

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTOS

PATRICIO GALLEGOS CRESPO (*)

É intuito do presente estudo fornecer alguns dados práticos aplicados em projetos de elevatórias de esgotos. Tem-se visado sintetizar valores e procedimentos de uso freqüente.

1. DIMENSIONAMENTO DO POÇO DE SUCCÃO

Básicamente, o dimensionamento é determinado por dois requisitos:

- a) tempo de detenção do esgoto no poço;
- b) intervalo entre ligações do motor da bomba.

1.1 Tempo de detenção

1.1.1 É usual considerar um tempo limite de 10 a 30 minutos (t_1).

1.1.2 Como vazão afluente à elevatória adota-se a vazão média de projeto (Q_1).

1.1.3 O volume para o cálculo será a porção do poço compreendida entre o fundo do poço e o nível médio de operação das bombas (V_1) (Fig. 1).

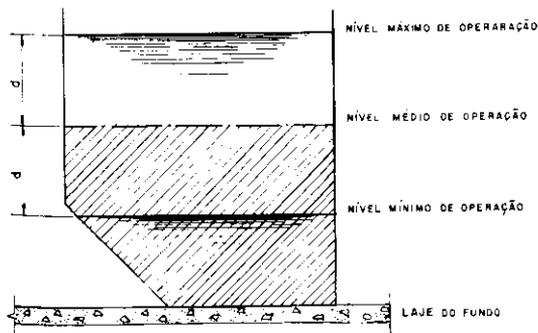


FIG. 1

1.1.4 A relação dos três valores será:

$$(1) \quad V_1 = Q_1 \cdot t_1$$

V_1 = volume em m^3

Q_1 = vazão em m^3/min

t_1 = tempo de detenção em minutos

1.2 Intervalo entre ligações do motor

É fator preponderante no dimensionamento do poço.

1.2.1 O intervalo mínimo de tempo entre ligações consecutivas do motor da bomba é de 5 min.

1.2.2 O volume a ser considerado corresponde à porção do poço compreendida entre o nível mínimo de operação e o nível máximo (Fig. 1). Em todo caso, a distância entre os níveis deverá ser superior a 0,60 m.

1.2.3 A vazão de cálculo corresponde à metade da capacidade da bomba; esta asserção será a seguir demonstrada no item 1.3, equação (10).

1.3 Relações entre a vazão afluente, capacidade da bomba e o volume do poço de sucção

Seja:

Q = capacidade da bomba (m^3/min)

Q' = vazão afluente ao poço de sucção (m^3/min)

V = volume no poço de sucção, entre o nível mínimo e o nível máximo de operação da bomba (m^3)

t = intervalo de tempo entre duas ligações consecutivas de uma mesma bomba (min)

(*) Engenheiro projetista da PLANIDRO.

O intervalo de tempo «t» consta de duas parcelas:

t_s = tempo gasto para o nível de água subir desde o nível mínimo de operação até o nível máximo. Corresponde ao período no qual a bomba permanece desligada. A vazão afluyente do poço determina a variação do nível. Será portanto:

$$(2) \quad t_s = \frac{V}{Q'}$$

t_d = tempo gasto para o nível de água descer desde o nível máximo de operação até o nível mínimo. Corresponde ao período no qual a bomba permanece ligada. A vazão resultante da diferença entre a capacidade da bomba e o afluyente ao poço determinará a velocidade da descida do nível. Será portanto:

$$(3) \quad t_d = \frac{V}{Q - Q'}$$

O intervalo de tempo «t» será:

$$(4) \quad t = t_s + t_d$$

Substituindo na relação (4) as equações (2) e (3):

$$(5) \quad t = \frac{V}{Q'} + \frac{V}{Q - Q'}$$

Ou seja:

$$(6) \quad t = \frac{V}{Q} \left[\frac{1}{\frac{Q'}{Q}} + \frac{1}{1 - \frac{Q'}{Q}} \right]$$

$$(7) \quad \frac{Q \cdot t}{V} = \left[\frac{1}{Q'/Q} + \frac{1}{1 - Q'/Q} \right]$$

onde, para cada caso particular, o volume (V) e a capacidade da bomba (Q) são valores constantes.

A parábola da Fig. 2 é a representação gráfica da equação (7), mostrando as variações do intervalo de tempo «t» em função da variável Q' .

