.08
38.8	2335	140	DA LINHA SUBLINHADA. PARA							60.00	27.00	9.00	3.30	0.80	0.26	0.10
44.5	2670	180	TUBOS DE SUCCÇÃO.								35.00	11.50	4.25	1.00	0.34	0.13
50.0	3000	180							43.00	14.00	5.30	1.25	0.42	0.17		
55.6	3335	200							50.00	17.50	6.50	1.50	0.50	0.20		
69.5	4165	250							80.00	26.50	10.00	2.30	0.80	0.32		
83.4	5000	300								36.00	14.00	3.30	1.10	0.45		
97.2	5835	350									19.00	4.50	1.50	0.60		
111.0	6670	400									24.00	5.80	1.90	0.80		
125.0	7515	450										7.00	2.40	1.00		
138.7	8340	500										8.50	2.90	1.20		
152.7	9170	550										10.20	3.50	1.50		
166.6	10000	600										12.00	4.10	1.75		
180.5	10840	650										14.50	4.80	2.00		
194.5	11670	700										16.00	5.70	2.30		
208.3	12500	750											8.40	2.80		
222.2	13340	800											7.10	3.00		

Quando forem utilizados tubos "PVC", reduzir as perdas em 20% (fator 0.8)
Isto não é válido no caso de emprego de Engates Rápidos.
Em tubos usados acrescentar 3% aos valores acima, a cada ano de uso.

TABELA DE PERDA DE CARGA LOCALIZADA
(em metros de tubulação equivalentes)

CONEXÕES	3/4"	1"	1.1/4"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
REGISTRO GAVETA	0.10	0.12	0.18	0.20	0.28	0.34	0.46	0.65	0.83	1.10	1.50	1.80	2.37
REGISTRO GLOBO	5.00	6.80	9.70	11.80	16.00	20.00	26.00	37.00	48.00	60.00	83.00	103.00	135.00
VÁLVULA DE RETENÇÃO	1.10	1.50	2.10	2.50	3.40	4.30	5.50	7.70	10.20	12.80	17.60	21.70	28.80
CURVA 90	0.30	0.40	0.60	0.70	1.00	1.20	1.50	2.00	2.80	3.50	4.90	6.00	7.90
COTOVELO 45	0.30	0.40	0.50	0.60	0.90	1.10	1.40	1.90	2.50	3.20	4.40	5.40	7.10
COTOVELO 90 - TE	0.60	0.80	1.10	1.30	1.80	2.2	2.90	4.00	5.20	6.50	9.00	11.30	14.80
VÁLVULA DE PÉ	10.80	14.90	21.00	26.00	35.00	44.00	57.00	79.00	100.00	130.00	180.00	225.00	300.00
CURVA 45°	0.26	0.38	0.48	0.57	0.76	0.95	1.14	1.52	1.90	2.28	3.00	3.80	4.5

A altura manométrica total é dada pela soma de altura de sucção mais a altura de recalque mais as perdas de carga (na sucção e no recalque).

$$AMT = H_s + H_r + \text{Perdas}$$

AMT = Altura manométrica total (m)

H_s = Altura de sucção da bomba (m)

H_r = Altura de recalque da bomba (m)

h_s = Perdas de carga na sucção (em comprimento equivalente – m)

h_r = Perdas de carga no recalque (em comprimento equivalente – m)

Então quando olhamos uma tabela (curva) de uma bomba, lemos a altura manométrica total e as respectivas vazões em cada condição.

A medida da altura manométrica de uma bomba também pode ser feita através de dois instrumentos que são: Manômetro e Vacuômetro.

A soma da leitura do manômetro com o vacuômetro dá a altura manométrica com boa aproximação.

Estes instrumentos, geralmente, são calibrados nas seguintes escalas:

- kgf/cm² = Quilograma força por centímetro quadrado
- Lbf/pol² = libra força por polegada quadrada
- *m.c.a. = Metros de coluna de água .

*Dados de convenção para: “METRO DE COLUNA D’ÁGUA”.

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ M.C. A.}$$

$$1 \text{ Lb/pol} = 0,7 \text{ M.C..A.}$$

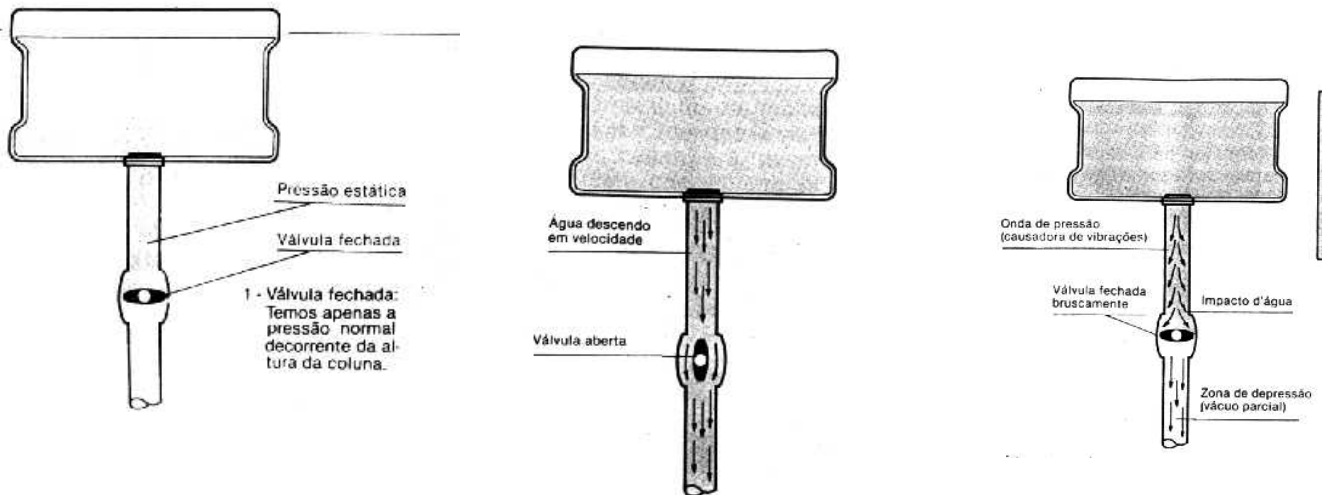
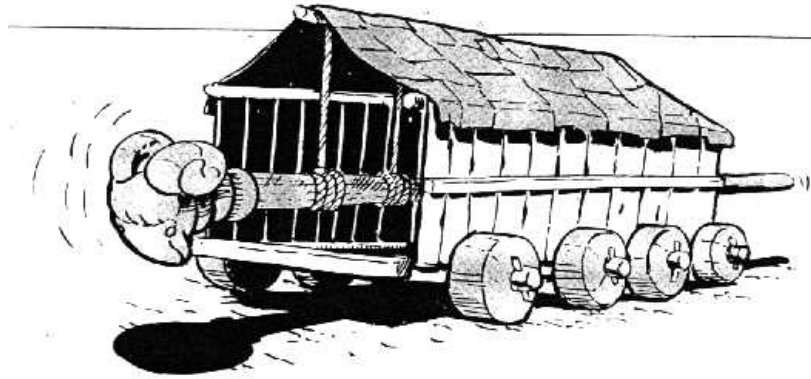
$$1 \text{ ATM} = 10,33 \text{ M.C..A.}$$

Quando uma bomba trabalha com pressões superiores a 1,5 bar no recalque, recomenda-se o uso de uma válvula de retenção para evitar a ação do golpe de aríete.

Golpe de aríete:

Existe um fenômeno em hidráulica conhecido por “golpe de aríete”.

O nome “golpe de aríete” provém de uma antiga arma de guerra, formada por um tronco, com uma peça de bronze semelhante a uma cabeça de carneiro numa das extremidades, que era usada para golpear portas e muralhas, arrombando-as.



O FENÔMENO

No momento em que se modifica brutalmente a velocidade de um fluido em movimento numa canalização, acontece uma violenta variação de pressão. Este fenômeno, transitório, é chamado de *golpe de ariete* e aparece geralmente no momento de uma intervenção em um aparelho da rede (bombas, válvulas ...). Ondas de sobrepressão e de subpressão se propagam ao longo da canalização a uma velocidade a , chamada velocidade de onda.

