

Capítulo 6

Bombas e dispositivos usados em reservatórios

“Uma molécula de água fica aproximadamente 8 dias na atmosfera antes de se precipitar na terra.”
David Maidment, 1993

Índice

Capítulo 6- Bombas e dispositivos usados em reservatórios

Seção	Título
6.1	Introdução
6.2	Filtro volumétrico
6.3	Extensão telescópica
6.4	Cesta de coleta de sujeira para filtro
6.5	Haste para coleta de sujeira com filtro
6.6	Bóia para sucção de água
6.7	Extravasor
6.8	Peça direcionadora de fluxo
6.9	Custo do filtro, bóia, etc
6.10	Peneiras
6.11	Bomba centrífuga
6.12	Potência dos conjuntos elevatórios
6.13	Padrão dos motores elétricos brasileiros
6.14	Rendimentos das bombas centrífugas
6.15	Bombas dosadoras de cloro (eletromagnéticas)
6.16	Válvula solenóide
6.17	Fórmula de Bresse
6.18	Perda de cargas equivalentes
6.19	Custos das bombas e demais equipamentos
6.20	Custos das tubulações
6.21	Custo da energia elétrica

Capítulo 6- Dispositivos usados em reservatórios

6.1 Introdução

Existem peças para reservatórios que são fabricadas e vendidas no Brasil. Geralmente são tecnologias alemãs.

6.2 Filtro Volumétrico

Alto grau de eficiência, independentemente do volume que passa. O filtro elimina continuamente as sujeiras.

Não se trata de um filtro como aqueles usados na melhora da qualidade das águas potáveis que são os filtros de pressão cujos diâmetros dos poros variam de $0,5\mu\text{m}$ a $20\mu\text{m}$. Trata-se de peneiras que fazem uma autolimpeza automática, mas possuem perdas que variam de 20% a 55%. A peça da Figura (6.1) apresenta a menor perda de água, ou seja, 20%.

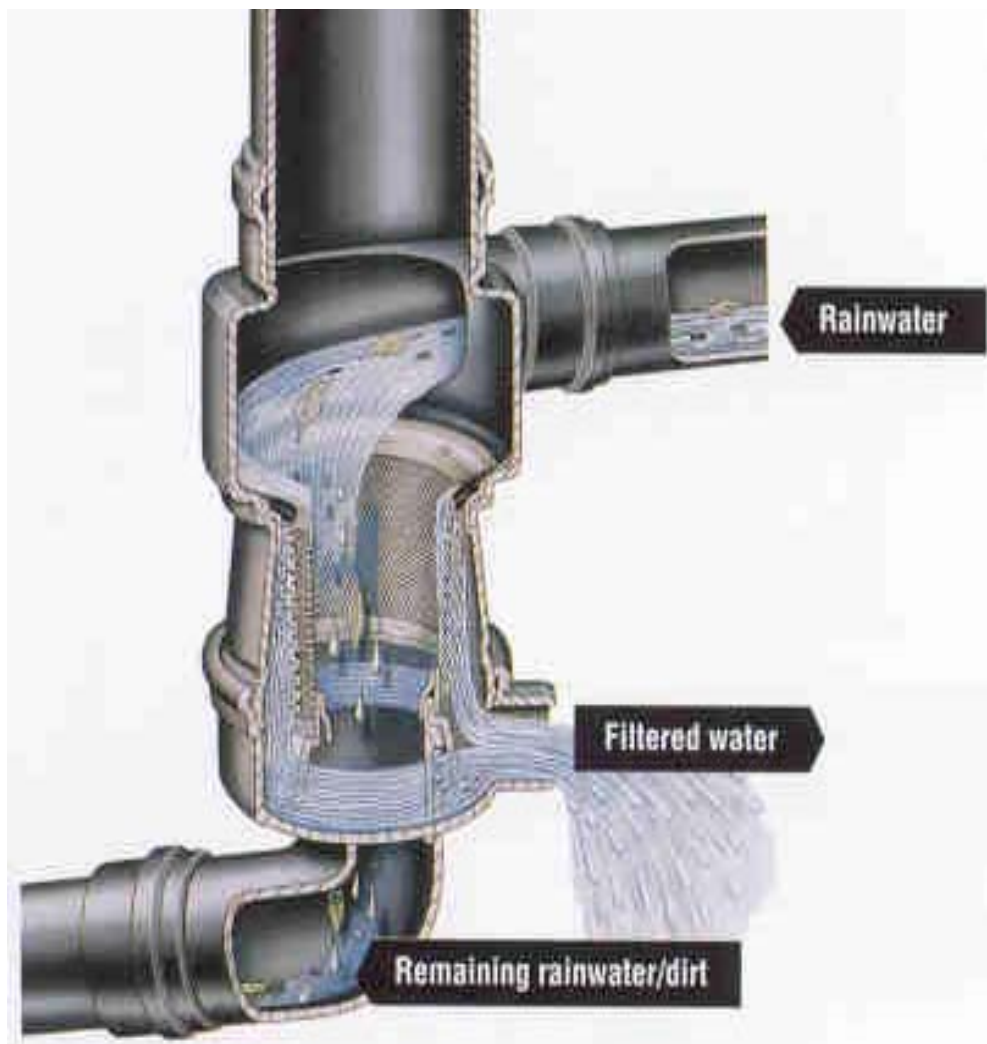


Figura 6.1- Filtro de descida de 0,28mm para diâmetros de condutores verticais de 75mm a 100mm com perdas de até 20%.



Figura 6.2 – Detalhes do filtro volumétrico para áreas de 200m², 500m² e 3000m²
Fonte: Aquastock. Acessado em 11 de dezembro de 2005
<http://www.aquastock.com.br/>

6.3 Extensão telescópica

Extensão em plástico que permite a colocação do filtro diretamente na terra, por cima da reservatório. Serve para os modelos VF 1 e FU. Profundidade máxima: 90cm. Diâmetro: 50cm. Tampa resistente ao peso de uma pessoa, com encaixe. Material: PE. Cor da extensão: verde



Figura 6.3-Extensão telescópica
Fonte: Sistemas para Aproveitamento da água de Chuvas

6.4 Cesta de coleta de sujeira para filtro

Para uso em sistema de infiltração de águas pluviais. Orifícios: 0,26 mm



Figura 6.4-Cesta de coleta de sujeira para filtro
Fonte: Sistemas para Aproveitamento da água de Chuvas