O ponto mínimo da parábola corresponde aos seguintes valores nas coordenadas.

a) A relação de vazões é:

$$(9) \quad \frac{Q'}{Q} = 0,5 \quad \text{ou}$$

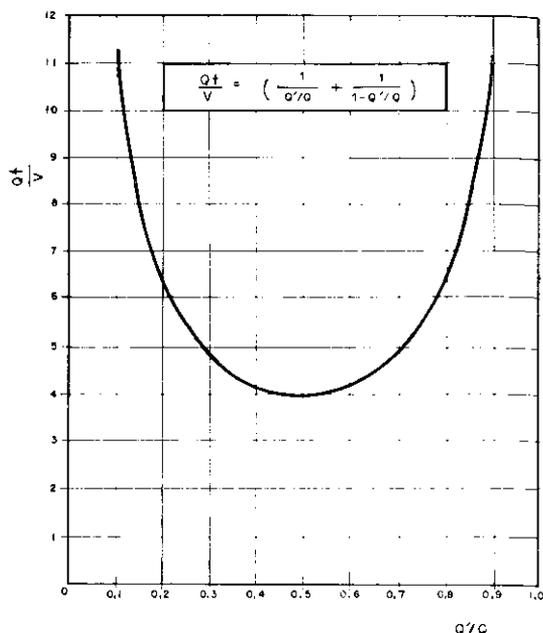


FIG 2

$$(10) \quad Q' = 0,5 Q$$

A igualdade anterior mostra que, para um intervalo mínimo na ligação dos motores, a vazão afluyente é a metade da capacidade da bomba.

b) O intervalo mínimo de tempo guarda a seguinte relação:

$$(11) \quad \frac{Q \cdot t}{V} = 4$$

Substituindo, na equação (11), o tempo limite $t = 5$ minutos e pondo em evidência o volume V:

$$(12) \quad V = 1,25 Q$$

V = volume em m^3

Q = capacidade da bomba em m^3/minuto

Com a igualdade anterior poderá ser facilmente determinado o volume no poço de sucção, entre os níveis máximo e mínimo de operação das bombas.

2. DIMENSIONAMENTO DO POÇO DE BOMBAS

2.1 Generalidades

A profundidade do poço, a partir do nível do terreno estará basicamente determinado por três parcelas, as quais, em ordem descendente, são:

- profundidade da cota da soleira do afluente;
- distância entre os níveis máximo e mínimo de operação;
- altura requerida para instalar a bomba e as peças especiais.

A Fig. 3, bem como as indicações fornecidas no item 3.6.2 esclarecem a obtenção destes parâmetros.

Condicionando o projeto à seleção de bombas centrífugas, de eixo vertical, o comprimento do poço dependerá das dimensões das bombas e do espaço previsto para circulação e operação das mesmas.

A largura do poço dependerá da linha de sucção, das dimensões das bombas e da linha de descarga. É usual considerar na linha de sucção, a partir da bomba, uma redução excêntrica, um registro de gaveta, uma junta Gibault que permitirá a desmontagem, uma curva de 90° e o sino da entrada. Na tubulação de descarga encontram-se, comumente localizadas a partir da bomba: uma redução, uma válvula de retenção, uma válvula de esfera e uma ou duas curvas de 90°; quando o barrilete se localiza dentro da elevatória, a junção de 45° e, às vezes, um registro à saída do barrilete (Fig. 3).

A escada de acesso e a bomba de esgotamento do piso aumentarão, proporcionalmente, as dimensões da largura e o comprimento.

2.2 Seleção do modelo da bomba

As condições hidráulicas, determinantes do modelo da bomba, são a capacidade e a altura manométrica total.

2.2.1 Capacidade da bomba

As bombas deverão cobrir as variações do esgoto afluente mediante uma seleção adequada da vazão de recalque. É importante lembrar que, excetuando os casos quando os sólidos forem previamente removidos ou triturados, as bombas de capacidade pequena não permitirão a passagem dos sólidos normalmente encontrados no esgoto.

O item 3.2 complementa os critérios desta seleção.

2.2.2 Altura manométrica total da bomba

Consta de duas parcelas: a altura estática de recalque e a altura dinâmica.

