

Processos Pitométricos para determinação de curvas características de bombas

Eng.º JOSÉ A. DANIELIDES DE FARIA (*)
Eng.º MÁRIO AUGUSTO BAGGIO (**)

1. INTRODUÇÃO

Face ao elevado número de Estações Elevatórias existentes em São Paulo e sua importância no sistema de abastecimento de água, necessário se fazia a obtenção de parâmetros que fornecessem prioridades de manutenção preventiva, possibilitassem otimizações na operação e permitissem, eventualmente, estudos de ampliações destas estações. Isto veio a acarretar medidas, no sentido de suprir essas necessidades, visando a escolha de um método adequado para testes de bombas, de maneira a aprimorar as condições de operação e manutenção dos Sistemas.

2. OBJETIVOS

Este trabalho, divulgando a experiência da unidade de Pitometria da SABESP neste campo, não tem como finalidade o esgotamento total do assunto e sim o fornecimento de requisitos às Empresas de Saneamento Básico, no intuito de possibilitarem a adoção ou aprimoramento das técnicas posteriormente expostas.

3. VANTAGENS E FINALIDADES DOS TESTES

Dentro das inúmeras vantagens de se conhecer a curva característica real ($Q \times H$) de uma bomba (para uma certa rotação), citam-se:

- Determinação da faixa ideal de trabalho (máximo rendimento).
- Verificação da curva do fabricante. (Para isto, além do teste convencional, utiliza-se o tacômetro (medição da rotação real).

□ Obtenção de parâmetros reais para a otimização e/ou ampliação do Sistema.

□ Elaboração de manuais de operação em condições normais e de emergência, baseados nos dados reais levantados.

□ Acompanhamento periódico das condições de desempenho dos grupos das Estações Elevatórias, de maneira a possibilitar a adoção de programas eficientes de manutenção preventiva.

□ Correção dos pontos falhos das Estações Elevatórias.

□ Possibilidade em se determinar a rotação específica, curva de NPSH disponível, que permitem a constatação e correção de problemas quanto a cavitação.

□ Possibilidade de análise para mudança de rotores.

□ Cadastramento de todos os conjuntos de recalque dos Sistemas, de maneira a possibilitar o remanejamento e aproveitamento de bombas de uma estação em outra, decorrente de mudanças nas condições de operação.

□ Conhecendo-se os vários pontos de trabalho dos grupos isolados e associados, pode-se determinar a curva do sistema.

□ Determinação de perda de carga na sucção e recalque.

4. EQUIPAMENTOS, ACESSÓRIOS E PESSOAL NECESSÁRIOS

4.1 EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO

4.1.1 TAP

Registro de derivação de 1", que permite a introdução do tubo Pitot na linha.

4.1.2 Máquina Mueller

Equipamento utilizado para perfuração, abertura de rosca e rosqueamento do tap na tubulação em carga.

4.1.3 Tubo Pitot

Instrumento que mede a velocidade de escoamento através do diferencial das pressões dinâmica e estática, captadas por orifícios (tips) e na mesma direção das linhas de corrente.

4.1.4 Cálibre

Instrumento para medição do diâmetro interno real da tubulação e da projeção do tap, com os quais será calculada a secção de escoamento.

4.1.5 Tubo U, mangueiras e líquidos manométricos.

São complementos para se efetuar as medições com o tubo Pitot.

4.1.6 Cronômetros

4.1.7 Rádios transceptores portáteis.

4.2 EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO

4.2.1 Manômetros de Precisão

São utilizados para a medição da pressão de recalque e esporadicamente para medição de pressão de sucção. Empregam-se normalmente as seguintes escalas manométricas:

Manômetro 0 --- 42,18 m.c.a	(0 --- 60 psi)
Manômetro 0 --- 70,31 m.c.a	(0 --- 100 psi)
Manômetro 0 --- 112,49 m.c.a	(0 --- 160 psi)
Manômetro 0 --- 140,61 m.c.a	(0 --- 200 psi)
Manômetro 0 --- 175,77 m.c.a	(0 --- 250 psi)
Manômetro 0 --- 210,92 m.c.a	(0 --- 300 psi)

A escolha do manômetro ideal, baseia-se em um critério, onde as pressões obtidas se situem entre 1/3 a 2/3 da escala adotada.

4.2.2 Balança de Peso Morto

É utilizada para aferição dos manômetros de precisão, logo após a realização dos testes no local de medição, evitando com isto alterações decorrentes de transporte.

(*) Engenheiro da Divisão de Planejamento da Operação — Diretoria de Operação da SABESP.

(**) Engenheiro Chefe do Setor Técnico da Diretoria de Operação da SABESP e Engenheiro Estagiário da Divisão de Planejamento da Operação — Diretoria de Operação da SABESP.

4.2.3 Piezômetro de Mercúrio

Consistem em um tubo U contendo mercúrio, conectado à tomada de pressão através de uma mangueira, ficando uma das extremidades aberta à atmosfera.

4.3 APARELHO UTILIZADO PARA MEDIÇÃO DE ROTAÇÃO

- Tacômetro.

4.4 PESSOAL

O quadro de pessoal necessário para o levantamento da curva característica ($Q \times H$) de uma bomba, consiste basicamente em:

- 1 Técnico com as funções de:
 - coordenação geral dos testes, para obtenção de simultaneidade das leituras de pressão, vazão e nível.
 - instruções de montagem dos instrumentos.
- 2 Instaladores com as funções de:
 - leitura das pressões de recalque e sucção.
 - operação dos registros de recalque.
 - leitura do nível do poço de sucção.
- 1 Instalador com a função de:
 - leitura das deflexões obtidas com o tubo Pitot.

Salienta-se que para testes de associação de bombas, são utilizados um manômetro, um piezômetro e um instalador para cada bomba adicional.