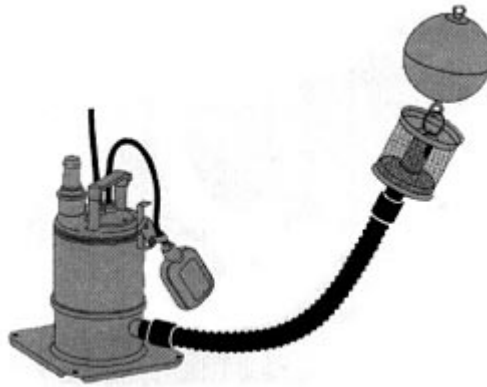


Figura 6.5- Bomba
Fonte: Aquastock

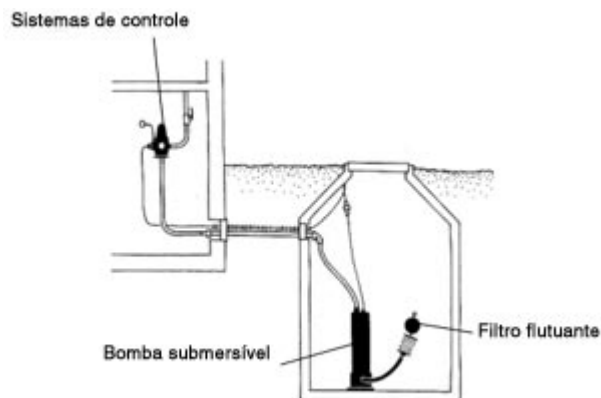


Figura 6.6- Bomba
Fonte: Aquastock

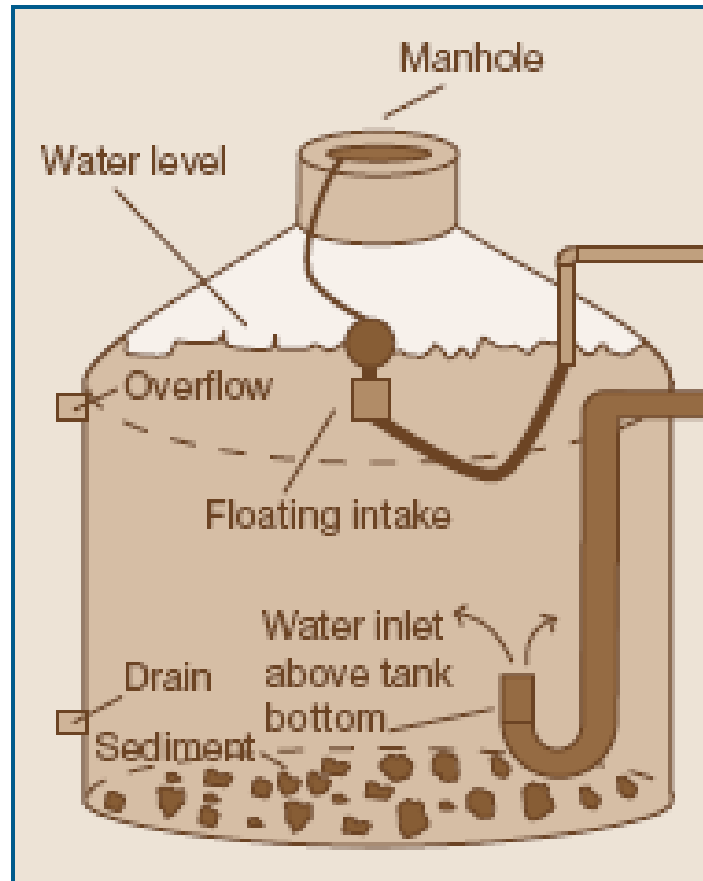


Figura 6.7- Tomada de água da bomba com flutuador e tubo em forma de U par entrada de água de maneira a evitar turbulência.

6.5 Haste para coleta de sujeira com filtro

Comprimento. 0,5m. Fácil montagem.



Figura 6.8-Haste para coleta de sujeira com filtro
Fonte: Sistemas para Aproveitamento da água de Chuvas

6.6 Bóia para sucção de água

A água a ser retirada do reservatório não pode ser retirada do fundo e sim próxima a superfície conforme Figura (6.10). Para tanto se usa bóia de plástico onde na mesma está afixada tubo de $\frac{3}{4}$ " com o filtro de entrada para a sucção.

6.7 Extravasor

O extravasor é feito de polietileno na cor preta e tem diâmetro de 100mm. Existe um sifonamento para manter sempre um fecho hídrico. Na parte externa existe estrutura de aço para impedir de acesso de ratos.

6.8 Peça direcionadora de fluxo

Feita em polietileno de cor preta. Serve para direcionar o fluxo e evitar que os sedimentos depositados no fundo do reservatório sejam removido com a entrada de água de chuva.

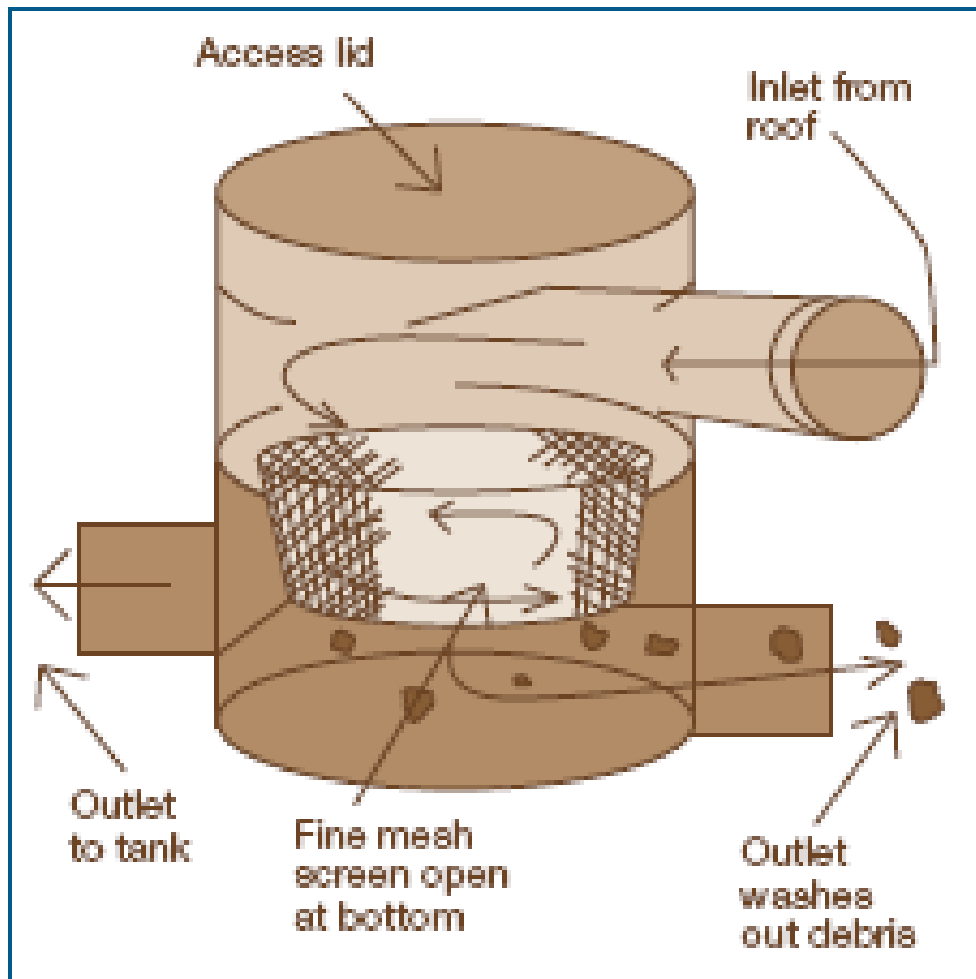


Figura 6.9-Peneira com vórtex base dos chamados “filtros” alemães.