A altura estática de recalque é a diferença de elevação entre o nível máximo de água no poço da descarga, se for o caso de descarga sub-

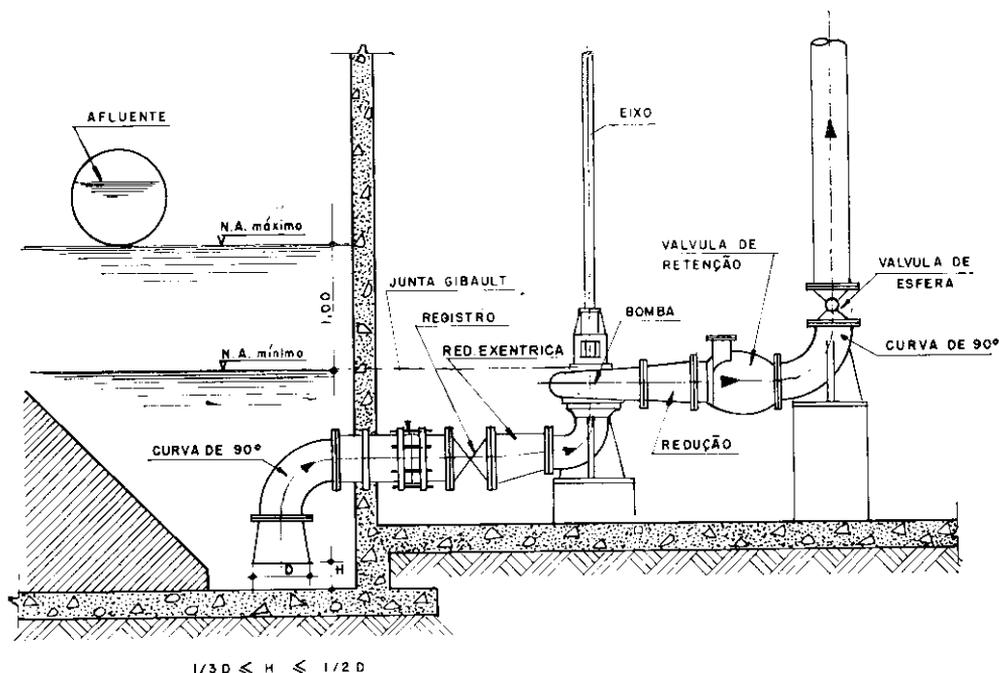


FIG. 3

mergida, menos o nível mínimo da água no poço de sucção; se a linha de recalque terminar em descarga livre, a diferença será considerada desde a geratriz superior do tubo até o nível mínimo no poço de sucção. Uma aproximação inicial da altura estática poderá ser feita, considerando o nível mínimo no poço de sucção, um metro abaixo da soleira do afluente.

A altura dinâmica consta das perdas de carga ocasionadas nas linhas de sucção e de recalque. A perda de carga normal, nos trechos retos da tubulação, é o produto da perda unitária com o comprimento da linha.

As perdas de carga localizadas, nas válvulas e peças especiais, alcançam aproximadamente dois metros, conforme se demonstra a seguir.

As velocidades de escoamento, usualmente consideradas, são:

- Tubulação da sucção $V = 1,50 \text{ m/s}$
- Tubulação da descarga $V = 2,50 \text{ m/s}$

Segundo indicação do item 2.1, as resistências na linha de sucção correspondem à entrada, cotovelo de 90°, registro de gaveta e a redução. A somatória dos coeficientes da carga cinética é, aproximadamente, $\Sigma K = 1,15$.

A carga cinética, com a velocidade da sucção ($V = 1,50 \text{ m/s}$), é:

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{1,5^2}{2g} = 0,115$$

A perda por atrito na sucção:

$$\frac{KV^2}{2g} = 1,15 \times 0,115 = 0,132 \text{ m}$$

Acorde com o mesmo item 2.1, as resistências na linha de descarga corresponderiam à redução, válvula de retenção, válvula de esfera, dois cotovelos de 90°, lateral, dois cotovelos de 45° e saída da descarga. A somatória dos coeficientes da carga cinética é, aproximadamente, $\Sigma K = 6,15$.

A carga cinética, com a velocidade da descarga ($V = 2,50 \text{ m/s}$), é:

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{2,5^2}{2g} = 0,32$$

A perda por atrito na descarga:

$$\frac{KV^2}{2g} = 6,15 \times 0,32 = 1,97$$

Portanto, as perdas de carga total serão:

- Perdas na sucção 0,13
- Perdas na descarga 1,97
- Perdas de carga total 2,10

É portanto lógico adotar, como perda de carga nas válvulas e peças especiais, um valor de 2 metros.

De posse da capacidade e da altura manométrica da bomba e factível escolher o modelo da mesma.

3. SEQUÊNCIA DO PROJETO

3.1 Dados básicos de projeto

Localização da elevatória, afluente, descarga e extravasor.