Os golpes de ariete podem acontecer também nas canalizações por gravidade. Podemos destacar as quatro principais causas do golpe de ariete:

- **A partida e a parada de bombas,**
- **O fechamento de válvulas, aparelhos de incêndio ou de lavagem,**
- **A presença de ar,**
- **A má utilização dos aparelhos de proteção.**

No momento da concepção de uma rede, os riscos eventuais de golpes de ariete devem ser estudados e quantificados, com a finalidade de prever os dispositivos de proteção (segurança) necessários, principalmente nos casos de canalizações que operam por bombeamento (recalque). Nos casos em que os dispositivos de proteção não estão previstos, as canalizações em ferro dúctil apresentam uma reserva de segurança suficiente para suportar as sobrepressões acidentais

CONSEQUÊNCIAS

As sobrepressões podem acarretar, nos casos críticos, a ruptura de certas canalizações que não apresentam coeficientes de segurança suficientes (canalizações em plástico, principalmente).

Algumas precauções para evitar o golpe de ariete:

- ❖ volante de inércia na bomba,
- ❖ válvula de alívio*,
- ❖ válvula controladora de bomba*,
- ❖ chaminé de equilíbrio,
- ❖ tanque de alimentação unidirecional -TAU
- ❖ tanque hidropneumático - RHO.

TÊRMOS HIDRÁULICOS - Glossário

- 1 – NÍVEL ESTATÍCO – é a distância vertical da bomba, não em funcionamento, ao nível da água.
- 2 – NÍVEL DINÂMICO – é a distância vertical da bomba, em funcionamento, ao nível da água.
- 3 – ABAIXAMENTO DO NÍVEL – distância que baixa o nível estático para produzir a vazão requerida. Varia com a capacidade do poço e a vazão da bomba.
- 4 – ALTURA DA SUCCÃO TOTAL – levantamento total da água até a bomba incluindo perdas na sucção.

- 5 – PERDA DA CARGA – SUCCÃO – altura requerida para vencer a resistência do líquido, entrar e fluir nas peças e cano de sucção.
- 6 – ALTURA DA DESCARGA – elevação ou pressão requerida ao ponto de uso. Não inclui perdas de descarga.
- 7 – ALTURA DE DESCARGA TOTAL – elevação ou pressão requerida ao ponto de uso incluindo perdas nas peças e tubo de descarga.
- 8 – PERDAS DE CARGA – DESCARGA – altura para vencer a resistência do líquido entrar e fluir nas peças e canos de descarga.
- 9 – ALTURA (DESCARGA – NÍVE DINÂMICO) – distância vertical entre o nível dinâmico e o nível de descarga.
- 10 – ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL – altura total do nível dinâmico à descarga, incluindo perdas de cargas e hidráulicas.
- 11 – SITUAÇÃO – distância de bomba à parte superior de ralo, válvula de pé.
- 12 – SUBMERGÊNCIA – distância vertical do nível dinâmico à parte superior do ralo, injetor ou válvula de pé.
- 13 – VAZÃO (Q) – quantidade de líquido bombeado num tempo especificado. Litros/segundo , litros/minuto, m³/hora, etc.
- 14 – COMPRIMENTO TOTAL – distância da base da bomba ao fundo do ralo, ejetor ou válvula de pé.

= BOMBAS =

PRINCIPAIS TIPOS DE BOMBAS

- 1 – Centrífuga
- 2 – Rotativas, tipo parafuso
- 3 – De êmbolo ou Volumétrica
- 4 – De engrenagens
- 5 – De diafragma
- 6 – De lóbulos
- 7 – Peristálticas
- 8 - Axiais
- 9 – Ejetora acoplada com trompa d'água (injetor)

Neste curso nós nos limitaremos a falar sobre as Centrífugas e Ejetoras.

BOMBAS CENTRÍFUGAS

1 – A Bomba centrífuga é construída basicamente de:

- a) Carcaça
- b) Rotor
- c) Suporte ou Base.

Dependendo da finalidade da bomba temos vários tipos de rotores:

a) Rotor Aberto:

Usado para bombeamento de materiais com areia e sólidos em suspensão.

b) Rotor Semi – aberto:

Usado para bombeamento de água suja com pequenos sólidos em suspensão.

c) Rotor fechado:

Usado para bombeamento de água limpa:

O **rotor** tendo movimento de rotação livre dentro da carcaça, transfere energia ao líquido fazendo com este seja expulso, através da força **centrífuga**, para fora da bomba.

No rotor de uma bomba a variação de temperatura entre a sucção e o recalque pode variar, em alguns casos, até 10 graus Celsius.

- PRINCIPAIS PARTES DE UM ROTOR

- AB = ABERTURA DO ROTOR
- DE = DIÂMETRO EXTERNO DO ROTOR
- A = ARO DE VEDAÇÃO
- D = DIÂMETRO DA ENTRADA DO ROTOR

Influência do diâmetro externo do rotor no funcionamento da bomba:

- Aumentando-se o diâmetro externo:

- Aumenta a pressão
- Aumenta a vazão
- Aumenta a potência de acionamento.

- Diminuindo-se o diâmetro externo:

- Diminui-se a pressão
- Diminui-se a vazão
- Diminui-se a potência de acionamento.

Abertura do Rotor:**- Aumentando-se a abertura do rotor:**

- A pressão permanece constante
- A vazão aumenta
- A potência aumenta (de acionamento).

- Diminuindo-se o diâmetro externo:

- A pressão permanece constante
- A vazão diminui
- A potência diminui (de acionamento).

Pá do Rotor:

A forma de pá é uma curva calculada para dar maior rendimento à bomba.

Aro de Vedação:

É o local responsável pela vedação entre o rotor e a carcaça.

- A folga entre o anel e a sede é de grande importância do bom funcionamento da bomba.

CARCAÇA:

Principais partes de uma carcaça:

- Evoluta
- Sede de vedação do rotor
- Alojamento das tubulações
- Sede de selo mecânico ou gaxeta.

Evoluta:

Tendo a forma de espiral, esta é projetada e calculada para garantir um bom rendimento à bomba. É a parte que coleta a água do rotor e transmite à tubulação de recalque.

Sede de vedação do rotor:

É o local de vedação entre o rotor e a carcaça. A folga entre a sede e o arco do rotor deve ser pequena para garantir uma boa vedação.

Alojamento das tubulações:

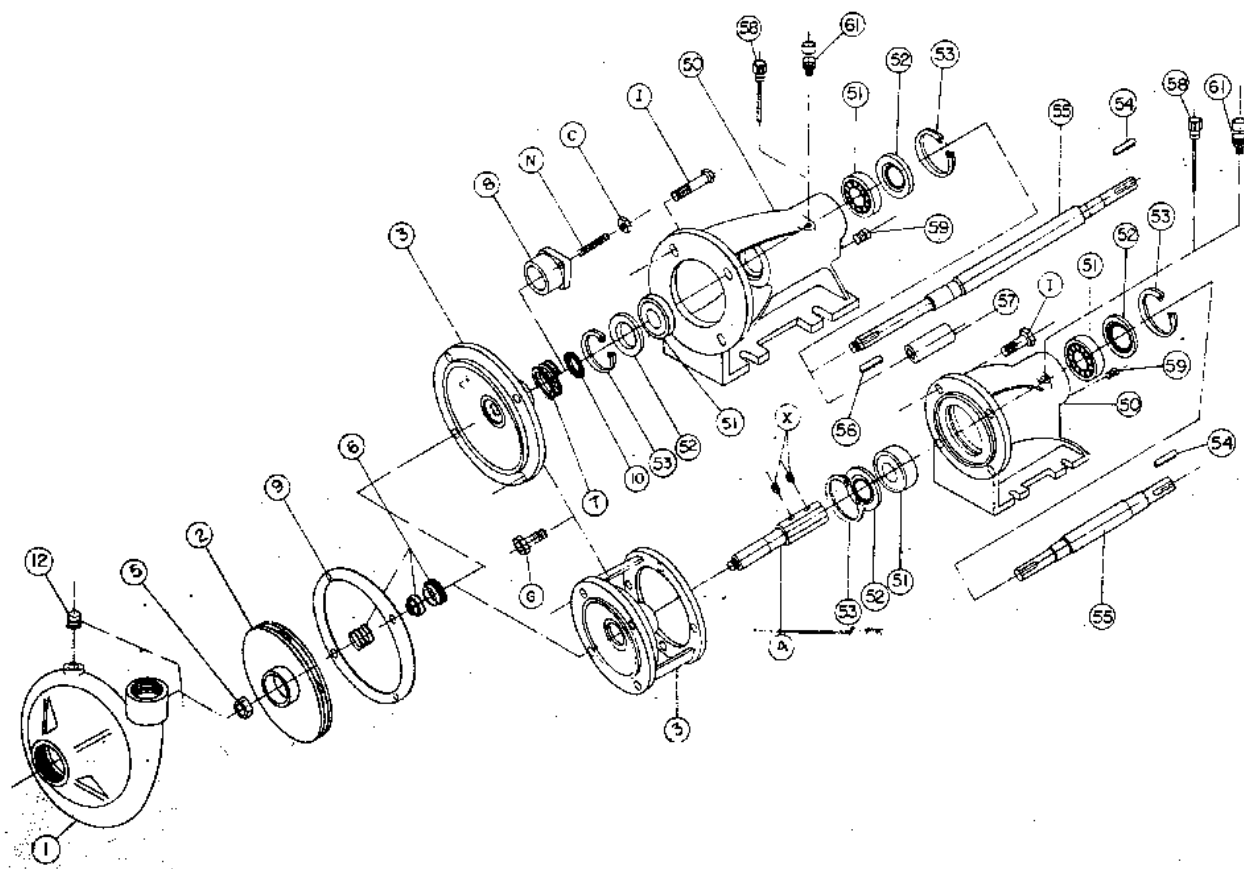
É o local de colocação das tubulações de sucção e descarga. Com fixação rosqueada para garantir boa vedação.