6.9 Custo do filtro, bóia etc.

O custo de quatro peças fundamentais como o filtro, a bóia de sucção, o extravasor peça direcionadora de fluxo é de US\$ 525.

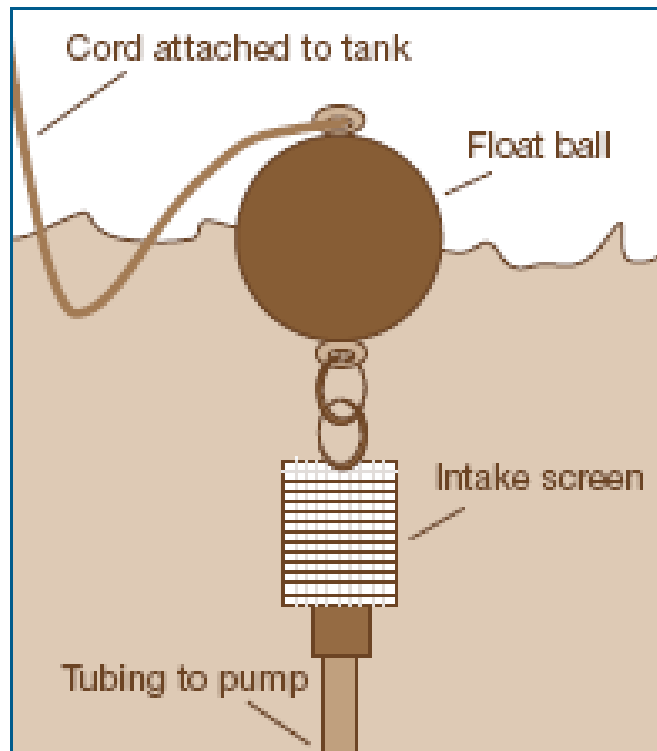


Figura 6.10- Tomada da bomba deve ficar mais ou menos 15cm abaixo da superfície conforme NBR 15527/07

6.10 Peneiras

As peneiras não retêm micróbios e contaminantes químicos. As peneiras devem ser limpas frequentemente

O autor já usou depois da caixa do *first flush* um canal para detenção hidráulica provido de duas peneiras, a primeira com abertura de 9,5mm e a segunda com abertura de 1,58mm conforme Figura (6.11).

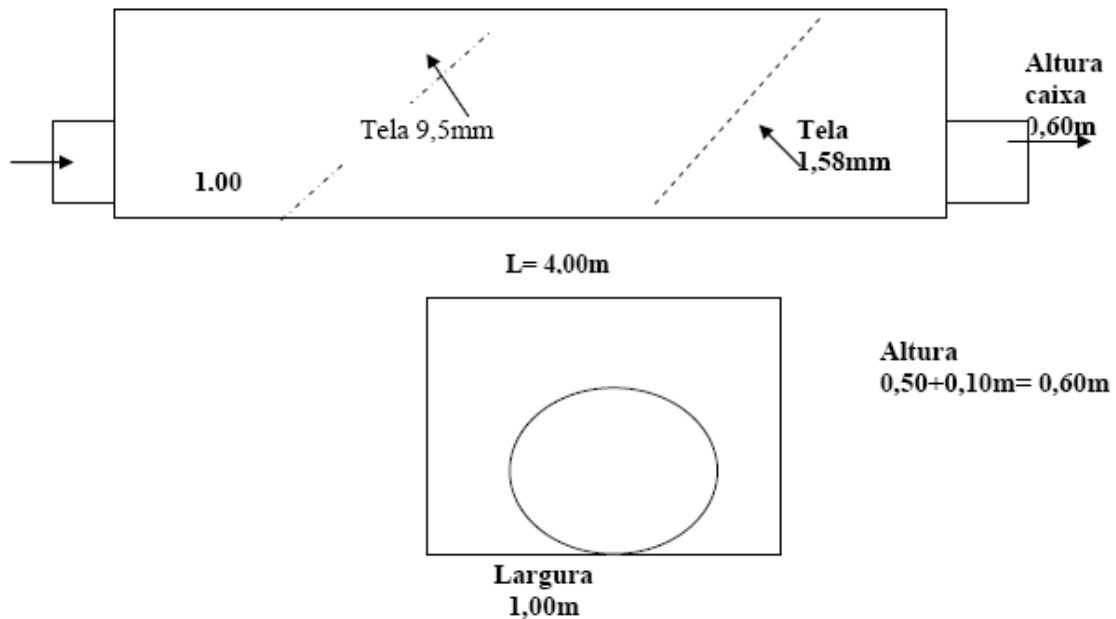


Figura 6.11- Esquema do canal que sai da caixa do *first flush* com duas peneiras e com detenção hidráulica.

6.11 Bomba centrífuga

A água de chuva cai nos telhados e se dirige às calhas e condutores sendo conduzida a um depósito de pré-tratamento, onde folhas, pedaços de pedras, etc serão desviadas e não lançadas na cisterna.

A água será armazenada em uma cisterna que poderá estar enterrada, semi-enterrada, apoiada no chão ou elevada. Devido ao volume o aconselhável é executar a caixa apoiada devido a facilidade de manutenção e operação.

A água para ir para o biofiltro de areia poderá ser conduzida por gravidade, por bomba submersível instalada dentro da cisterna ou por bomba centrífuga externa.

O cálculo da bomba deverá ser feito usando os conceitos comuns de hidráulica.

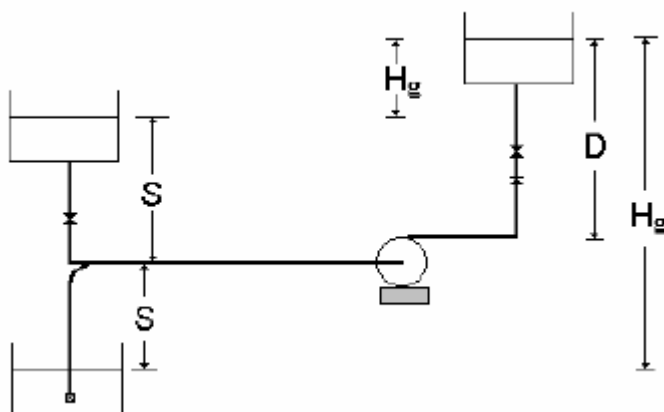


Figura 6.9- Esquema de bomba afogada e bomba por sucção

Na Figura (6.9) podemos ver a instalação típica de bombas de duas maneiras básicas:

1. **Bomba afogada**
2. **Bomba por sucção**

A bomba afogada estará sempre com água e nunca haverá problemas de funcionamento. A bomba de sucção deverá ser usada quando não houver alternativa.