5. RECOMENDAÇÕES

5.1 MEDIÇÃO DE VAZÃO

5.1.1 Colocação de Tap

Deverão ser obedecidas as distâncias mínimas de 20 diâmetros a montante e 10 diâmetros a jusante de qualquer singularidade existente na linha, para que efeitos de turbilhamento não venham a mascarar os dados da medição.

5.1.2 Medição Propriamente Dita

- Levantamento do diâmetro real da linha, efetuado através de calibre.
- Instalação do tubo Pitot.
- Levantamento da curva de distribuição de velocidade na tubulação (traverse).
- Centralização do tubo Pitot (para o diâmetro nominal).
- Adotamos, como suficiente para obtenção da curva característica ($Q \times H$), a execução de 5 (cinco) testes referentes a pontos distintos da curva. A obtenção de mais pontos proporcionaria um maior requinte, porém dispenderia um tempo maior, podendo agravar ainda mais as condições de abastecimento, prejudicadas devido à realização dos testes.
- As medições de vazão deverão ser efetuadas em intervalos de 30 segundos, simultaneamente às medições de pressão e com um mínimo de 16 leituras.
- Na metade de cada teste deverá ser feita a inversão da haste do tubo Pitot para comprovação do perfeito estado dos tips (orifícios).
- É necessário a utilização de líquido manométrico adequado, para que as deflexões obtidas não sejam

inferiores a 5,0 cm, evitando-se erros grosseiros de leitura.

- Devido às alterações verificadas no líquido manométrico em função da temperatura, deverão ser efetuadas correções de densidade no próprio local do teste.

5.2 MEDIÇÃO DE PRESSÃO

5.2.1 Colocação de tomadas de pressão

Deverão ser evitadas secções em que a distribuição de velocidade seja seriamente perturbada pela existência de acessórios (válvulas, curvas, etc.). Esta secção deve ser preferivelmente em um trecho retilíneo de conduto, que se estenda cinco (5) diâmetros a montante e dois (2) diâmetros a jusante desta secção.

Caso não haja disponibilidade de trechos retos, as próprias flanges oferecem boas condições de precisão.

5.2.2 Medição Propriamente Dita

5.2.2.1 Sucção

A pressão de sucção deverá ser medida com um piezômetro de mercúrio, sempre que possível, para que se obtenha uma melhor precisão.

5.2.2.2 Recalque

A pressão de recalque deverá ser medida através de um manômetro de precisão aferido através de uma balança de peso morto no próprio campo. Este processo deverá também ser utilizado na medição da pressão de sucção, quando não for

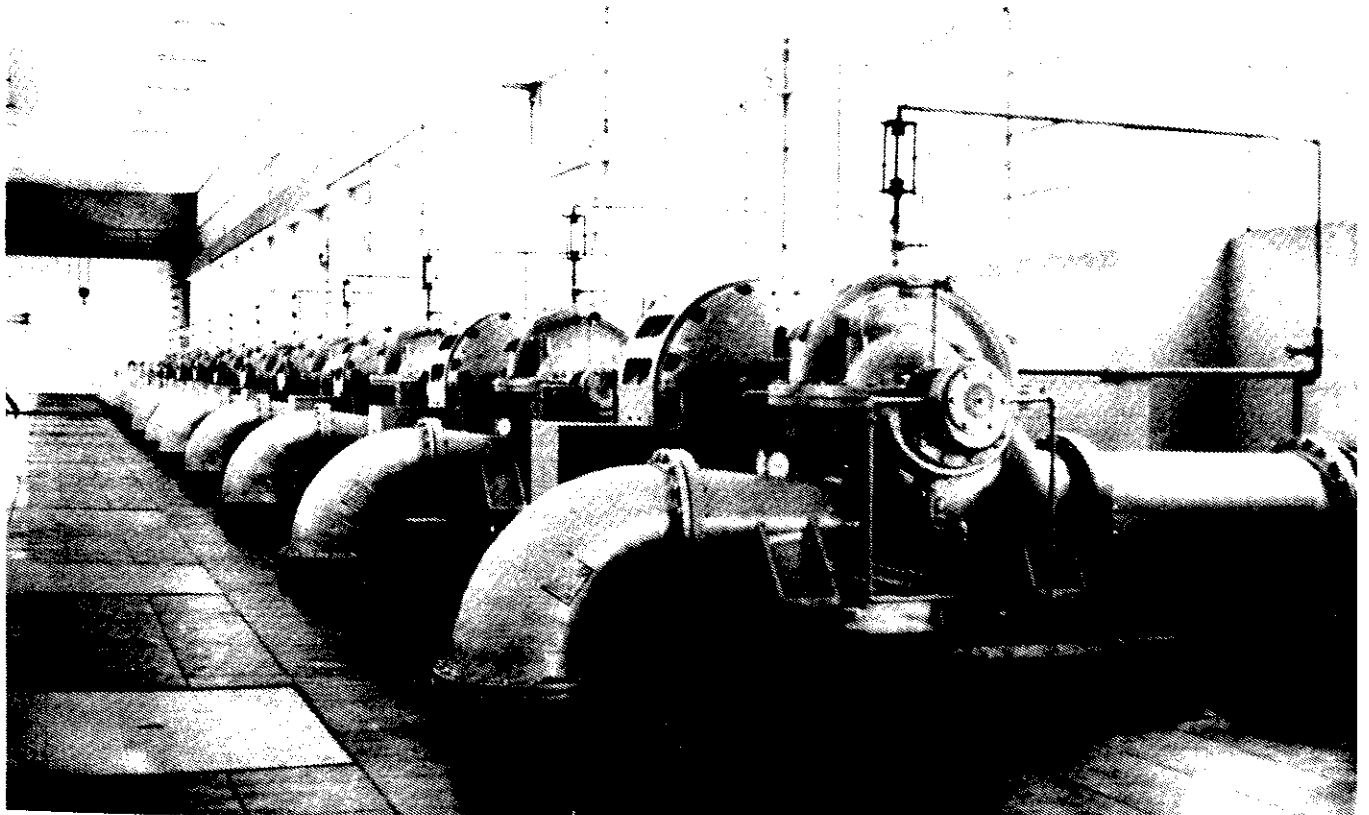


Ilustração 1 — Salão de bombas da Estação Elevatória do Guarapiranga onde se acham instalados 14 conjuntos elevatórios de 1.325 CV cada. Todas as bombas foram submetidas a ensaios para o levantamento das curvas características.

possível a utilização de piezômetro de mercúrio (Booster).