Sede do selo mecânico ou gaxeta:

É o local de colocação do selo ou gaxeta. Elemento de vedação entre a carcaça e o eixo. Não permite que a água escoe entre o eixo e a carcaça. No caso de gaxeta, deve-se ter o cuidado de não apertar excessivamente, pois poderá provocar aquecimento no eixo.

SUPORTE OU BASE:

É o elemento de fixação da bomba ao motor, ou vice-versa.



Importância da rotação no funcionamento da bomba:

Ao colocar uma bomba para funcionar deve-se ter o cuidado para que a mesma gire no sentido correto indicado pela seta.

Outra observação de grande importância é quanto ao número de rotações, principalmente se o acionamento for por motor diesel ou gasolina. Para você ter uma idéia, lhe daremos um exemplo:

- Se você reduzir a rotação para a metade da indicada pelo fabricante da bomba, você obterá o seguinte resultado:

- A vazão torna-se a metade da especificada pelo fabricante.

- A pressão diminuirá de 4 (quatro) vezes. (note-se) que a pressão sofre maior queda quanto a rotação é diminuída.

Cuidados de instalações de bombas centrífugas:

- Localização da bomba – Deve-se instalar a bomba tão próximo quanto possível, do líquido a ser bombeado. Disponha de espaço suficiente para inspeção à bomba.

Canalizações: - A disposição das tubulações deve ser de tal forma, que a bomba não suporte esforço provocado por apertos nas tubulações.

As tubulações devem ser as mais curtas e retas possíveis, principalmente a de sucção.

Canalização de sucção: -

A altura especificada para sucção em catálogos são para líquidos limpos e frios. Disponha o comprimento da canalização de sucção de tal modo, que incluindo as perdas não exceda a 6m., quando a bomba tiver que deslocar líquidos quentes, é preciso ser colocado a uma altura tal que evite a vaporização (e cavitação), à entrada do rotor.

É necessário que a bomba seja instalada abaixo do nível do líquido a ser transportado. O diâmetro da canalização de sucção deve ser igual ou maior do que o diâmetro da entrada da bomba.

A disposição da tubulação deve ser um pouco descendente para evitar bolsas de ar na canalização. (cavitação)

Se mais de uma bomba funcionar com a mesma fonte de abastecimento, deve-se empregar canalização de sucção independentes. A extremidade da sucção deve estar abaixo do nível do líquido o suficiente para impedir a entrada de ar na tubulação.

Válvulas de pé:

Se a válvula de pé for necessária, deve ser instalada na extremidade da canalização de sucção. Qualquer pequena impureza pode originar uma fuga na válvula de pé, esvaziando a bomba.

A área da válvula de pé deve ter em torno de 150% da seção da tubulação de sucção.

Filtro ou crivo:

Para se evitar entupimento da bomba, deve-se colocar na extremidade da válvula de pé, um crivo. A área livre do crivo deve ser de 3 a 4 vezes a da tubulação de sucção.

Canalização de descarga (Recalque)

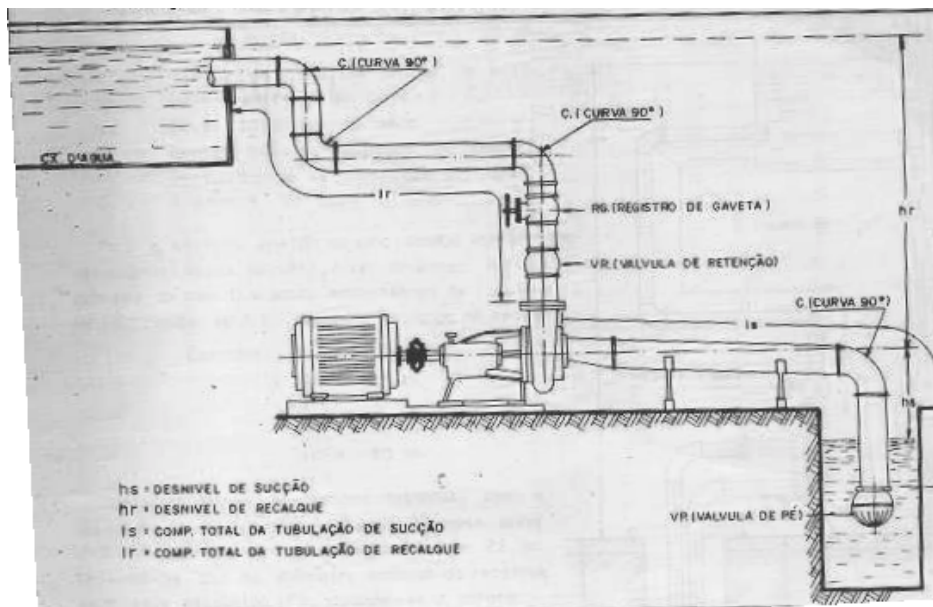
Para instalação de recalque de grande percurso é conveniente a utilização da válvula de retenção.

Esta deve ser colocada entre a bomba e o registro de gaveta.

A válvula de retenção tem a finalidade de proteger a bomba de excesso de pressão. (golpe de ariete). impedindo que a bomba gire em sentido contrário ao de sua rotação.

Operação de escorvamento:

Para que a bomba centrífuga comece a funcionar é necessário que toda tubulação de sucção esteja totalmente preenchida de líquido. Essa operação se chama “escorvar a bomba”. Deve-se ter na distribuição da tubulação de sucção, o máximo cuidado, para que não fique ar na tubulação durante a escorva.



Instalação típica de uma bomba centrífuga

Funcionamento do motor:

Nos conjuntos moto-bomba é necessário termos a certeza de que o motor esteja trabalhando dentro dos limites de frequência e voltagem, especificados.

- Os limites estabelecidos são de:
 - 10 % para a voltagem
 - 5 % para frequência.

Proteção:

Para proteger o motor contra sobrecargas excessivas durante grandes períodos de funcionamento, este deve estar munido de uma chave de proteção contra sobrecargas de correntes. Os fusíveis não protegem o motor contra sobrecargas; só no caso de curtos-circuitos.

- BOMBA EJETORA –

A bomba ejetora é uma bomba centrífuga ligada a um ejetor. O ejetor tem por finalidade permitir que uma bomba centrífuga possa retirar água de uma profundidade maior do que a centrífuga comum.

Tendo falado anteriormente sobre bomba centrífuga, nesta parte faremos alguns comentários apenas sobre ejetor.

= E J E T O R = EDUTOR

Princípios de funcionamento:

Ao fazer circular água com pressão pelo ejetor, esta, ao passar pelo bico sofre um aumento muito grande em sua velocidade, fazendo com que se forme uma zona de vácuo entre o bico e o venturi.