Conforme Universidade Federal de Pernambuco temos:

ALTURAS	EXPRESSÕES
altura manométrica de sucção (H_S)	$H_S = \pm S + h_{fs} - P_S$
altura de recalque (H_D)	$H_D = \pm D + h_{fd} + P_D$
altura manométrica total (H_T)	$H_T = \pm S \pm D + h_{fs} + h_{fd} + P_D - P_S$

Nas quais têm-se:

- S = altura estática de sucção
- h_{fs} = perda de carga total na linha de sucção
- P_S = pressão manométrica no reservatório de sucção
- D = altura estática de descarga
- h_{fd} = perda de carga total na linha de descarga
- P_D = pressão manométrica no reservatório de descarga

6.12 Potência dos conjuntos elevatórios

Conforme Azevedo Neto, 1998 temos:

$$P = \gamma \times Q \times H_{man} / (75 \eta)$$

Sendo:

P= potência em HP. Nota **HP x 0,736= KW**

Q= vazão em m³/s

H_{man}= altura manométrica em metro de coluna de água.

$\eta = \eta_{motor} \times \eta_{bomba}$

γ = peso específico da água= 1000kgf/m³

Acréscimos recomendáveis:

Tabela 6.1- Acréscimo de potência recomendável

Acréscimo da potência	Potência da bomba
50%	2HP
30%	2 a 5HP
20%	5 a 10HP
15%	10 a 20HP
10%	>20HP

Fonte: Azevedo Neto, 1998

Nota: para o cálculo das perdas de cargas distribuídas e localizadas, consultar a NBR 5626/98 sobre Instalações prediais de água fria.

Usamos a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao conforme NBR 5626/98. Como exemplo, a perda de carga unitária em metro/metro para tubos de PVC ou cobre é a seguinte:

$$J = 8,69 \times 10^5 \times Q^{1,75} / d^{4,75}$$

Sendo:

J= perda de carga unitária em metro/metro,

Q= vazão em litros/segundo

d= diâmetro interno da tubo em milímetros.

Exemplo 6.1

Calcular a perda de carga longitudinal de uma tubulação de PVC de 1" (2,54cm) com vazão de 1,6m³/Hora.

$$Q = 1,6 \text{ m}^3/\text{h} = 0,44 \text{ litros/segundo}$$

$$D = 25,4 \text{ mm}$$

$$J = 8,69 \times 10^5 \times Q^{1,75} / d^{4,75}$$

$$J = 8,69 \times 10^5 \times 0,44^{1,75} / 25,4^{4,75} = 0,044 \text{ m/m}$$

Como o comprimento é 50m teremos:

$$\text{Perda longitudinal} = 50 \text{ m} \times 0,044 \text{ m/m} = 2,2 \text{ m}$$

Nota: para tubos acima de 50mm usamos a equação de Hazen-Willians.

$$J = \frac{10,643 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Sendo:

J= perda de carga em metro por metro (m/m);

Q= vazão em m³/s;

C= coeficiente de rugosidade da tubulação de Hazen-Willians;

D= diâmetro em metros.

Obtemos: $Q_0 = (C^{1,85} \cdot D^{4,87} \cdot J / 10,643)^{(1/1,85)}$

Exemplo 6.2

Calcular a potência de um motor trifásico 220V – 380V para acionamento de uma bomba centrífuga afogada com vazão de 1,6m³/hora com altura manométrica total de 25metros de coluna de água.

$Q = 1,6\text{m}^3/\text{hora} = 0,000444\text{m}^3/\text{s}$
 $H_{man} = 25\text{mca}$
 $\eta_{motor} = 0,64$ Tirado da Tabela (6.2)
 $\eta_{bomba} = 0,52$ Tirado da Tabela (6.3)
 $\gamma = 1000\text{kgf/m}^3$

$P = \gamma \times Q \times H_{man} / (75 \eta)$
 $P = 1000 \times 0,000444 \times 25 / (75 \times 0,64 \times 0,52) = 0,44 \text{ HP}$

Escolhemos dentre os motores existentes no mercado conforme Tabela (6.2)

P= ½ HP

Nota: sempre deverá ser consultado o fabricante da bomba e do motor para o dimensionamento correto.

6.13 Padrão dos motores elétricos brasileiros

Com 1800 RPM

0,16HP, 0,25HP, 0,33HP, 0,50, 0,75, 1; 1,5, 2, 3, 4, 5, 6, 7,5 10, 12,5 15, 20, 25, 30, 40.,50, 60, 75,100,125,150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 540, 610, 670, 760, 850, 950.

Com 3.600 RPM

0,16HP7, 0,25HP, 0,33HP, 0,50, 0,75, 1; 1,5, 2, 3, 4, 5, 6, 7,5 10, 12,5 15, 20, 25, 30, 40.,50, 60, 75,100,125,150, 175, 200, 250, 300, 350.

Tabela 6.2 Rendimento estimado do motor em função da potência

Potência em HP	Rendimento do motor η_m
½	64%
¾	67%
1	72%
1 ½	73%
2	75%
3	77%
5	81%
10	84%
20	86%
30	87%
50	88%
100	90%

Fonte: Azevedo Neto, 1998

6.14 Rendimentos das bombas centrífugas

Tabela 6.3 Rendimento estimado da bomba em função da vazão de bombeamento

Vazão em litros /segundo	Rendimento da bomba centrífuga η_b
5	52%
7,5	61%
10	66%
15	68%
20	71%
25	75%
30	80%
40	84%
50	85%
100	87%
200	88%

Fonte: Azevedo Neto, 1998

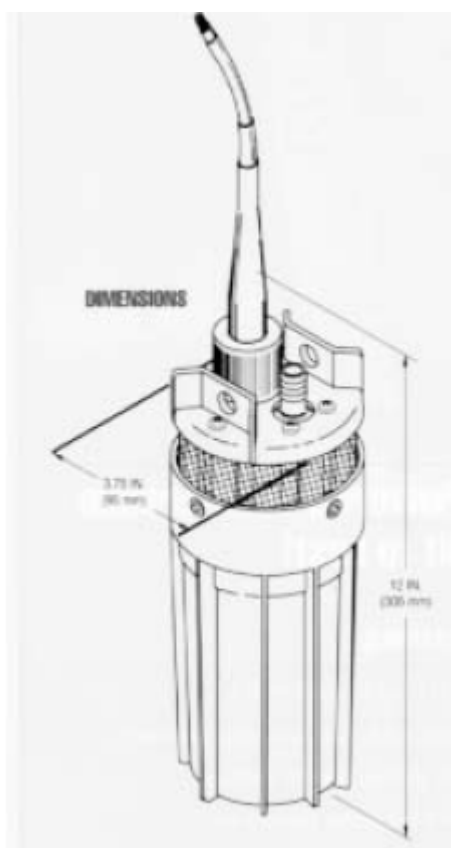


Figura 6.12 –Bomba centrífuga comum



Figura 6.13 –Conjunto motor-bomba centrifuga comum



Figura 6.14- Bombas centrifugas (bombas sanitárias)
Fonte: ADB Equipamentos

As Bombas Centrifugas BM/BMR são de construção compacta, monobloco, de aspiração axial e impulsão radial e as conexões são do tipo norma ABNT e outra sob consulta. Abaixo, destacamos algumas características construtivas.