Vazão média de projeto.

Cota da soleira do afluente.

Cota do terreno.

Nível de máxima enchente, se fôr o caso.

Topografia do terreno, se não fôr plano.

É também importante recolher dados sobre as características da energia elétrica, condições urbanísticas da vizinhança, informações geológicas do terreno etc.

3.2 Capacidade das bombas

Salvo casos muito especiais, é da máxima conveniência escolher todas as bombas de uma mesma capacidade. Esta norma conduz a uma vantajosa padronização do equipamento, o que facilita grandemente a manutenção dos conjuntos elevatórios.

Este critério está plenamente justificado face à incerteza das previsões de contribuição futura, vazão na qual se baseia a seleção das capacidades de recalque das bombas.

Ainda mais, a instalação de uma válvula de esfera na descarga das bombas permite o estrangulamento da seção (o que não é recomendável com as válvulas de gaveta, que devem trabalhar completamente abertas ou completamente fechadas); a graduação deste estrangulamento aumenta, ou diminui, a altura manométrica de recalque, assim variando, em proporção inversa, a capacidade total de recalque.

É evidente que todas as bombas deverão cobrir a necessidade futura, de vazão e altura manométrica.

A vazão total de projeto «Q» será recalçada mediante o funcionamento simultâneo de todos os conjuntos elevatórios. Esta vazão total dará origem a uma altura manométrica «H» que deverá ser alcançada no final do período, ou seja, tôdas as bombas recalçando através de uma tubulação velha e rugosa ($C = 100$).

Dividindo a vazão total para o número «n» de conjuntos escolhidos, ter-se-á a capacidade de uma bomba (Q_1).

$$\frac{Q}{n} = Q_1$$

Considerando que a altura manométrica da bomba deverá igualar à altura calculada, ter-se-á:

$$H = H_1$$

Seleciona-se $n + 1$ conjuntos elevatórios, incluída a bomba de reserva, de capacidade Q_1 e altura manométrica H_1 ; o ponto 1, na Fig. 4, satisfaz estas condições. O motor operará com uma potência P_1 .

Porém, no início de operação da elevatória haverá somente UMA BOMBA recalçando através de uma tubulação nova e lisa ($C = 140$) e, portanto, a altura manométrica (H_2) será muito menor e a capacidade de recalque (Q_2) será muito maior. Neste caso a potência será P_2 ; por segurança, a potência será escolhida de forma a operar, sem que o motor esquente indevidamente, até a máxima capacidade de recalque da bomba (Fig. 4).

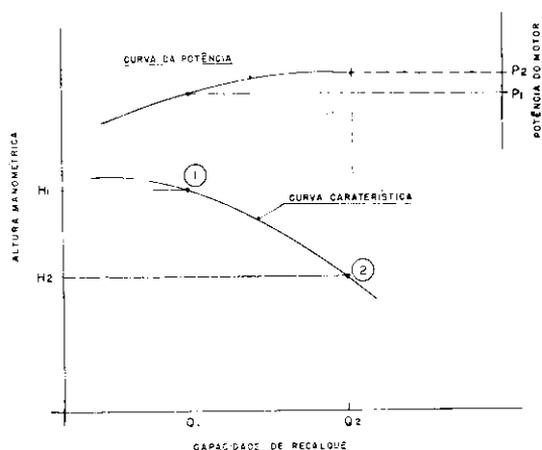


Fig. 4

A asseveração anterior é válida quando todos os registros estiverem completamente abertos. Não obstante, quando o estrangulamento da válvula de esfera ocorrer, a altura manométrica

aumentará e a capacidade de recalque ver-se-á proporcionalmente diminuída. Isto permite, ao operador da elevatória, contar com uma apreciável faixa de capacidades, assim permitindo igualar as variações da vazão afluyente.

Em conseqüência, não se justifica uma miscelânea de capacidades, na seleção das bombas, o que impede a vantajosa padronização do equipamento.

3.3 Dimensionamento das linhas de sucção e da descarga

O diâmetro da linha de sucção será dimensionado para permitir, com a vazão máxima de projeto, uma velocidade de escoamento de $V = 1,50$ m/s.

O diâmetro da linha de recalque será dimensionado para permitir, com a mesma vazão, uma velocidade não maior de $V = 2,50$ m/s. Esta velocidade é particularmente aplicada em linhas de recalque curtas.