5.2.3 Altura dos Instrumentos

Todos os instrumentos de medição deverão estar em posições fixas, em relação a um determinado plano de referência, adotado como sendo o plano horizontal que contém o eixo da tubulação de sucção. É aconselhável que a obtenção destas alturas, em relação ao referido eixo, seja efetuada antes do início do teste e conferida ao término do mesmo.

5.2.4 Nível do Poço de Sucção

É conveniente tomar-se o nível do poço de sucção, em relação ao plano adotado, no início e no final de cada teste, para a determinação da perda de carga na sucção.

6. ESQUEMA DOS TESTES (anexo 1)

6.1 DADOS INICIAIS

- Planta da Estação Elevatória com a disposição dos conjuntos.
- Características gerais das bombas (eixo vertical ou horizontal).
- Detalhes dos manifolds de sucção e recalque.
- Dados de placa das bombas e motores.
- Existência, ou não, de tomadas de pressão de sucção e recalque.
- Condições atuais de operação da Estação Elevatória.
- Bombas afogadas ou não.
- Recalque direto na rede de distribuição ou para reservatórios. Em caso de existência de recalque para reservatórios, é necessário que se conheça a posição da entrada da canalização de recalque, para se certificar da variação ou não da altura manométrica total, em função do nível do reservatório.
- Número de conjuntos máximo e mínimo associados em paralelo.
- Posições de abertura dos registros em condições normais de operação.
- Número de horas de funcionamento da estação.
- Período de funcionamento.
- Características dos registros de recalque (se elétricos ou manuais).
- Tipos de escorva.

6.2 VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATUAIS DOS EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

Conhecidos todos os dados referentes a Estação Elevatória, há condições de uma pré-análise para comprovação da interferência destes na execução dos testes.

Dentro das condições interferentes citam-se:

- Entradas de ar na canalização de sucção devido a turbilhonamento e/ou formação de vórtices causados pela má configuração geométrica do poço ou pela má disposição das peças.

- Entradas de ar pelas juntas de vedação (bombas de sucção negativa).

- Não estanqueidade de registros, válvulas de retenção e by-pass.

- Vazamentos no sistema de recalque.

Conforme a grandeza destas condições interferentes, é necessário repará-las antes da execução dos testes.

6.3 EXECUÇÃO DOS TESTES

6.3.1 Instalação dos Aparelhos

6.3.1.1 Aparelhos de Medição de Vazão

Após a determinação do traverse, que irá ratificar ou não a aceitação do ponto escolhido para medição de vazão, instala-se o tubo Pitot, escolhendo-se o líquido manométrico cuja densidade proporcione uma deflexão aceitável (ver recomendações).

6.3.1.2 Aparelhos de Medição de Pressão

Acoplam-se através de mangueiras, o piezômetro de mercúrio e manômetro de precisão nas tomadas de pressão de sucção e recalque, respectivamente (ver recomendações).

6.3.2 Medição Propriamente Dita

Antes do início das medições, é importante serem efetuadas purgas de ar, tanto nos aparelhos de medição de vazão como nos de pressão. Em casos de sucções negativas é aconselhável que o piezômetro de mercúrio não contenha água em seu interior. É recomendável a inspeção, quanto a estrangulamentos das mangueiras dos aparelhos de medição.

Para facilidade na execução das medições, recomenda-se que o 1.º teste (1.º ponto da curva) seja efetuado com o registro de recalque totalmente aberto. Os demais pontos serão obtidos com as graduações sucessivas deste registro, de tal forma que, o último ponto seja o de vazão nula (Shut-Off-Head).

Salienta-se que, às vezes, este procedimento não é possível em função de limitações de potência de motores e/ou transformadores, iniciando-se nestes casos o primeiro teste no ponto de trabalho.

As graduações deverão ser de tal maneira, que os pontos obtidos sejam aproximadamente equidistantes, proporcionando uma maior confiabilidade na construção da curva.

Uma vez estando todos os aparelhos corretamente instalados e aptos para a medição, sincronizam-se os cronômetros de todo o pessoal envolvido no teste, para evitar-se uma não simultaneidade nas leituras, o que acarretaria a obtenção de pontos não condizentes com a curva característica real.

Tendo sido todos os itens, recomendados anteriormente, obedecidos, iniciam-se as leituras de pressão, vazão e nível.

Para cada nova graduação do registro de recalque, repetem-se os procedimentos anteriores.

Para o último ponto com o registro de recalque totalmente fechado (Shut-Off-Head), como não existirão variações de pressão de recalque e sucção, a obtenção de um único ponto será suficiente, desde que se comprove a existência de uma deflexão nula no tubo Pitot. Caso isso não ocorra, a obtenção deste ponto será semelhante a dos pontos anteriores.

6.4 COMPILAÇÃO DOS DADOS

Quando alguma disparidade é verificada na compilação dos dados, pondo em dúvida a veracidade dos resultados, repetem-se os testes, ficando a critério do engenheiro a repetição parcial ou total.

É importante que, em casos de repetição, sejam constatadas as causas intervenientes de maneira a não interferirem nos testes posteriores.

6.5 ANÁLISE E UTILIZAÇÃO DOS DADOS

Estando as curvas determinadas, parte-se para a análise e utilização das mesmas, em função da finalidade a que se prestou o teste, conforme mostraremos em exemplos práticos posteriores.