Havendo esta zona de vácuo, o líquido a ser bombeado entra pelo espaço existente entre o bico e o venturi e é arrastado pelo jato à alta velocidade, que sai do bico. Entrando no venturi, sua velocidade é diminuída, seguindo pela tubulação de sucção da bomba.

Observe que na tubulação de sucção passa água de circulação e o líquido bombeado: enquanto no cano de pressão passa apenas água de circulação.

Daí a necessidade da tubulação de sucção se mais grossa do que a de pressão. O orifício do bico e do venturi são feitos para uma determinada profundidade e vazão. Não se pode alterar o orifício do bico e do venturi, a menos que seja consultado o fabricante. Outro elemento de grande importância entre o bico e o venturi é a distância. Esta também não pode ser alterada, a menos que, com o consentimento do fabricante.

Instalação de Ejetores:

O ejetor é instalado conforme mostra a figura ao lado.

Um dos elementos de grande importância para ser observadas nas instalações de ejetor é a submersão mínima. No catálogo do fabricante vem especificado qual a submersão mínima a que o ejetor deve trabalhar.

Cuidados das Bombas Ejetoras:

Nas bombas ejetoras são observados todos os cuidados das bombas centrífugas e mais o problema de submersão que é de vital importância para um bom funcionamento.

Como colocar a bomba ejetora em funcionamento:

Após ter instalado o ejetor, observando os mesmos cuidados para uma bomba centrífuga, então a bomba está pronta para ser acionada.

Como proceder:

- Escorvar a bomba
- Verificar se a bomba gira no sentido de rotação correto indicado pela seta
- Fechar o registro situado na tubulação de descarga
- Acionar a bomba

NOTA: Ao ser acionada a bomba, o ponteiro do manômetro deve indicar a existência de pressão. Em caso contrário, a bomba não deve ter sido escorvada convenientemente. Proceder nova operação de escorva. Ao notar pressão no Manômetro, deve-se ir abrindo lentamente o registro da tubulação de descarga. Ao chegar no ponto em que a bomba começa a vibrar, deve-se voltar lentamente o registro até que essa vibração desapareça.

Informações importantes para se dimensionar uma bomba ejetora:

- Profundidade do poço ou cacimba
- Nível estático
- Nível dinâmico
- Diâmetro do poço
- Vazão do poço
- Consumo médio diário
- Tubulação já existente
- Desnível entre o terreno e o local a ser colocado o líquido
- Comprimento total da tubulação necessária
- Corrente monofásica ou trifásica
- Motor diesel ou gasolina
- Acionamento por qualquer outra fonte motriz, etc.

Aplicações das bombas – Informações importantes de serem obtidas:

- Para uso doméstico:

Cisterna, cacimba, poço instantâneo, poço profundo e seu diâmetro, quantas pessoas residem na casa. (pode-se tomar em média um consumo de 200 litros, por pessoa).

- Para uso agrícola:

a) Fazenda

Se para água do gado, qual a quantidade. Para aviário, pocilgas limpeza de estábulo, etc.

1- Irrigação –

Por aspersão - qual o tipo de aspersor e qual o fabricante. Os revendedores devem ter catálogos de fabricantes de aspersores para saber qual a vazão e pressão de funcionamento. A quantidade necessária de aspersores, a área ser irrigada e a distância do local de abastecimento para a área.

Por inundação – a área a ser irrigada, qual o tipo de solo, se é poroso ou argiloso, se os canais são sulcos feitos no próprio solo ou construídos de alvenaria, etc.

Outro dado importante é quanto à energia. Se for acionada a corrente elétrica, informe-se a que distância está localizada e dar orientação quanto a dimensão do fio a ser usado, de maneira que tenha uma boa tensão no motor.

- Para construção civil : -

a) Se para uso nas obras: - em esgotamento de fundação, abastecimento d'água para a obra, etc.

b) Se para abastecimento de prédios: - que a construtora está executando, etc.

c) Para uso industrial: -

Informe-se qual o consumo diário da fábrica, se a água participa do progresso produtivo e em que a água faz parte.

A tabela 2 a seguir pode ajudar bastante no dimensionamento das bombas, pois estes números são muito próximos à realidade.

Tabela 2 - Consumo predial de água potável

Tipo de consumidor	Consumo médio padrão
Apartamento de padrão médio	200 l por pessoa
Alojamento provisório	80 l por pessoa
Ambulatórios	25 l por pessoa
Cavalariças	100 l por cavalo
Templos, igrejas, cinemas e teatros.	2,0 l por lugar
Creces	50 l per capita
Edifícios públicos ou comerciais	80 l por pessoa
Escolas (externato)	50 l por pessoa
Escolas (internato) e quartéis	150 l por pessoa
Escritórios	50 l por pessoa
Postos de serviço	150 l por automóvel lavado
Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120 l por hóspede
Hotéis (com cozinha e com lavanderia)	250 l por hóspede
Hospitais	250 l por leito
Fábricas (uso pessoal)	80 l por operário
Fábricas (uso pessoal + refeitório)	100 l por operário
Tinturaria industrial (tingimento por over flows)	120 l por kg de malha tingida
Jardins	1,5 l por m ²
Fábrica de papel	200-400 l por Kg de papel

Lavanderia	30 l para cada quilo de roupa
Matadouros (animais de pequeno porte)	150 l por cabeça abatida
Matadouros (animais de grande porte)	300 l por cabeça abatida
Mercados	5 l por m ² de área
Piscinas – lâmina de água de evaporação	2,5 cm por dia
Tecelagem (sem alvejamento)	20 l por Kg de tecido
Restaurante	25 l por refeição
Curtume	60 l para cada Kg de couro
Tirar barba	75 l
Escovar dentes	18 l
Lavar mãos	7 l
Banho	95 l

- PROBLEMAS DE HIDRÁULICA -

Daremos a seguir alguns exemplos de problemas de hidráulica que tirarão algumas dúvidas no que diz respeito a problemas simples e indicações de bombas, seguidos da solução, dada de maneira mais simples possível.

1- Reativação de uma bomba que estava instalada há 10 (dez) anos numa área industrial:

Dados fornecidos pelo supervisor:

- Altura da cisterna à caixa = 20m.
- Distância da sucção da bomba à cisterna = 0,80m,
- Profundidade da cisterna = 1,20m,
- Diâmetro da tubulação de ferro já existente = 1.1/2"
- Vazão requerida = 10.000 lts/h

No almoxarifado tem disponível em estoque uma bomba de 2 CV cuja pressão e vazão são:

A.M.T (m)	10m	14m	18m	20m	24m	28m	30m
Vazão lt/h	18.100	17.000	15.200	14.400	13.700	9.300	6.200

Após a instalação da bomba, observou-se que a vazão conseguida tinha sido apenas 3.800 lt/h.

Verificaram-se os seguintes itens:

- Tensão de alimentação 220/380 – correta
- Sentido de rotação – corretíssimo
- Presença de vazamentos na tubulação: Sem vazamentos
- Diâmetro da tubulação subdimensionado: Através de cálculos, constatou-se que a vazão em uma tubulação de 1.1/2" é na ordem de 12.500 lt/h; atendendo à necessidade do sistema.

Qual a solução para o caso?

S O L U Ç Ã O

Se a bomba com uma tubulação de sucção de apenas 0,80m, com o diâmetro de 1.1/2” atende a vazão necessária, é porque a tubulação de sucção e/ou recalque estão obstruídas, dando uma perda de carga muito grande.

Deve-se verificar, se é possível fazer uma desobstrução na tubulação. Quando se instalar bombas em tubulações já existentes, principalmente se for de ferro, ter o cuidado de verificar esse problema antes de instalar a bomba.

2 – P R O B L E M A:

- Caixa d’água tem 15,00m de altura total, a partir do pé da coluna.
- Cisterna fica acima do nível da bomba, 3,00m e distante da caixa 4,00m
- Tubulação de ferro disponível, nova de 2” na sucção e 2” na elevação.
- Vazão requerida = 3.000 lt/h.

PELA PLANILHA ABAIXO, QUAL DAS DUAS BOMBAS ABAIXO VOCÊ ESCOLHERIA ?