Motor padrão WEG segundo Norma IEC, forma construtiva B34T (Com pés e caixa de ligação no Topo), proteção IP-55, trifásico 220 / 380 V - 60 Hz.

Nas versões MB (sem capa em inox para revestimento do motor) e MBR (com capa em inox para revestimento do motor).

Acabamento interno e externo (micrômetros), polimento mecânico com rugosidade de $0,8\mu\text{m}$.

6.15 Bombas dosadoras de cloro (eletromagnéticas)



1

Figura 6.15- Bomba dosadora para cloro
Fonte: ADB Equipamentos: www.adbequipamentos.com.br

Esta bomba dosadora é compacta e eficiente. Oferece pequenas vazões de 0 a 30 l/h, para trabalhar em linhas de contrapressão de até 20Kg, com fluxo regulável manualmente por meio de um botão no painel.

O vasilhames (bombonas) de hipoclorito de sódio mais usados são os de 20litros e 50litros.

Custa aproximadamente R\$ 485,00.

- ◆ Este equipamento oferece controle de intensidade de pulso, este ajuste é feito eletronicamente através de um botão localizado no painel frontal e o mesmo regula a câmara do diafragma, permitindo com que o operador escolha um pulso curto ou até mesmo um mais prolongado.
- ◆ A caixa é de antimônio com pintura especial para evitar qualquer ataque de produto químico dosado, e o painel de é de antimônio com membrana protetora para evitar eventuais oxidações.
- ◆ Neste modelo o cabeçote fica separado do painel da bomba dosadora para evitar qualquer tipo de problemas com o produto químico na parte eletrônica.

Modelo C/D



Figura 6.16- Bomba dosadora

- ◆ Esta bomba dosadora é compacta e eficiente. Oferece pequenas vazões de 0 a 30 l/h cada cabeçote, para trabalhar em linhas de contrapressão de até 20Kg, com fluxo regulável manualmente por meio de um botão no painel.
- ◆ Este equipamento oferece controle de intensidade de pulso, este ajuste é feito eletronicamente através de um botão localizado no painel frontal e o mesmo regula a câmara do diafragma, permitindo com que o operador escolha um pulso curto ou até mesmo um mais prolongado.
- ◆ A caixa é de antimônio com pintura especial para evitar qualquer ataque de produto químico dosado, e o painel de é de antimônio com membrana protetora para evitar eventuais oxidações.

- ◆ Neste modelo o cabeçote fica separado do painel da bomba dosadora para evitar qualquer tipo de problemas com o produto químico na parte eletrônica.
- ◆ **Esta bomba pode ser usada em aplicações onde a vazão é de 60 L/h, pois, os 02 cabeçotes atingem 60 L/h.**

6.16 Válvula solenóide

A válvula solenóide compõe-se de duas partes básicas: o corpo e a bobina solenóide.

A bobina solenóide consiste de um fio enrolado ao redor de uma superfície cilíndrica. Quando a corrente elétrica circula através do fio, gera uma força eletromagnética no centro da bobina solenóide, que aciona o êmbolo, abrindo ou fechando a válvula conforme Figura (6.15) e (6.16).

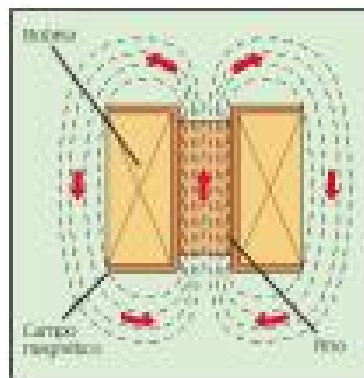


Figura 6.17- Bobina da válvula solenóide

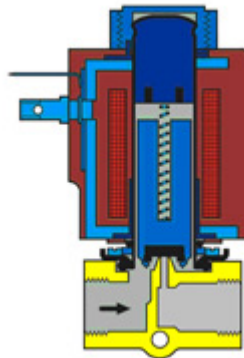


Figura 6.18- Válvula solenóide composta do corpo e da bobina solenóide

6.17 Fórmula de Bresse

Quando há bombeamento temos que estabelecer um critério para dimensionamento da tubulação de recalque e outro para a sucção. Para a sucção é escolhido um diâmetro superior ao recalque e para o recalque é adotado a fórmula de Bresse.

$$D = K \cdot Q^{0,5}$$

Sendo:

D= diâmetro da tubulação de recalque (m)

Q= vazão que passará na tubulação (m³/s)

K= entre 0,9 a 1,3. É muito comum adotar-se K=1,0 mas adotaremos K=1,3 a favor da segurança.

Exemplo 6.3

Dada a vazão de 0,00042 m³/s e K=1,3 achar o diâmetro de recalque D.

$$D = K \cdot Q^{0,5}$$

$D = 1,3 \times 0,00042^{0,5} = 0,027\text{m} = 2,7\text{cm}$. Adoto recalque de 2,5cm=25mm=1”

6.18 Perdas de cargas equivalentes

Existem perdas de cargas **distribuídas** e perdas de cargas **localizadas**. As perdas de cargas localizadas podem ser transformadas em:

- **tubulações equivalentes** ou em
- perdas de cargas conhecendo-se o coeficiente de perda de carga Ks.

A perda de carga localizada com o coeficiente de perda de carga Ks é calculada pela equação:

$$h_L = K_s \times V^2 / 2g$$

Sendo:

h_L= perda de carga localizada em metros

V= velocidade média da água no recalque em m/s

g= aceleração da gravidade =9,81m/s²

Ks= coeficiente de perda de carga localizada (adimensional) conforme Tabela (6.4).

Tabela 6.4- Valores de Ks para cálculo das perdas de cargas localizadas

Peça	Valor de Ks
Crivo	0,75
Curva de 22,5°	0,10
Curva de 45°	0,40
Curva de 90°	0,40
Entrada normal	1,00
Saída da canalização	1,00
Tê passagem direta	0,60
Tê saída lateral	1,80
Válvula de gaveta	0,19
Válvula de pé	15,0
Válvula de retenção	2,30
Válvula globo aberta	10
Válvula de ângulo aberta	5
Válvula de gaveta aberta	0,19
Válvula de gaveta ¾ aberta	1,0
Válvula de gaveta ½ aberta	5,6

Fonte: adaptado de Jeppson, 1973

Exemplo 6.2

Calcular a perda de carga localizada de uma curva de 90° dada a vazão de 0,00042m³/s e diâmetro da tubulação de recalque de 40mm (1 1/2”).

$$\text{Área da secção transversal} = \text{PI} \times \text{D}^2/4 = 3,1416 \times 0,04^2/4 = 0,001257\text{m}^2$$

$$\text{V} = \text{Q}/\text{A} = 0,00042/0,001257 = 0,33 \text{ m/s}$$

Ks = 0,40 conforme Tabela (6.4).

$$h_L = K_s \times V^2 / 2g$$

$$h_L = 0,40 \times 0,33^2 / 2 \times 9,81 = 0,0022\text{m}$$

No caso de perdas de cargas equivalentes procura-se numa Tabela (6.5) as peças e escolhe-se o comprimento conforme o diâmetro escolhido.