7. FÓRMULAS APLICADAS

(anexo 2)

7.1 DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DE SUCCÃO (p_1)

7.1.1 Sucção Positiva (+)

As medidas efetuadas no campo são:

Altura do aparelho — a_1
Deflexão — D

$$\frac{P_1}{\gamma} = D \left(\frac{\gamma Hg}{\gamma} \right) - 1 \pm a_1 + \frac{D}{2}$$

onde:

$\frac{P_1}{\gamma}$ = pressão de sucção (m.c.a)

γ = peso específico da água (kg/m^3)

γHg = peso específico do mercúrio (kg/m^3)

a_1 = altura do aparelho (m).

$a_1 > 0$ = para o aparelho instalado acima do eixo da tubulação de sucção.

$a_1 < 0$ = para o aparelho instalado abaixo do eixo da tubulação de sucção.

7.1.2 Sucção Negativa (—)

Nos casos de sucção negativa, não há necessidade de se levar em conta a altura do aparelho. Deverão ser lidas no campo, apenas as deflexões (D).

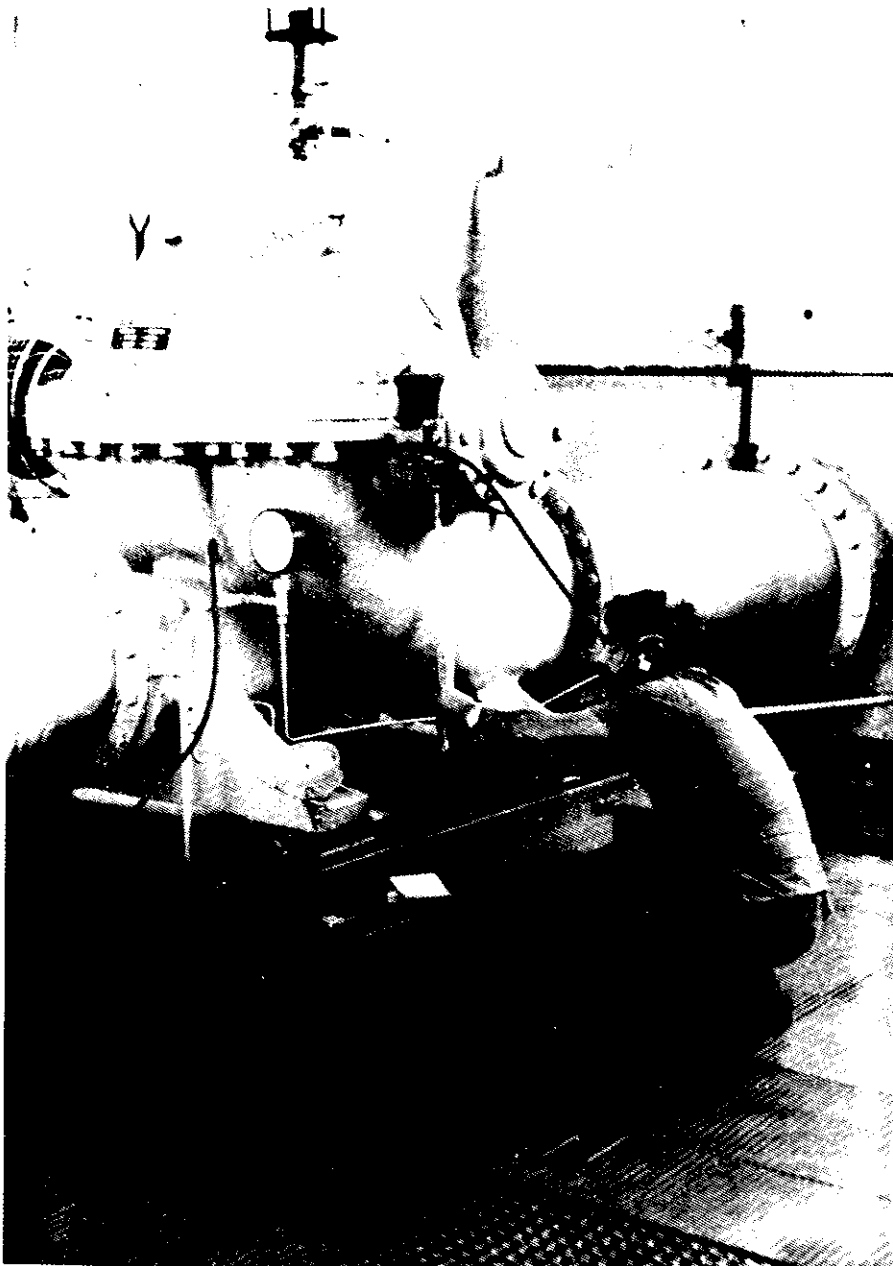


Ilustração 2 — Medição da pressão de sucção por meio de um piezometro de mercúrio, numa bomba de grande capacidade.

$$\frac{P_1}{\gamma} = \frac{\gamma Hg}{\gamma} \times D$$

7.2 Determinação da pressão de recalque (p_2)

$$\frac{P_2}{\gamma} = \frac{P_g}{\gamma} \pm \xi \pm a_2$$

onde:

$\frac{P_2}{\gamma}$ = pressão de recalque (m. c. a.)

γ = peso específico da água (kg/m^3)

ξ = erro apresentado pelo manômetro (m. c. a.)

a_2 = altura do aparelho (m)

$a_2 > 0$ = para o aparelho instalado acima do eixo da tubulação de recalque.

$a_2 > 0$ = para o aparelho instalado abaixo do eixo da tubulação de recalque.

$\frac{P_g}{\gamma}$ = pressão lida no manômetro (m. c. a.)

7.3 Determinação da Vazão

A fórmula de determinação de vazão (Q) do Pitot tipo COLE é a seguinte:

$$Q = A_c \cdot C \cdot C_p \cdot C_D \cdot F_v \cdot V_c$$

onde:

Q = vazão (m^3/s)

A_c = área nominal corrigida devido ao Pitot (m^2).