Justifique:

BOMBA DE 1.1/2 x 1.1/2”

-

KING _AAK_ 1/3 CV

A1. Manom	4	6	8	10	12	14	16	Preço:
Vazão Lt/h	10.0	9.800	8.600	7.000	4.600	500	- 0 -	R\$ 690,00

BOMBA DE 1.1/4 x 1”

-

KING _C - 6_ 1/3 CV

A1. Manom	4	6	8	10	12	14	16	Preço:
Vazão Lt/h	10.6	10.0	9.300	7.500	4.600	500	- 0 -	R\$ 540,00

S O L U Ç Ã O

Caso n.º 2

Neste caso, em que a cisterna está a 3,00m acima da bomba a altura de elevação fica diminuída de 3,00m. Isto é, a distância do nível da cisterna à caixa de apenas:

$$15,00\text{m} - 3,00\text{m} = 12,00\text{m}$$

Como a tubulação é de duas polegadas, as perdas são muito pequenas. Então você pode entrar na tabela com altura manométrica de 12,00m e ver qual a vazão.

No caso: 4.600 Lt/h.

Então, qualquer uma das duas, atenderia a necessidade do cliente. Logo você optaria pela de menor custo, ou seja: a KING C-6 de 1/3 CV. Outro fator importante a ser observado para a definição do preço de uma bomba é custo da tubulação quem será usada. Tubos de menores diâmetros são mais baratos.

Instalações prediais de água

Def: É o conjunto de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos, existentes a partir do ramal predial, destinado ao abastecimento dos pontos de utilização de água do prédio, em quantidade suficiente, mantendo a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento.

Rede predial de distribuição:

A rede predial de distribuição é o conjunto de tubulações, compreendido pelos barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais, ou de alguns destes elementos.

Alimentação da rede predial de distribuição:

Alimentação da rede predial de distribuição

Sistema de distribuição direta: A alimentação da rede de distribuição é feita diretamente da rede pública de abastecimento (sem reservatório)

Sistema de distribuição indireta (por gravidade): A alimentação da rede de distribuição é feita através de reservatório superior

Sistema de distribuição indireta (com bombeamento): A alimentação da rede de distribuição é feita a partir de reservatório superior, o qual é alimentado por bombeamento, através de reservatório inferior.

Sistema de distribuição misto: A alimentação da rede de distribuição é feita, parte diretamente pela rede pública de abastecimento e parte pelo reservatório superior ou por instalação hidropneumática (bombas).

Observação: O sistema recomendado como o mais conveniente para as condições médias brasileiras é o sistema de distribuição indireta por gravidade.

Exercícios práticos:

Supondo-se um edifício de 10 andares com 4 apartamentos por andar, sendo em cada apartamento 3 quartos sociais e 1 de empregada, mais o apartamento do zelador. Supondo-se um sistema de distribuição indireta por bombeamento, dimensione os volumes do reservatório inferior e superior.

Solução:

Cada apartamento: 07 pessoas (2 em cada quarto + 1 empregada)

Cada pavimento: 28 pessoas

Zeladoria: 04 pessoas

População do prédio: 284 pessoas

Consumo de água/dia/pessoa = 200 litros

$284 \times 200 = 56.800 \text{ litros} + 20\% \text{ (reserva de incêndio)} = 68.160 \text{ litros}$

Adotando-se uma reserva técnica para 2 dias = 136.320 litros

Então: 90.000 litros no reservatório inferior + 45.000 litros no superior

Agora supondo um edifício de 16 andares com 2 apartamentos por andar, sendo em cada apartamento 2 quartos sociais e 1 de empregada. Supondo-se um sistema de distribuição indireta por bombeamento, dimensione os volumes do reservatório inferior e do superior.

Solução:

Cada apartamento: 05 pessoas (2 em cada quarto + 1 empregada)

Cada pavimento: 10 pessoas

População do prédio: 160 pessoas

Consumo de água/dia/pessoa = 200 litros

$160 \times 200 = 32.000 \text{ litros} + 20\% \text{ (reserva de incêndio)} = 38.400 \text{ litros}$

Adotando-se uma reserva técnica para 2 dias = 76.800 litros

Então: 46.800 litros no reservatório inferior + 30.000 litros no superior

Para o exercício anterior, qual a bomba ideal para transferir a água do reservatório inferior para o reservatório superior?

() Vazão superior a 38.400 litros/hora?

() Vazão inferior a 38.400 litros/hora?

() Vazão igual a 38.400 litros/hora?

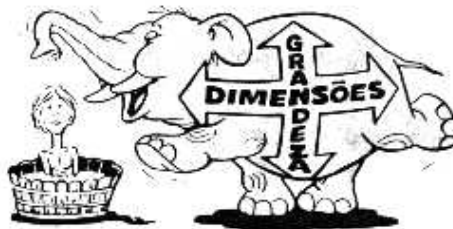
A capacidade/hora de uma bomba deve ser de 15% do consumo diário do prédio, (conforme a NBR 5626/82) o que obriga a bomba funcionar por 6,66 horas por dia para recalcar o consumo diário, sendo um tempo razoável.

Consumo diário do prédio 38.400 litros

$38.400 \times 0,15 = 5760 \text{ litros/hora} = \text{Vazão da bomba}$

Altura do prédio: 51 metros

Obviamente um prédio deve possuir no mínimo 02 bombas de recalque, pois se uma apresentar problema o prédio não enfrentará falta de abastecimento.



Como selecionar uma bomba hidráulica para este prédio?

O perfeito funcionamento de uma bomba centrífuga depende de uma seleção bem feita. Para isto, são necessários dados fundamentais como a vazão (Q) e a altura manométrica total (H), onde $H = h_s + h_r + \text{perdas de carga } (h_{ps} + h_{pr})$

Exemplo: A bomba do nosso exercício:

Vazão desejada: 5760 litros/hora

Altura de sucção: 3 m

Comprimento da sucção: 7 m (Limite)

Altura do recalque: 51 m

Comprimento do recalque: 80 m

Calculam-se primeiro os diâmetros mínimos de sucção e recalque:

De acordo com a NBR 5626 adota-se uma velocidade para a linha de recalque de 1,3 m/s

Usando-se a fórmula

$$D_r = 0,94 \times \sqrt{Q}$$

$$D_r = 0,94 \times \sqrt{0,0016} = 0,94 \times 0,04 = 0,0376 \text{ m} = 37,6 \text{ mm} = 1.1/2''$$

D_s = Será um diâmetro imediatamente maior comercialmente do recalque = 2''

Diâmetro do recalque: 1.1/2''

Diâmetro da sucção: 2''

Comprimento do recalque	70,0
1 Registro de gaveta	0,20
1 Válvula de retenção	2,50
3 curvas 90	2,10
Total	74,8

<u>Comprimento da sucção</u>	7,0
1 Válvula de pé	35,0
1 curva 90	1,0
Total	43

$$\begin{array}{r}
 100 \text{ m} \\
 74,8 \\
 \times 6,6 \text{ m} \\
 \hline
 X = 4,93 \text{ m} \\
 \underline{\mathbf{hr = 4,93 \text{ m}}}
 \end{array}$$