Freqüentemente, em linhas de recalque muito compridas, a perda de carga ao longo da linha é muito elevada; é conveniente, nestes casos, dimensionar a linha de recalque com a vazão mínima e a velocidade de autolimpeza, $V = 0,60$ m/s. Os diâmetros assim obtidos são maiores e, portanto, com menor perda de carga.

3.4 Altura manométrica total das bombas

De acôrdo com as diretrizes assinaladas no item 2.2.2 a altura estática é igual à cota da geratriz superior da descarga (ou nível de água), menos o nível mínimo de água no poço de sucção (1 m abaixo da soleira do afluyente).

A altura dinâmica é igual à perda de carga normal da linha de recalque, adicionada em aproximadamente 2 m (dependendo da velocidade e as peças especiais envolvidas em cada caso).

A altura manométrica total é a somatória das duas parcelas anteriores.

3.5 Seleção do equipamento de recalque

Escolher-se-á um modelo de bomba que satisfaça os requisitos de capacidade e altura manométrica total. O representante da fábrica de bombas prestará o assessoramento necessário para uma adequada seleção.

3.6 Dimensionamento dos poços

O caso que com maior freqüência se apresenta, para recalque de esgotos, é mediante a

utilização de bombas centrífugas, de poço sêco, sucção axial, eixo vertical prolongado e rotor à prova de entupimento. Também será admitido que os poços tenham forma retangular.

3.6.1 Com a vazão correspondente à capacidade da bomba, e as velocidades indicadas no item 3.3, encontram-se os diâmetros das tubulações de sucção e descarga para cada conjunto de recalque.

As dimensões, em planta, do poço das bombas, poderão ser facilmente determinadas através das diretrizes assinaladas no item 2.1.

3.6.2 A Fig. 3 representa, esquematicamente, um corte seccional através dos poços. É importante observar que a elevação de referência, a qual servirá de base para a fixação das outras elevações, é a cota da soleira do afluente. Se o nível máximo de água é o mesmo que a elevação de referência, o nível mínimo estará localizado um metro abaixo; esta consideração arbitrária deverá ser confirmada posteriormente com os cálculos indicados no item 3.6.3.

Estabelecendo a coincidência do nível mínimo de água com a parte superior da carcaça, será possível, a partir desta cota, verificar o espaço requerido até o fundo do poço, com base nas dimensões fornecidas nos catálogos de bombas, válvulas e peças especiais.

3.6.3 Se o comprimento do poço de sucção é o mesmo do poço das bombas, já determinado no item 3.6.1, a largura do poço de sucção poderá ser obtida a partir do volume necessário entre os níveis máximo e mínimo.

A equação (12) indica o volume mínimo necessário:

$$(12) \quad V = 1,25 Q$$

V = Volume em m^3

Q = capacidade da bomba em m^3/minuto

Deverá ser considerada a capacidade de recalque da maior bomba, recalcando isoladamente, através de tubulação nova ($C = 130$) e com os registros completamente aberto (Ponto P_2 , Fig. 4).

3.7 Níveis operacionais

É oportuno estabelecer no projeto níveis iniciais de «ligado» e «parada» das bombas, que posteriormente poderão ser modificados, de acordo com as experiências na operação.

Um exemplo esclarecerá melhor o problema:

Sejam duas bombas em operação normal e uma na reserva.

Considere-se o nível mínimo de operação na cota 1,00 e o nível máximo de operação na cota 2,00.

Prever-se-á um alarme para o nível máximo, acima da cota 2,00, e outro para o nível mínimo, abaixo da cota 1,00.

Níveis ascendentes	Ligado	Parada
Primeira bomba	1,90	--
Segunda bomba	2,00	—
Bomba de reserva	2,10	--
Alarme de nível máximo ...	2,10	—
Alarme de nível mínimo ...	—	1,10

Níveis descendentes	Ligado	Parada
Bomba de reserva	—	1,90
Segunda bomba	—	1,10
Primeira bomba	—	1,00
Alarme de nível máximo ...	—	1,80
Alarme de nível mínimo ...	0,90	—

4. CONCLUSÃO

As dimensões dos poços, obtidas mediante estes cálculos expeditos, alcançam uma ordem de precisão, que cálculos mais apurados dificilmente modificarão as dimensões assim obtidas. Isto permitirá ao engenheiro do projeto fornecer os dados básicos para que o desenhista possa localizar, em escala, os elementos anteriormente descritos; ao mesmo tempo poderão ser iniciadas computações mais precisas e demoradas que as anteriores, as quais posteriormente servirão como dados básicos para a especificação dos equipamentos.