C = correção de diâmetro.

C_p = correção de projeção do Tap

C_D = correção de densidade.

F_v = fator de velocidade.

V_c = velocidade central (m/s)

7.4 Determinação das cargas cinéticas.

Uma vez determinada a vazão e os diâmetros nos pontos de tomada, calculam-se as áreas correspondentes, encontrando-se desta forma as velocidades de sucção e recalque (v_1 e v_2).

Com v_1 e v_2 calculam-se as cargas cinéticas de sucção e recalque, através da seguinte fórmula:

$$h_i = \alpha \frac{v_i^2}{2g}$$

onde:

v_1 = velocidade de sucção (m/s.)

v_2 = velocidade de recalque (m/s)

α = coeficiente de Coriolis = 1

g = aceleração da gravidade (m/s^2).

7.5 DETERMINAÇÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (H)

$$H = \frac{p_2 \pm p_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \pm h_2$$

onde:

H = altura manométrica total (m.c.a.)

$\frac{P_2}{\gamma}$ = pressão de recalque (m.c.a.)

$\frac{P_1}{\gamma}$ = pressão de sucção (m.c.a.) sendo maior que zero para pressões positivas e menores que zero para pressões negativas.

$\frac{v_2^2}{2g}$ = carga cinética de recalque (m).

$\frac{v_1^2}{2g}$ = carga cinética de sucção (m)

h_2 = desnível geométrico entre o plano de referência e o plano horizontal que contém a tomada de pressão de recalque.

$h_2 > 0$ = para o eixo da tubulação de recalque acima do eixo da tubulação de referência (sucção).

$h_2 < 0$ = para o eixo da tubulação de recalque abaixo do eixo da tubulação de referência (sucção).

7.6 DETERMINAÇÃO DA CURVA CARACTERÍSTICA ($Q \times H$)

Uma vez determinados os vários pares ($Q \times H$), há possibilidade da construção da curva característica da bomba.

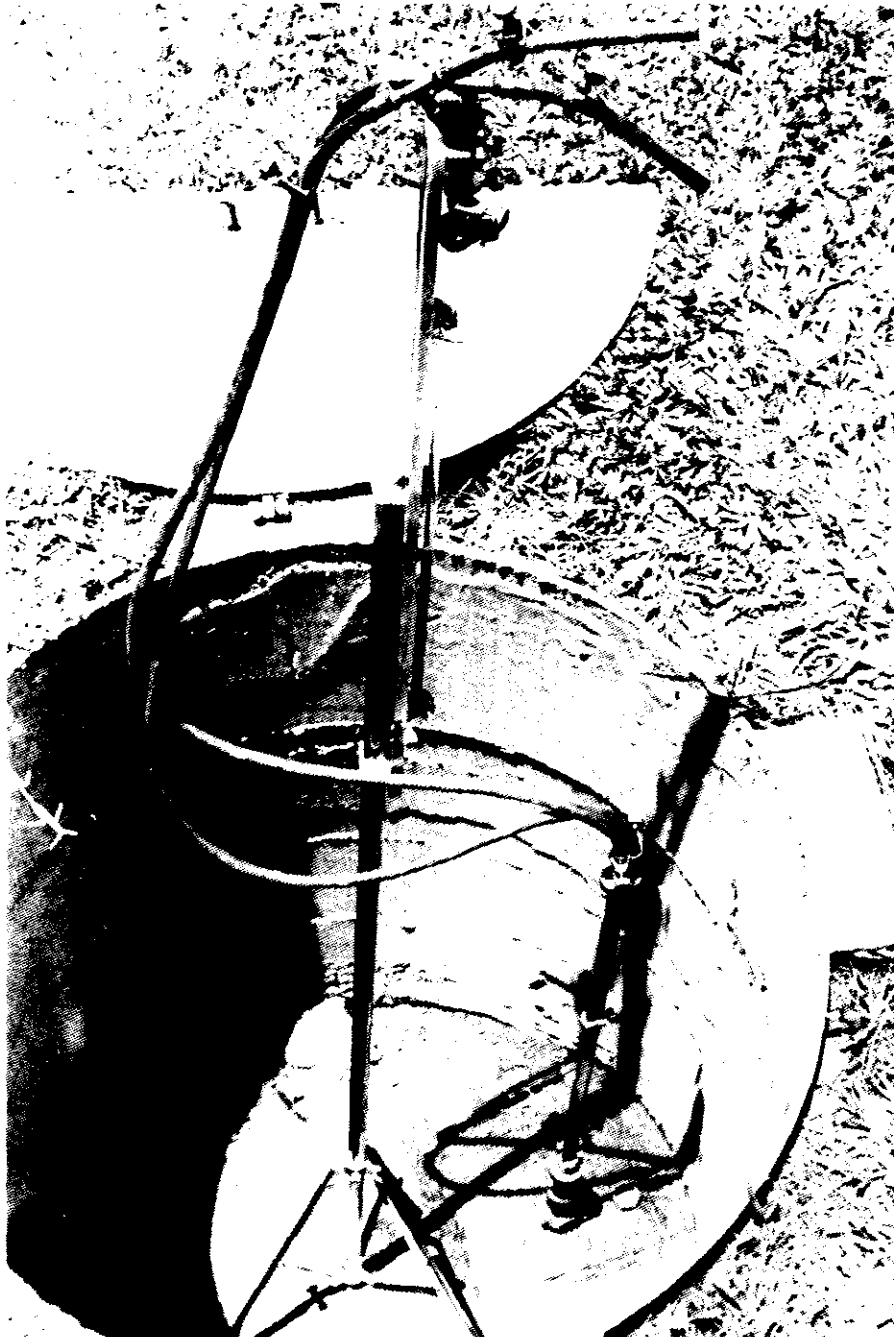


Ilustração 3 — Detalhe da instalação do Pitot e respectivo tubo "U" numa linha adutora por recalque.