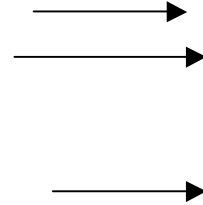
$$100 \text{ m} \quad 2,2$$

Hr = 51 m

hs = 0,95 m

Hs = 3 m

hr = 4,93 m

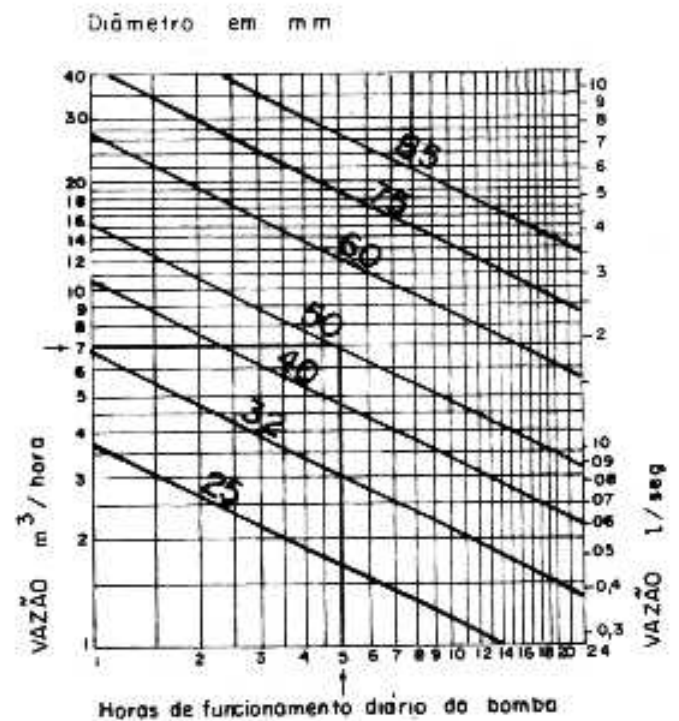
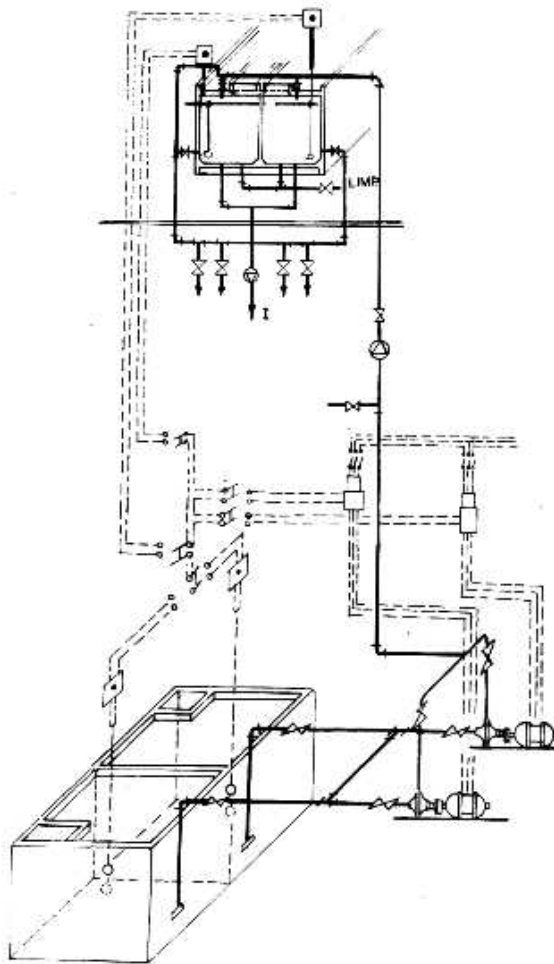


$$AMT = HS + HR + (hs + hr)$$

$$AMT = 3 + 51 + 4,93 + 0,95 = \underline{59,88 \text{ m (60 m)}}$$

Agora, usando o catálogo, qual a bomba mais indicada ?

Instalação típica de um sistema elevatório



Ábaco p/ determinação do diâmetro de recalque em função da vazão e do número de horas de funcionamento

Associação de bombas (Em série e em paralelo)

Série: Associamos duas ou mais bombas em série quando necessitamos aumentar a altura (pressão), **com a vazão permanecendo constante.**

Paralelo: Associamos duas ou mais bombas em paralelo quando necessitamos aumentar a vazão, **com a altura (pressão) permanecendo constante.**

FÓRMULAS PARA O DIÂMETRO DA POLIA – ROTAÇÃO DO MOTOR – ROTAÇÃO DA BOMBA

Para um perfeito desempenho das bombas, damos abaixo as fórmulas para se calcular com exatidão, o diâmetro das polias, rotação do motor e rotação da bomba. Este cálculo é indispensável, para que se faça a bomba funcionar exatamente a rotação indicada nas curvas.

S Í M B O L O S

P = POLIA

RB = ROTAÇÃO BOMBA

N = MOTOR

RM = ROTAÇÃO MOTOR

B = BOMBA

PB = POLIA BOMBA

R = ROTAÇÃO

PM = POLIA MOTOR

Ø = DIÂMETRO

RPM = ROTAÇÃO P/ MINUTO.

1º E X E M P L O :

Calcular o diâmetro da polia a ser acoplada à bomba.

$$\text{FÓRMULA: } PB = \frac{RM \times PM}{RB} \quad PB = \frac{1.750 \times 150}{3.000} = 262.500 = 75$$

$$PB = \text{Ø } 75 \text{ mm}$$

2º E X E M P L O :

Calcular o diâmetro da polia a ser acoplada ao motor.

$$\text{FÓRMULA: } PM = \frac{RB \times PB}{RM} \quad PM = \frac{75 \times 3.500}{1.750} = 262.500 = 150$$

$$PM = \text{Ø } 150 \text{ mm}$$

3º E X E M P L O :

Calcular a rotação da bomba.

$$\text{FÓRMULA: } RB = \frac{PM \times RM}{PB} \quad RB = \frac{150 \times 1.750}{262.500} = 3.500$$

$$RB = 3.500$$

$$RB = 3.500 \text{ RPM}$$

4º E X E M P L O :

Calcular a rotação da bomba.

$$\text{FÓRMULA: } RM = PB \times RB \quad RM = 75 \times 3.500 = 1.750$$

$$PM \quad \quad \quad 150$$

$$RB = 1.750 \text{ RPM}$$

Rápida explanação sobre bombas submersas:

Uma vez concluído um poço, deve-se instalar algum tipo de bomba para elevar a água e conduzi-la ao ponto de utilização. Em nosso caso, vamos tratar especificamente da aplicação de Bombas Submersas, apresentando os critérios para seu correto dimensionamento.

Os constantes aperfeiçoamentos nas Bombas Submersas conseguiram dar a estes equipamentos vida útil superior a 60.000 horas, o que, em regime de 24 horas, corresponde a 7 anos de operação.

Entretanto, este valor pode ser sensivelmente reduzido, ou também aumentado, em função do correto dimensionamento do equipamento e outros fatores como a própria condição de instalação e operação do mesmo.

Muitas vezes o funcionamento insatisfatório de sistemas de recalque e os altos custos operacionais são erroneamente atribuídos ao poço ou ao próprio sistema, quando na realidade são proveniente de erro na seleção do equipamento, de bombeamento, que não se adapta às características do poço. Assim, veremos a seguir as etapas para o dimensionamento correto de uma bomba submersa, visando otimizar sua utilização.

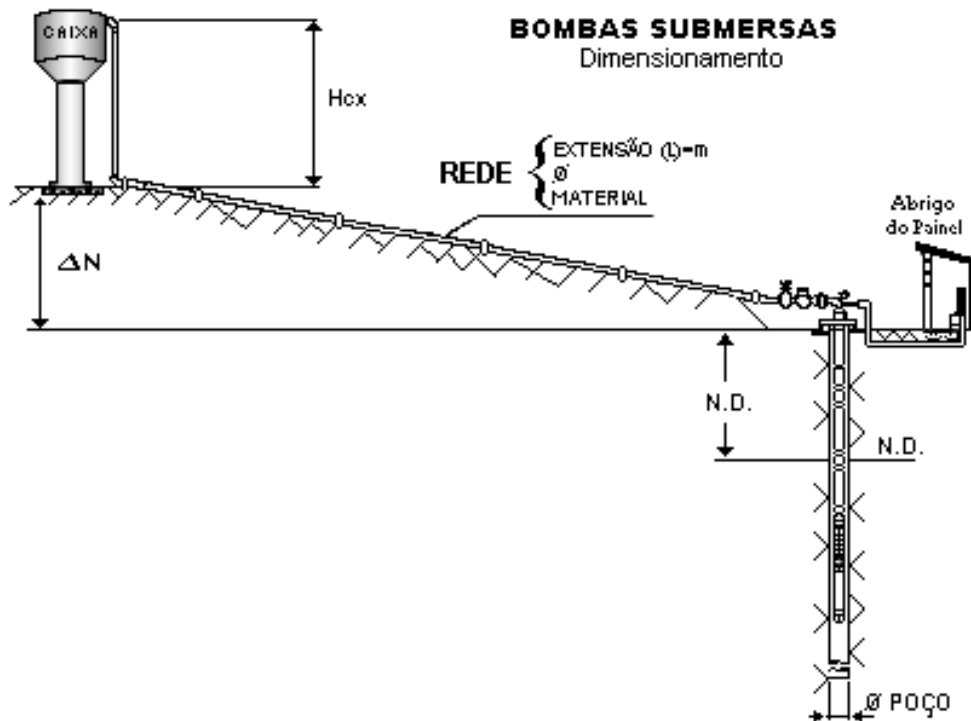
Definições:

Antes de proceder à escolha de uma bomba para qualquer instalação, é necessário dispor de informações precisas com relação às suas condições de operação.