Tabela 6.5- Tabela do Macyntire de perdas de cargas equivalentes

DIÂMETRO NOMINAL	JOELHO 90°	JOELHO 45°	CURVA 90°	CURVA 45°	TÊ 90° PASSAGEM DIRETA	TÊ 90° SAÍDA DE LADO	TÊ 90° SAÍDA BILATERAL	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	SAÍDA DE CANALIZ.	VÁLVULA DE PE E CRIVO	VALV. RETENÇÃO		REGISTRO GLOBO ABERTO	REGISTRO GAVETA ABERTO	REGISTRO ÂNGULO ABERTO	
												TIPO LEVE	TIPO PESADO				
DN (Ref)																	
15 (1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9	
20 (3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1	
25 (1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4	
32 (1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5	
40 (1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0	
50 (2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,6	37,9	0,8	18,5	
60 (2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0	
75 (3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0	
100 (4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1	
125 (5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2	
150 (6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9	

Fig. 1.39 Perdas de cargas localizadas — sua equivalência em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre (NBR-5626/82).

Exemplo 6.4

Calcular a perda de carga equivalente para o recalque D=25mm (1“)

2 joelho 90°	2 x 1,5m=3,0m
1 registro de gaveta	0,2m
Entrada normal	0,50m
1 válvula de retenção leve	3,8m
3 curva 45	3x0,70m=2,1
Total=	9,6m

Portanto, no recalque teremos 9,6m de tubulação para as perdas localizadas.

6.19 Custos da bombas e demais equipamentos

Conforme pesquisas efetuadas pela Sabesp em 2001 podemos fazer uma equação do custo do fornecimento e montagem de equipamentos eletromecânicos (bombas, motores, etc).

$$\text{Custo} = 515,76 (P \times Q)^{0,291}$$

Sendo:

Custo= custo do equipamento em US\$

P= potência do motor em HP

Q= vazão da bomba em litros/segundo

Exemplo 6.5

Calcular o custo do conjunto motor-bomba para potência de 4 HP e vazão de 3 L/s.

$$\text{Custo} = 515,76 (P \times Q)^{0,291}$$

$$\text{Custo} = 515,76 (4 \times 3)^{0,291}$$

$$\text{Custo} = \text{US\$}1.063$$

6.20 Custos das tubulações

O custo por metro da tubulação conforme estudos da Sabesp de 2001 para tubos com diâmetro de 100mm a 300mm é:

$$\text{Custo} = A \times D^B$$

Para tubos de **ferro fundido** A=0,03387 e B=1,28567

Para tubos de **PVC** A=0,00131 e B=1,80813

Sendo:

C= custo da tubulação (US\$/m)

D= diâmetro da tubulação (mm)

Exemplo 6.6

Estimar o custo de uma tubulação de PVC com D=75mm e 300m de comprimento.

$$\text{Custo} = A \times D^B$$

$$\text{Custo} = 0,00131 \times 75^{1,80813}$$

$$\text{Custo} = \text{US\$} 3,2/\text{m}$$

Para 300m o custo total será: 300m x US\$ 3,2/m= US\$ 960

6.21 Custo da energia elétrica

Padronização da Bandeirante Energia:

Ligações até 75 KW são classificadas como baixa tensão

Ligações de acima de 75 Até 5000 KW são classificadas como média tensão.

Preço de tarifa da Bandeirante

Convencional Baixa Tensão: R\$ 0,29387/Kwh.

Convencional Média Tensão: R\$ 0,15895242/Kwh.

Na média tensão temos ainda o custo da demanda contratada que é de R\$ 21,0687/Kwh.

HP x 0,736= KW

Exemplo 6.7

Baixa Tensão: Booster Maria Dirce; potência 40 HP x 0,736=29,44 Kw

Custo total da conta = Potência x nº de horas x nº de dias x custo unitário da tarifa.

Custo total da conta = 29,44Kw x 24h x 30dias x R\$ 0,29387/ Kw

Custo total da conta = R\$ 6229,10

Média Tensão : Estação elevatória de água de Gopouva.

Demanda contratada: **1665 KW**

OBS: Caso a empresa ultrapasse a demanda contratada mensal, o custo por Kwh triplica.

Custo total da conta: Custo do consumo + Custo da demanda

Custo do consumo: Potência consumida x Nº horas x Nº de dias x custo unitário da tarifa

Custo da demanda: Potência consumida x Custo da demanda

Supondo que num determinado mês a leitura no medidor da Bandeirante Energia seja 1580 KWh, o custo total da conta será:

Custo de consumo: 1580 x 24 x 30 x 0,15895242 = R\$ 180.824,27

Custo da demanda: **1665** x 21,0687 = R\$ 35.079,38

Custo total da conta: R\$ 180.824,27+R\$ 35.079,38 = R\$ 215.903,65

A título de informação, a concessionária disponibiliza outros tipos de contrato para média tensão como, por exemplo, a **tarifa azul**, em que o custo do Kwh é mais barato que o convencional, somente fora do horário de ponta (*horário de ponta das 17:30 às 20:30 h*).

Entretanto o custo do Kwh e da demanda no horário de ponta é muito mais caro do que o convencional.

Para que seja compensador este tipo de contrato, o consumidor deve desligar os equipamentos que utilizam energia elétrica no horário de ponta.

Exemplo 6.8

Vamos considerar um exemplo da Sabesp de uma estação elevatória com altura manométrica de 86,79m e vazão de 36,51 L/s e rendimento total da bomba e do motor de 68%.

$$P = \gamma \times Q \times H_{man} / (75 \eta)$$

$$Q = 36,51 \text{ L/s} = 0,03651 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{man} = 86,79 \text{ m}$$

$$\text{Rendimento total} = \eta = 0,68$$

$$P = 1000 \times 0,03651 \times 86,79 / (75 \times 0,68) = 62,13 \text{ HP (potencia consumida)}$$

Adoto P= 75 HP motor comercial existente

Vamos calcular o consumo anual de energia elétrica consumida

Consumo anual = 62,13 HP x 0,736 Kw x 18h/dia x 365 dias / 1000= 300 MWh

Como a tarifa de consumo é US\$ 25,54/ MWh teremos:

Custo anual de consumo de energia = US\$ 25,54 / MWh x 300 MWh= US\$ 7.662/ano

Vamos calcular a demanda de energia elétrica que será:

Motor de 75HP

Prazo = 12meses

Custo da demanda por KW= US\$ 2,68/KW

Custo anual da demanda = 75 HP x 0,736 x 12 meses x US\$ 2,68/ KW= US\$ 1.775/ano

As despesas totais anuais de energia elétrica serão: custo do consumo + custo da demanda