7.7 DETERMINAÇÃO DA CURVA DO NPSH DISPONÍVEL

$$NPSH_{disp} = \frac{p_b - p_w}{\gamma} \pm \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}$$

onde:

NPSH = carga líquida disponível na sucção em termos de pressão absoluta (m).

$\frac{p_b}{\gamma}$ = pressão atmosférica local (m.c.a.)

$\frac{p_1}{\gamma}$ = pressão de sucção (m.c.a.)

$\frac{p_1}{\gamma} > 0$ = para cargas positivas.

$\frac{p_1}{\gamma} < 0$ = para cargas negativas.

$\frac{p_w}{\gamma}$ = pressão de vapor na tem-

peratura de bombeamento (m.c.a.)

γ = peso específico da água (kg/m³).

$\frac{v_1^2}{2g}$ = carga cinética de sucção (m)

Quando da compilação final dos dados, determina-se para cada vazão o NPSH disponível obtendo-se, desta forma, a curva característica (Q x NPSH disp.)

8. CASOS PRÁTICOS

Ns casos práticos que mencionaremos a seguir, serão citados além da obtenção da curva característica real dos grupos das Estações Elevatórias alguns dos benefícios que estas determinações proporcionaram.

Através de alguns testes, puderam ser efetuadas constatações do comportamento das Elevatórias, possibilitando, desta forma, que providências imediatas pudessem ser tomadas antes que as condições interferentes viessem agravar, ainda mais, a operação normal da Elevatória.

8.1 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA CHÁCARA FLORA

Dentro da programação anual de levantamento das curvas características desta Estação, pode ser constatado no teste realizado em 27/3/78, que em um dos conjuntos (n.º 2), para a altura manométrica total de 50 m.c.a, houve um decréscimo de 33% na vazão recalçada em relação à curva obtida anteriormente (18/3/77). Isto acarretou providências imediatas, quanto à manutenção, visando a recuperação deste conjunto. Procedeu-se desta forma à abertura da bomba, e constatou-se a presença de um recipiente plástico (tipo usado para coleta de amostras em ETAs) no seu interior. Após a retirada deste recipiente e manutenção adequada, este conjunto foi novamente testado (26/3/78), tendo sua vazão aumentada em 37% em relação ao teste anterior (anexo 3).

8.2. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE VILA MASCOTE

Devido à necessidade de ampliação desta Estação, necessário se fazia a obtenção da curva do sistema para aquisição de novos conjuntos ou troca dos rotores já existentes.

Procedeu-se então, ao levantamento das curvas características dos conjuntos, obtendo-se os seguintes pontos de trabalho:

Bomba	Q (l/s)	H (m.c.a)
01+02+03	626	69,00
01	260	40,69
02	249	43,53
03	320	44,20
02+03	468	56,40

Sendo a equação do sistema dada por

$$H = Z + k Q^2$$

determinou-se pelo processo dos mínimos quadrados os valores de:

$$Z = 36,60 \text{ m}$$

$$K = 84,10 \text{ m}$$

obtendo-se a seguinte expressão:

$$H = 36,60 + 84,10 Q^2$$

A análise desta curva nos possibilitou a escolha da melhor alternativa, visando a futura ampliação da estação (anexo 4).

8.3 ESTAÇÃO ELEVATORIA CAPIVARI

Uma vez constatado que esta Elevatória apresentava problemas de cavitação, danificando os rotores e carcaças das bombas, procedeu-se ao estudo do fenômeno, mediante a obtenção das curvas características, $(Q \times H)$, o que permitiu a determinação da perda de carga na sucção, a qual ultrapassava em 5,10 m a perda teórica.

Mediante a análise da curva de NPSH disponível, comparada com a de NPSH requerido, recomendou-se a operação da Estação em caráter de emergência, levando-se em consideração os valores críticos de vazão e pressão para que não houvesse cavitação. Isto foi conseguido, na prática, mediante a graduação dos registros de recalque, o que acarretou uma redução de apenas 5,3% na vazão recalçada anteriormente (323 l/s).

Removidos os elementos que provocavam a perda de carga excessiva nas canalizações de sucção, vol-

tou-se à operação normal dos conjuntos, sem que ocorresse cavitação.

Portanto era imprescindível a resolução dos problemas da sucção antes de qualquer ação efetiva, pois, a troca das bombas (que estavam em estado deplorável), não iria solucionar os problemas relacionados com o ponto de trabalho e cavitação.