A Capacidade de Produção do Poço e o Abaixamento do Lençol, têm aplicação direta na informação dos elementos para escolha e seleção do equipamento de bombeamento que melhor se adaptará à operação permanente deste poço. Determinados a partir de um Teste de Vazão criterioso, têm sua representação nos seguintes parâmetros:

- *Nível Estático (NE)*: Nível no qual a água permanece no poço quando não está sendo extraída; é geralmente expresso pela distância do nível do solo, até o nível da água no interior do poço.
- *Nível Dinâmico (ND)*: Nível em que a água permanece no interior do poço quando está sendo bombeado; expresso da mesma forma que o Nível Estático.
- *Abaixamento de Lençol (S)*: Diferença, expressa em metros, entre o Nível Estático e o Nível Dinâmico.

Vazão Característica (Q): Volume de água extraído do poço na unidade de tempo; é expressa geralmente em "metros cúbicos por hora" ou "litros por hora", conforme maior ou menor vazão.



Altura manométrica – Conceitos e cálculos:

Para que possamos determinar o "ponto de trabalho", torna-se necessário determinar qual a energia que o sistema solicitará da bomba, em função da vazão bombeada. À esta energia característica do sistema, dá-se o nome de Altura Manométrica, que é representada pelo mesmo símbolo (H) utilizado para carga de bomba. Esta energia solicitada pelo sistema é então, para cada vazão, função da altura estática de elevação do fluido e das perdas

existentes no circuito. Assim, para um determinada vazão, se consideramos a fig.1, a bomba deve ter carga suficiente para compensar a altura manométrica do sistema para que o fluido alcance o reservatório, ou seja:

a) Compensar a altura geométrica: $(ND + \Delta N + H_{cx})$ / **b)** Compensar as perdas na tubulação edutora e adutora: $(\Delta h_e + \Delta h_a)$.

A Altura Manométrica Total (H), para uma dada vazão, será então calculada pela fórmula:
 $H = ND + \Delta N + H_{cx} + \Delta h_e + \Delta h_a$, onde:

H= Altura Manométrica Total do Sistema (m)

ND= Nível Dinâmico do Poço (m)

ΔN = Desnível do terreno (m)

H_{cx} = Altura do Reservatório (m)

Δh_e = Perda de Carga por Atrito/Tubulação Edutora (m)

Δh_a = Perda de Carga por Atrito/Tubulação Adutora (m)

Para determinação das Perdas de Carga por Atrito, dispomos de Tabelas (V.Pasta de Curvas Leão), o que torna o cálculo da Altura Manométrica muito prático e rápido.

De posse da Altura Manométrica Total (H) do sistema, para uma dada Vazão (Q), pode-se selecionar o equipamento mais adequado, usando para isso as curvas de Carga (H) versus Vazão (Q), do fabricante. É importante observar que, na maioria das vezes, o valor da Altura Manométrica do sistema não coincide com o valor da Carga do equipamento de bombeamento, podendo ficar o ponto entre duas curvas, para diferentes quantidades de estágios.

Para melhor entendimento, consideremos a curva da Fig.2, e tomemos como exemplo uma Altura Manométrica calculada e igual a 90,00 m, para uma vazão de 16 m³/h. Observando a curva, para a vazão de 16 m³/h, vê-se que o equipamento possui uma carga de 97,00 m com 8 estágios; e uma carga de 84,50 m com 7 estágios.

Havendo possibilidade de redução da vazão de exploração, pode-se optar pelo equipamento com 7 estágios, o qual produzirá uma vazão de aproximadamente 14 m³/h para a Altura Manométrica de 90,00 m.

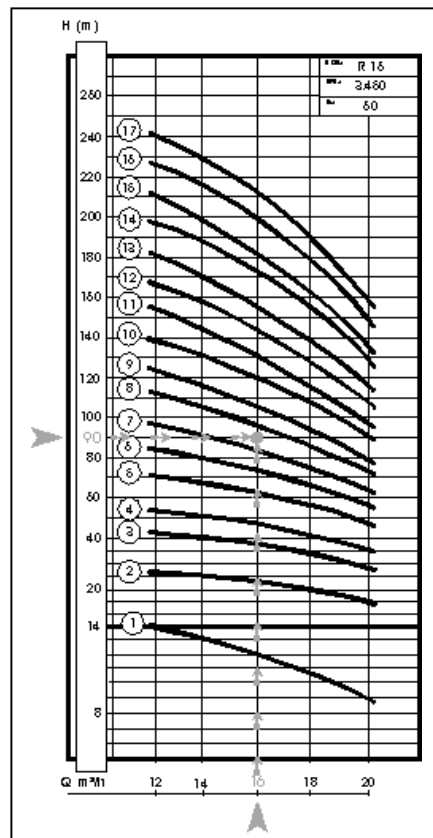
Não sendo possível a redução de vazão, deve-se optar pelo equipamento com 8 estágios.

Nesse caso, por estar o equipamento "superdimensionado", pode-se optar por uma entre as duas alternativas seguintes:

1.) Redução do diâmetro dos rotores da bomba, com conseqüente redução da Carga do equipamento, visando adequá-lo à Altura Manométrica do sistema;
2.) Fechamento parcial da Válvula de Descarga (Registro da saída do poço), com conseqüente aumento da Altura Manométrica, pois com isto aumenta-se a perda de carga. Embora seja este o sistema mais utilizado, cabe ressaltar que a Vazão Mínima de bombeamento, recomendada pelo fabricante para cada um de seus modelos, deve ser respeitada. Assim, a regulagem do registro deve ser feita apenas quando necessário e o suficiente para o ajuste citado anteriormente.

Uma bomba submersa não deve operar com vazão inferior à mínima recomendada, pois a água sob pressão no interior da bomba se aquece rapidamente, com transferência desse calor para o enrolamento do motor e redução de sua vida útil.

Danos no mancal axial também é possível ocorrer. O conceito apresentado pode ser trabalhado através de exercícios diários, de aplicação prática, e com certeza, este procedimento irá melhorar o seu entendimento, bem como reduzir os eventuais problemas encontrados com o dimensionamento de bombas submersas.



Algumas informações práticas para facilitar em hidráulica:

$TR \times 0,65 \text{ m}^3/\text{h} = \text{Vazão necessária para um condensador (em m}^3/\text{h)}$

$TR \times 0,55 \text{ m}^3/\text{h} = \text{Vazão necessária para fancoil (em m}^3/\text{h)}$

Para efeito de cálculo de perda de carga em um condensador adotar 7 mca

Cálculo de um bico para fonte ornamental:

$$Q = c_d \times S \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

Onde: $c_d = 0,61$ (constante) $S = \text{área do bico (m}^2)$ $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ $h = \text{altura (pressão)}$

Sugestão de velocidades para efeito de cálculo

Água potável (em redes de abastecimento de cidades) = 1 a 2 m/s

Água industrial (processo) = 2 a 3 m/s

Água de alimentação de caldeiras = 4 a 8 m/s

Água em sucção de bombas = 1 a 1,5 m/s

Informações práticas sobre infiltração por hora no solo para cálculo de tempo de aspersão:

Solo arenoso permeável	500 a 600 mm/h
Solo de aluvião permeável	30 a 100 mm/h
Solo de aluvião regularmente permeável	20 mm/h
Solo sílico-argiloso pouco permeável	6 mm/h
Solo argiloso muito pouco permeável	0,5 a 1 mm/h

Diretrizes para dimensionamento de piscinas públicas:

População favorecida	Máx. comparec. Diário	Dimensões da piscina
4000	500	12 x 20
6000	700	12 x 25
10000	1100	15 x 30
20000	2000	20 x 40
40000	3100	23 x 50

Comparecimento médio diário = 2,5% do número de sócios, hóspedes, etc...

Máximo comparecimento diário = 10% do número de sócios, hóspedes, etc...