Despesa anual = US\$ 7.662/ano + US\$ 1.775/ano= US\$ 9.437/ano

Custo da bomba + equipamentos

$$\text{Custo} = 515,76 (P \times Q)^{0,291}$$
$$\text{Custo} = 515,76 (75 \times 36,51)^{0,291}$$
$$\text{Custo} = \text{US\$ } 5.161$$

Como teremos duas bombas:

$$\text{Custo} = 2 \times \text{US\$ } 5.161 = \text{US\$ } 10.322$$

Custo da tubulação de recalque

Supondo recalque de 1000m e tubo de 150mm de ferro fundido

$$\text{Custo} = A \times D^B$$

Para tubos de ferro fundido A=0,03387 e B=1,28567

$$\text{Custo} = 0,03387 \times 150^{1,28567}$$

$$\text{Custo} = \text{US\$ } 21,26/\text{m}$$

Para 300m o custo total será: 1000m x US\$ 21,26/m = US\$ 21.260

O custo total de bombas + tubos = US\$ 10.322 + US\$ 21.260= US\$ 31.582

Exemplo 6.8 Dimensionamento de bombas centrífugas com sucção

O esquema geral de um bombeamento por sucção está na Figura (6.19). Desnível de 15,00m (nível inferior e nível superior), comprimento do recalque de 20,0m e comprimento de sucção de 2,0m

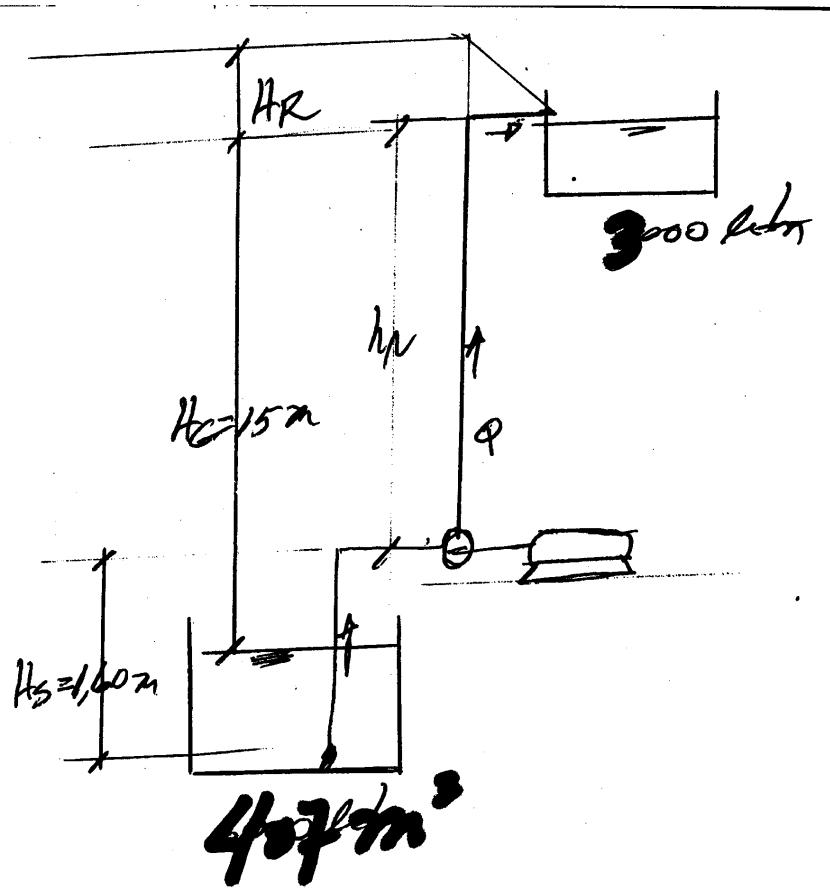


Figura 6.19- Esquema de bombeamento de águas pluviais

Potência do motor da bomba centrífuga

A potência do motor em HP da bomba centrífuga pode ser calculada pela equação:

$$P = (1000 \cdot Q \cdot H_{man}) / (75 \cdot \eta_T)$$

Sendo:

P= potência do motor em HP

Q= vazão de bombeamento (m³/s)

H_{man}= altura manométrica total (m)

η_T= rendimento total do conjunto motor-bomba

$$\eta_T = \eta_B \cdot \eta_M$$

η_B = rendimento da bomba= 0,50

η_M = rendimento do motor=0,90

$$\eta_T = \eta_B \cdot \eta_M = 0,50 \times 0,90 = 0,45$$

Cálculo da vazão de bombeamento

Vamos supor que queremos encher o reservatório de 3.000 litros em duas horas.

Porque duas horas ? Tempo razoável para encher o reservatório.

Bacia sanitária: 54m³/mês

Dias de trabalho durante o mês: 20dias

Consumo diário de água não potável para bacia sanitária 54m³/20= 2,7m³

Volume do reservatório superior adotado: 3m³

$$Q = \text{Volume/tempo} = 3.000 \text{ litros} / (2\text{h} \times 3600\text{s}) = 0,42 \text{ L/s} = 1,5\text{m}^3/\text{h}$$

Diâmetro da tubulação de recalque

Usaremos a **fórmula de Bresse** para K=1,3

$$D = K \cdot Q^{0,5}$$

Sendo:

D= diâmetro da tubulação de recalque (m)

Q= vazão que passará na tubulação =0,42/1000= 0,00042 m³/s

K= 1,3 adotado

$$D = K \cdot Q^{0,5}$$

$$D = 1,3 \times 0,00042^{0,5} = 0,027\text{m} = 2,7\text{cm}. \text{ Adoto recalque de } 2,5\text{cm} = 25\text{mm} = 1''$$

Regra prática

Para a sucção adotamos sempre um diâmetro maior, ou seja, 40mm (1 1/2").

Comprimento equivalentes a perdas localizadas (singular) de PVC ou cobre (ABNT 5626/98).

Ver Tabela (6.5) de Macintyre

Para tubulações de pequeno diâmetro podemos usar perdas de cargas equivalentes a metro de tubulação.

Perda de carga equivalente para a sucção D=40mm (1 1/2")

2 cotovelo 90° 2x 1,2m=2,40m

1 válvula de pé com crivo 18,3m

1 curva de 45° 1,3m

Total = 22,0m

Portanto, na sucção teremos 22,0m de tubulação para as perdas localizadas.

Perda de carga equivalente para o recalque D=25mm (1“)

2 joelho 90°	2 x 1,5m=3,0m
1 registro de gaveta	0,2m
Entrada normal	0,50m
1 válvula de retenção leve	3,8m
3 curva 45	3x0,70m=2,1
Total=	9,6m

Portanto, no recalque teremos 9,6m de tubulação para as perdas localizadas.