9. CONCLUSÕES

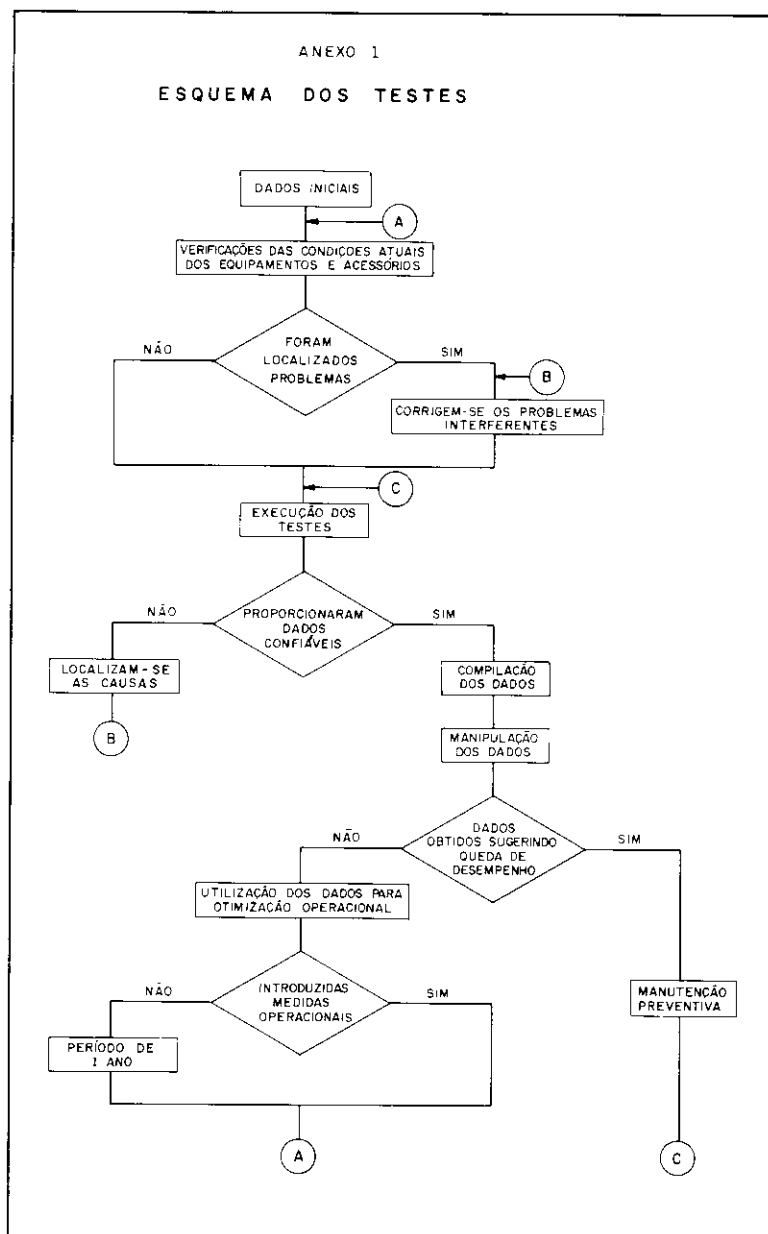
Conclui-se portanto, que uma vez estabelecida as vantagens que o levantamento das curvas características $(Q \times H)$ nos proporciona e comprovada esta importância, através de alguns casos reais, a adoção deste tipo de procedimento por parte das Empresas de Saneamento Básico trarão inúmeros benefícios, auxiliando na operação dos Sistemas.

Salienta-se também que a implantação deste tipo de rotina, não implica em altos custos, pois, todos os aparelhos utilizados nos testes são os mesmos das atividades normais de uma equipe de Pitometria, o que vem enfatizar a adoção destas téc-

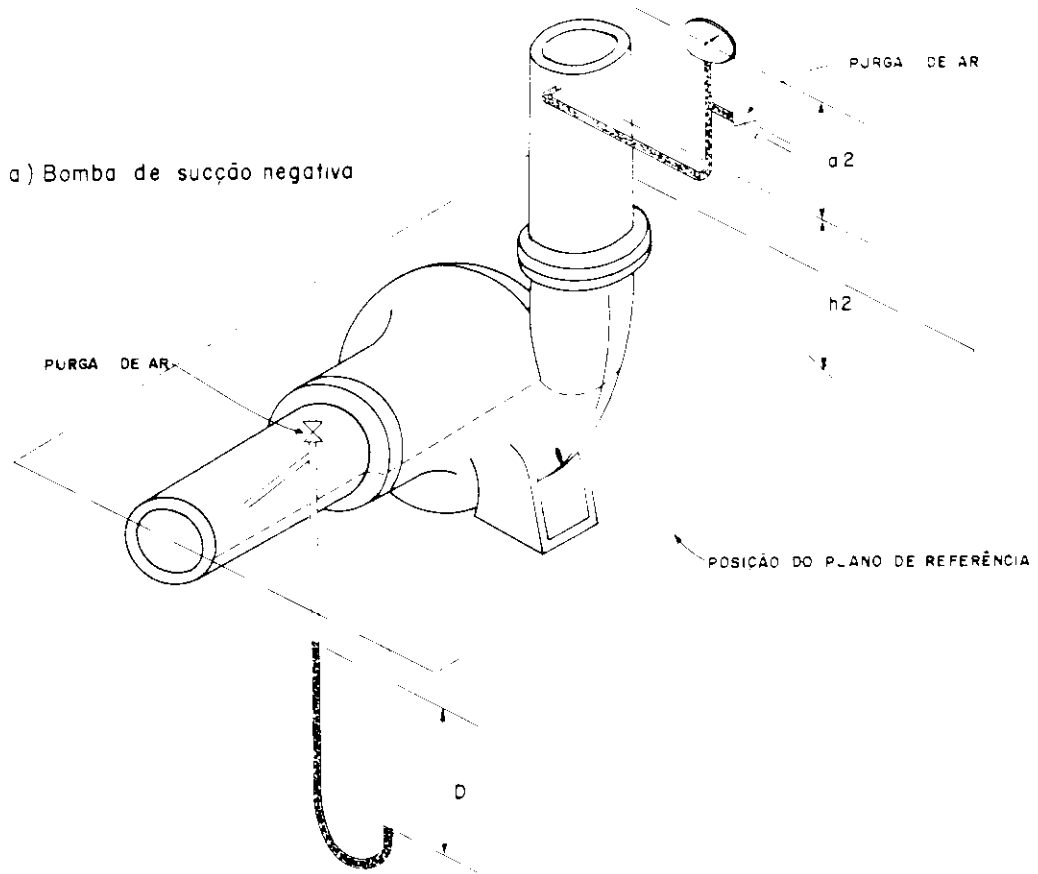
nicas, face à crescente demanda nos Sistemas e conseqüente aumento do número de Elevatórias, necessitando um acompanhamento cada vez mais intenso do desempenho das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