Máximo de banhistas presentes = 1/3 do comparecimento diário

A piscina ideal deverá reservar uma área de 2,5 m² por pessoa

Tabela prática para tempo de recirculação da água da piscina através de filtro

<u>Profundidade da piscina</u>	<u>Classe de piscinas</u>
--------------------------------	---------------------------

<u>Profundidade da piscina</u>	<u>Classe de piscinas</u>	
	<u>Clubs, condomínios, hotéis</u>	<u>Residências privadas</u>
Prof. Máx. até 0,60 m	2 horas	3 horas
Prof. Mín. inf. a 0,60 m e prof. Máx. superior a 0,60 m	4 horas	6 horas
Prof. Mín. entre 0,60 m e 1,80 m	6 horas	8 horas
Prof. Mín. superior a 1,80 m	8 horas	12 horas

Fórmula para vazão requerida através do filtro (para especificar o filtro)

Vazão requerida = $\frac{\text{Volume da piscina (m}^3\text{)}}{\text{Tempo máx. de recirculação (hs)}}$

Tempo máx. de recirculação (hs)

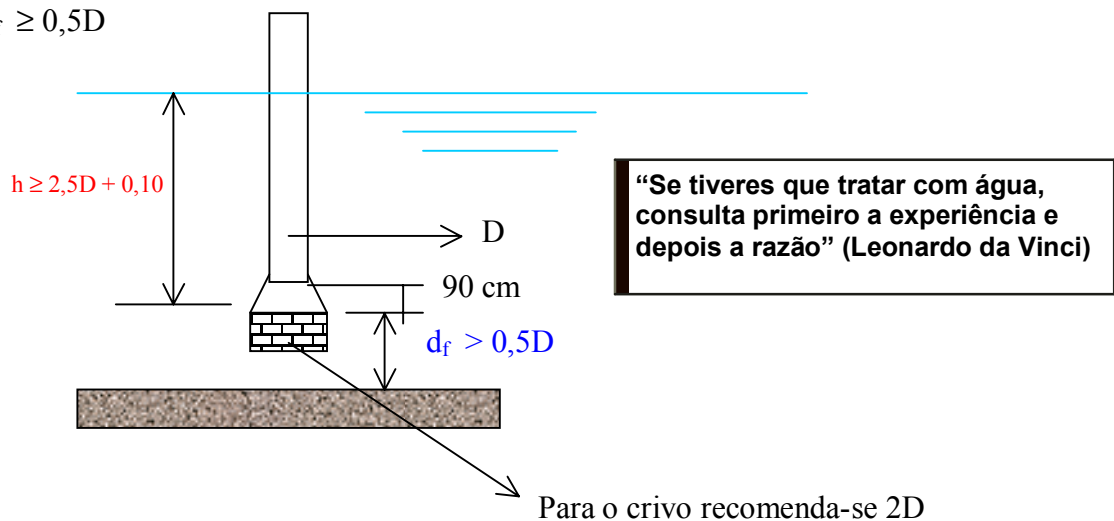
As gaxetas não devem ser muito apertadas. Ajuste o preme-gaxetas para 6 gotas por minuto

Para impedir entrada de ar, ajuste a chave de nível para desarmar pela seguinte fórmula:

$$h \geq 2,5D + 0,10$$

A distância mínima do tubo para o fundo do tanque deverá obedecer a seguinte condição:

$$d_f \geq 0,5D$$



- Nunca devemos instalar curvas horizontais, cotovelos ou tês, junto à entrada de bombas
- As tubulações devem ser montadas de maneira a evitar a transmissão e incidência de esforços sobre as bombas, intercalando-se juntas de expansão e juntas flexíveis
- A tubulação de sucção deve ser o mais curta possível, evitando-se ao máximo, peças especiais, como curvas, cotovelos, etc...
- Sempre que for previsto um manifold na linha de sucção de uma bomba, as conexões deverão ser feitas por meio de “Y” (junções), evitando-se o uso de TÊS.

- O diâmetro do tubo de sucção deve ser tal que a velocidade no seu interior não ultrapasse 2 m/s. Use a seguinte fórmula para calcular o diâmetro:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4Q}{3,14v}}$$

Onde: D = diâmetro (m) Q = vazão (m³/s) v = velocidade (m/s)

Velocidades e vazões máximas em tubos de PVC						
Tubos com juntas soldáveis				Tubos com juntas roscáveis		
Ø	Ø ext.	Veloc. Máx.	Vazão máx.	Ø ext.	Veloc. Máx.	Vazão máx.
Unidades	Mm	m/s	l/s	mm	m/s	l/s
½"	20	1,60	0,2	21	1,60	0,2
¾"	25	1,95	0,6	26	1,95	0,6
1"	32	2,25	1,2	33	2,25	1,2
1.1/4"	40	2,50	2,5	42	2,50	2,5
1.1/2"	50	2,50	4,0	48	2,50	4,0
2"	60	2,50	5,7	60	2,50	5,7
2.1/2"	75	2,50	8,9	75	2,50	8,9
3"	85	2,50	12,0	88	2,50	12,0
4"	110	2,50	18,0	113	2,50	18,0
5"	140	2,50	31,0	139	2,50	31,0
6"	160	2,50	40,0	164,4	2,50	40,0

NPSH & Cavitação

Antes de falarmos do NPSH, faremos uma breve explanação à cavitação, que ao contrário do que muitos dizem, **cavitação não é ar na linha (tubulação).**

Toda bomba centrífuga, assim como bombas de qualquer outro tipo, funciona normalmente somente quando a pressão à sua entrada não é demasiadamente reduzida. Em caso contrário na entrada da bomba ou mais exatamente na entrada do rotor, a pressão mínima pode atingir a pressão de vaporização do líquido à aquela temperatura. Neste local inicia-se intensa formação de vapor. As bolhas de vapor assim formadas, são conduzidas pelo fluxo do líquido até atingir os locais de pressão mais elevada, onde então ocorre a implosão destas bolhas, com a condensação do vapor e retorno ao estado líquido.

Tal fenômeno é conhecido como cavitação.

O fenômeno é acompanhado por um ruído característico e, no caso do fenômeno ser intenso poderá ocasionar a destruição erosiva das paredes metálicas do rotor - "pitting". Nota-se que a destruição do material provocada pela cavitação não se verifica no lugar onde as bolhas se formam, mas sim onde estas se condensam.

Os danos provocados por cavitação em uma bomba centrífuga ocorrem não somente no corpo da bomba, mas também no rotor. Os pontos atacados pela cavitação estão situados no dorso das pás do rotor, próximo à entrada à juzante da região onde se verificam velocidades elevadas que favorecem o aparecimento do fenômeno.

Conceito de NPSH requerido - Comercialmente os fabricantes apresentam o limite de

pressão de uma bombas, através de uma expressão definida como sendo o NPSH requerido (Net positive suction head. Chama-se NPSH requerido a carga total absoluta no flange de entrada da bomba menos a carga correspondente a pressão de vapor do líquido à aquela temperatura.

Para definição do NPSH req. de uma bomba é utilizado como critério a ocorrência de uma queda de 3% na altura manométrica para uma determinada vazão. Este critério é adotado pelo Hydraulic Institute Standard e American Petroleum Institute (API 610).

Conceito de NPSH disponível - É uma característica da instalação em que a bomba opera, e da pressão disponível do líquido no lado da sucção.

Em um dimensionamento de instalação devemos considerar os seguintes itens:

- Minimizar as perdas de carga na tubulação de sucção, utilizando tubulações curtas, diâmetros não muito reduzidos e minimizar as perdas de carga localizadas (válvulas, conexões...etc)
- Verificar o valor da pressão atmosférica local para reservatórios de sucção abertos (ou a pressão no reservatório de sucção para reservatórios fechados)
- A temperatura de bombeamento tem grande influência na viscosidade e pressão de vapor; Portanto variando-se a temperatura de bombeamento, teremos variação no NPSH disp.

Na sobreposição das curvas de NPSH req. fornecida pelo fabricante, e a de NPSH disp. resultante do projeto efetuado, teremos a vazão máxima compatível com a condição de não cavitação.

Fórmula para cálculo do NPSHd

$$\text{NPSHd} = \pm Z + \frac{(\text{Pa} - \text{Pv})}{\rho} - h_s$$

Onde:

Z = altura estática de sucção (m)

Pa = Pressão atmosférica local (m)

Pv = Pressão de vapor do líquido (m)

ρ = Peso específico do líquido

\pm = O motivo do sinal \pm varia de acordo com a sucção da bomba, se afogada (+) e se acima do nível (-).