Perdas de carga distribuídas

As perdas distribuídas são calculadas usando a perda de carga unitária para tubos de PVC ou cobre conforme ABNT 5626/98 usamos as formulas de Fair-Whipple-Hsiao.

$$J = (8,69 \times 10^5 \times Q^{1,75}) / D^{4,75}$$

Sendo:

J= perda de carga unitária (m/m)

Q= vazão em litros por segundo

D= diâmetro em milímetros

Para tubos de aço-carbono, galvanizado ou não:

$$J = (20,2 \times 10^5 \times Q^{1,88}) / D^{4,88}$$

Perda de carga unitária para tubulação de 25mm

$$J = (8,69 \times 10^5 \times Q^{1,75}) / D^{4,75}$$

$$J_{D=25} = (8,69 \times 10^5 \times 0,42^{1,75}) / 25^{4,75} = 0,044 \text{m/m}$$

Nota: para tubos acima de 50mm usamos a equação de Hazen-Willians.

$$J = \frac{10,643 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Sendo:

J= perda de carga em metro por metro (m/m);

Q= vazão em m³/s;

C= coeficiente de rugosidade da tubulação de Hazen-Willians;

D= diâmetro em metros.

Obtemos: $Q_0 = (C^{1,85} \cdot D^{4,87} \cdot J / 10,643)^{(1/1,85)}$

Perda de carga unitária para tubulação de 40mm

$$J = (8,69 \times 10^5 \times Q^{1,75}) / D^{4,75}$$

$$J_{D=25} = (8,69 \times 10^5 \times 0,42^{1,75}) / 40^{4,75} = 0,0047 \text{m/m}$$

Perda de carga no recalque

L= 20,0m (comprimento da tubulação real)

$$H_r = (20 + 9,6) \times 0,044 = 1,30 \text{m}$$

Perda de carga na sucção

L= 2,0m (comprimento da tubulação real)

$$H_r = (2 + 22) \times 0,0047 = 0,11 \text{m}$$

Altura manométrica total Hman

$$H_{man} = (15 + 1,6) + 1,30 + 0,11 = 18,01\text{m}$$

Potência do motor da bomba

$$P = (1000 \cdot Q \cdot H_{man}) / (75 \times \eta_T)$$

$$P = (1000 \times 0,00042 \times 18,01) / (75 \times 0,45) = 0,22 \text{ H P}$$

Acréscimo de 50%

$$P = 0,22 \times 1,50 = 0,33 \text{ HP}$$

Escolha do motor em HP

Com 1800 RPM

0,16HP, 0,25HP, 0,33HP, 0,50, 0,75, 1; 1,5, 2, 3, 4, 5, 6, 7,5 10, 12,5 15, 20, 25, 30, 40.,50, 60, 75,100,125,150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 540, 610, 670, 760, 850, 950.

Escolhemos motor de 0,33 HP

Com os dados estimados conferir a bomba com o fabricante verificando-se o catálogo de bombas centrífugas.

Exemplo 6.9 Estimativa de bombeamento para regar jardins e lavar pátios

Supomos que vamos fazer uma rede de 75mm de PVC para regar pátios e gramados e tomando o **ponto mais desfavorável**.

A bomba trabalhará por sucção e independente da outra bomba que joga água para as bacias sanitárias. Não haverá cloração. Supomos que o terreno é plano.

Mensalmente precisamos de 170m³ para irrigação e lavagem de pátios. Como temos lavagem ou rega duas vezes por semana (8 vezes por mês) teremos:

$$170\text{m}^3/\text{mês} / 8 = 21,25\text{m}^3/\text{rega}$$

Supomos tempo de rega ou lavagem de 2h

A vazão será:

$$Q = \text{volume} / \text{tempo} = 21,25\text{m}^3 / (2\text{h} \times 3600\text{s}) = \mathbf{0,003\text{ m}^3/\text{s}} = \mathbf{3,0\text{L/s}}$$

O diâmetro do recalque será calculado pela fórmula de Bresse

$$D = 1,3 \times Q^{0,5} = 1,3 \times 0,003^{0,5} = 0,07\text{m}.$$

Adotamos D=0,075m (3") PVC

$$J = \frac{10,643 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Sendo:

J= perda de carga em metro por metro (m/m);

Q= vazão em m³/s;

C= coeficiente de rugosidade da tubulação de Hazen-Williams;

D= diâmetro em metros

$$J = \frac{10,643 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$
$$J = \frac{10,643 \cdot 0,003^{1,85}}{100^{1,85} \cdot 0,075^{4,87}} = 0,018\text{ m/m}$$

Comprimento = 300m

Diâmetro = 75mm

Tubo de PVC

Perda de carga distribuída = 300m x 0,018= 5,4m

Peças:

Diâmetro: 75mm

Válvula de pé com crivo = 26,8m

Registro de gaveta = 0,9m x 2= 1,80m

Joelho 90° 2 x 3,9m= 7,8m

Curva 45° 2 x 1,8= 3,6m

Total = 40,0m

Perda localizada na tubulação de 75mm = 40m x 0,018m/m=0,72m

Perda total na tubulação de 75m = perda localizada + perda distribuída = 0,72m +5,4m= 6,12m

Mangueira

Mangueira de 30m de comprimento

Diâmetro 38mm

Esguicho da mangueira: 16mm

Perda de carga na mangueira de 38mm

Vazão no bocal

A vazão no bocal para $C_d=0,89$ será:

$$Q = 0,2046 \cdot d^2 \cdot H^{0,5}$$

Sendo:

Q= vazão no bocal (L/min)

d= diâmetro do esguicho (mm)

H= pressão dinâmica na boca do esguicho (m)

d=16mm

H= 12m = pressão no esguicho da mangueira

O método de cálculo é por tentativas, isto é, achamos a pressão e a vazão que nos convém.

$$Q = 0,2046 \cdot 16^2 \cdot 12^{0,5} = 181 \text{ L/min} = 3,0 \text{ L/s}$$

Usando a fórmula de Hazen-Williams para $C=140$ temos:

$$\Delta H = 0,7951 \cdot Q^{1,85}$$

Sendo:

ΔH = perda de carga em 30m da mangueira (m)

Q= vazão em L/s

$$\Delta H = 0,7951 \cdot 3^{1,85} = 6,07\text{m}$$

Perda na mangueira = 6,07m

Altura do esguicho: 1,00m

Sução: 1,60m

Pressão na saída do esguicho: 12,0m

Perda de carga no tubo de 75mm: 6,12m

$$H_{man} = 12 + 6,07 + 1,00 + 6,12 + 1,60 = 26,77\text{m}$$

Potência do motor da bomba

$$P = (1000 \cdot Q \cdot H_{man}) / (75 \cdot \eta_T)$$

$$P = (1000 \cdot 0,003 \cdot 26,77) / (75 \cdot 0,45) = 2,4 \text{ HP}$$

Acréscimo de 50%

$$P = 2,4 \cdot 1,50 = 3,6 \text{ HP}$$

Escolha do motor em HP:

Com 1800 RPM

0,16HP, 0,25HP, 0,33HP, 0,50, 0,75, 1; 1,5, 2, 3, 4, 5, 6, 7,5 10, 12,5 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 540, 610, 670, 760, 850, 950.

Escolhemos motor de **4 HP** com 1800 RPM

Com os dados estimados conferir a bomba com o fabricante verificando-se o catálogo de bombas centrífugas.