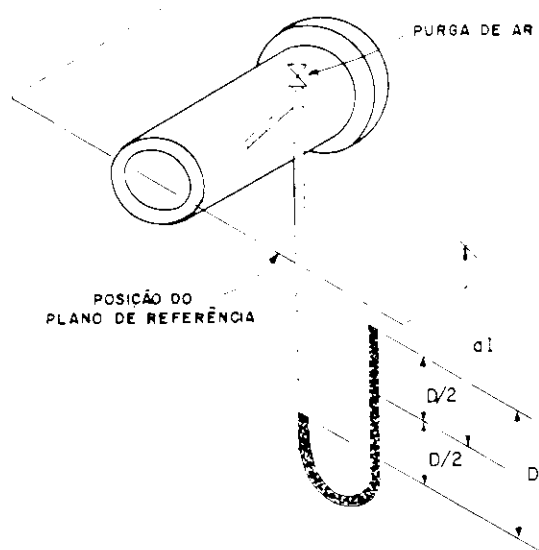
- ABNET — Ensaio de Bombas Hidráulicas de Fluxo — MB — 778/75.
- COLE, Edward S. — The Cole Pitometer System — The Pitometer Associates — 1922.
- BECKWITH, Homer — Testing Centrifugal Pumps — Comunicação não impressa.
- YASSUDA, E. Riomey & alii — Bombas e Estações Elevatórias — São Paulo — Fac. de Higiene e Saúde Pública — 1968.
- FERREIRA, S. Hoeppe — O Tubo de Pilot e sua Utilização — Revista DAE n.º 83 Dezembro 1971.
- VÁRIOS AUTORES — Manual de Pitometria Aplicada à Pesquisa de Vazamentos — Publicação SABESP — Setembro 1978.
- HUEB, J. Augusto — Estação Elevatória Capivari — Relatório n.º 19 DDI.2 — SABESP. — Setembro 1975.
- FARIA, J. A. Danielides — Estação Elevatória Chácara Flora — Relatório n.º 58 Estação Elevatória Vila Mascote — Relatório n.º 46 DAB.1 SABESP — maio 1972.






ANEXO 2



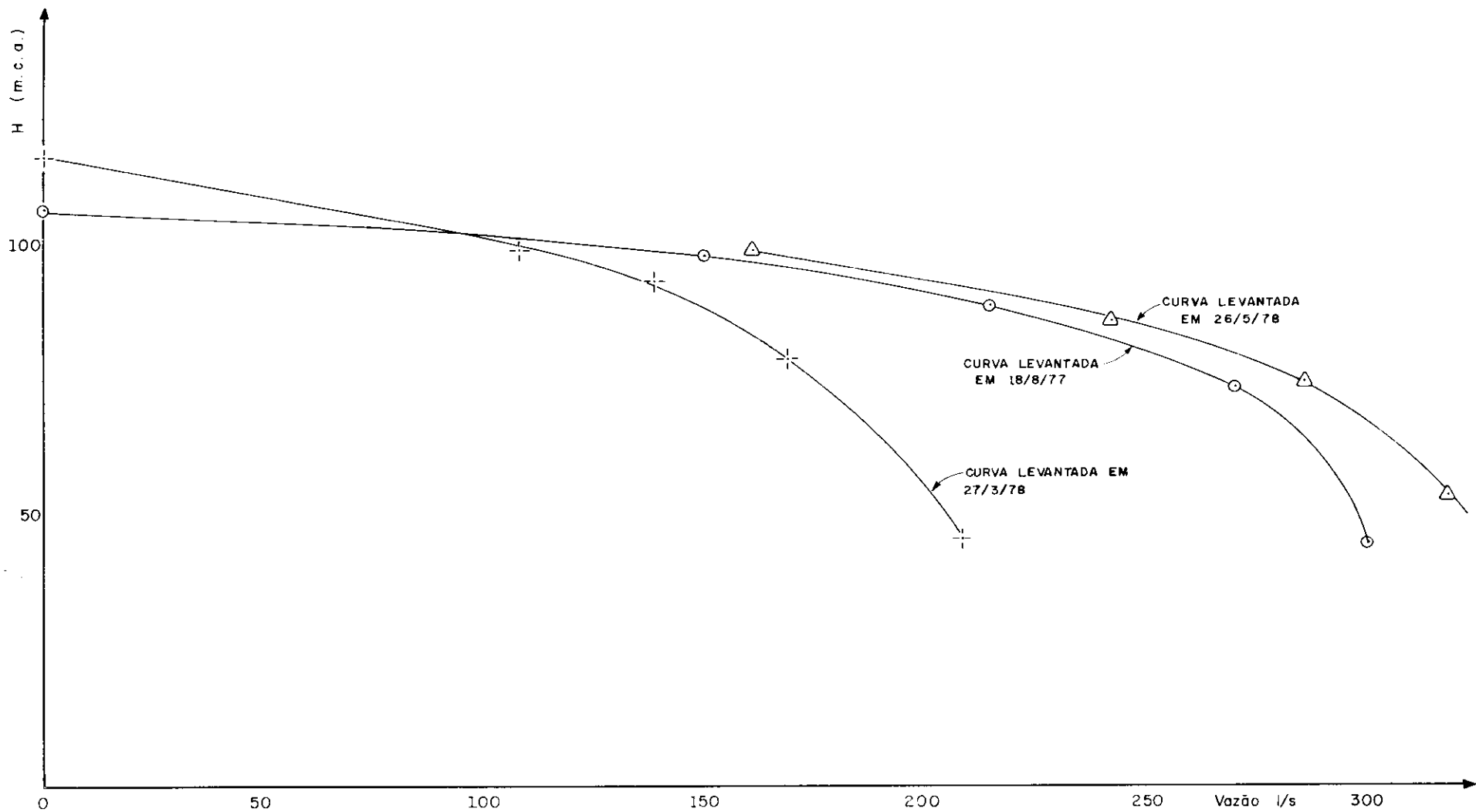
b) Bomba de sucção positiva



legenda

-  TUBO CONTENDO AR
-  TUBO CONTENDO LÍQUIDO BOMBEADO
-  TUBO CONTENDO LÍQUIDO MANOMÉTRICO

ANEXO 3
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA CHÁCARA FLORA
BOMBA 2



ANEXO 4
CURVA DO SISTEMA
VILA MASCOTE - AMERICANÓPOLIS

