

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL, EM MODELO REDUZIDO, DA PERDA DE CARGA ACIDENTAL EM UMA VÁLVULA DE RETENÇÃO PARA BOMBA

Gen. Div. Eng.º LEONINO JUNIOR *

Eng.º CANDIDO FAGUNDES DOS SANTOS **

I — INTRODUÇÃO

A Companhia Estadual de Água da Guanabara — CEDAG, como órgão estadual que tem a seu cargo a importante e vital tarefa de abastecer com o precioso líquido a cidade do Rio de Janeiro, dentre as diversas missões que lhe cabem, vê-se freqüentemente em face de múltiplos e variados problemas relativos à hidráulica, como seria natural.

Alguns desses problemas podem e devem ser resolvidos pelos métodos convencionais, e para isso a Companhia dispõe de uma equipe de excelentes, experimentados e capacitados engenheiros. Todavia, como bem podem avaliar os conhecedores do assunto, nos domínios da hidráulica, dentro de missões tão amplas e sérias, certos problemas existem, para cuja solução nem sempre a teoria e o tirocinio fornecem recursos suficientes, apesar do grande valor e da capacidade daqueles que os enfrentam.

A atual Diretoria da CEDAG, bem interpretando os múltiplos encargos e as responsabilidades de que se acha investida, vem, como seria de esperar, desenvolvendo notável esforço no sentido de cada vez mais aprimorar os seus serviços, no desempenho de um programa árduo e cheio de dedicação e sacrifícios até, no intuito de bem levar a termo a sua formidável tarefa, indispensável à vida e ao conforto da população.

Assim, incessantemente, num roteiro de dedicação e de abnegação, aqueles homens se empenham a fundo nos seus deveres, criando novos setores, ampliando instalações já insuficientes, projetando novas realizações, reparando acidentes, em uma labuta ampla e variada, que exige de todos os que dela participam o máximo de esforço e de trabalho.

Dentro dessa luta incessante e diversificada nos domínios da técnica e de administração, verificaram os dirigentes da CEDAG que múltiplos problemas relacionados com a hidráulica teriam quer ser resolvidos com os recursos de experimentação, principalmente com o emprêgo da formidável ferramenta que é o modelo reduzido. Os dirigentes da CEDAG porém foram mais além, e acharam que os estudos consequentes deveriam ser executados com os próprios recursos da Companhia, nos seus domínios, pelo seu próprio pessoal.

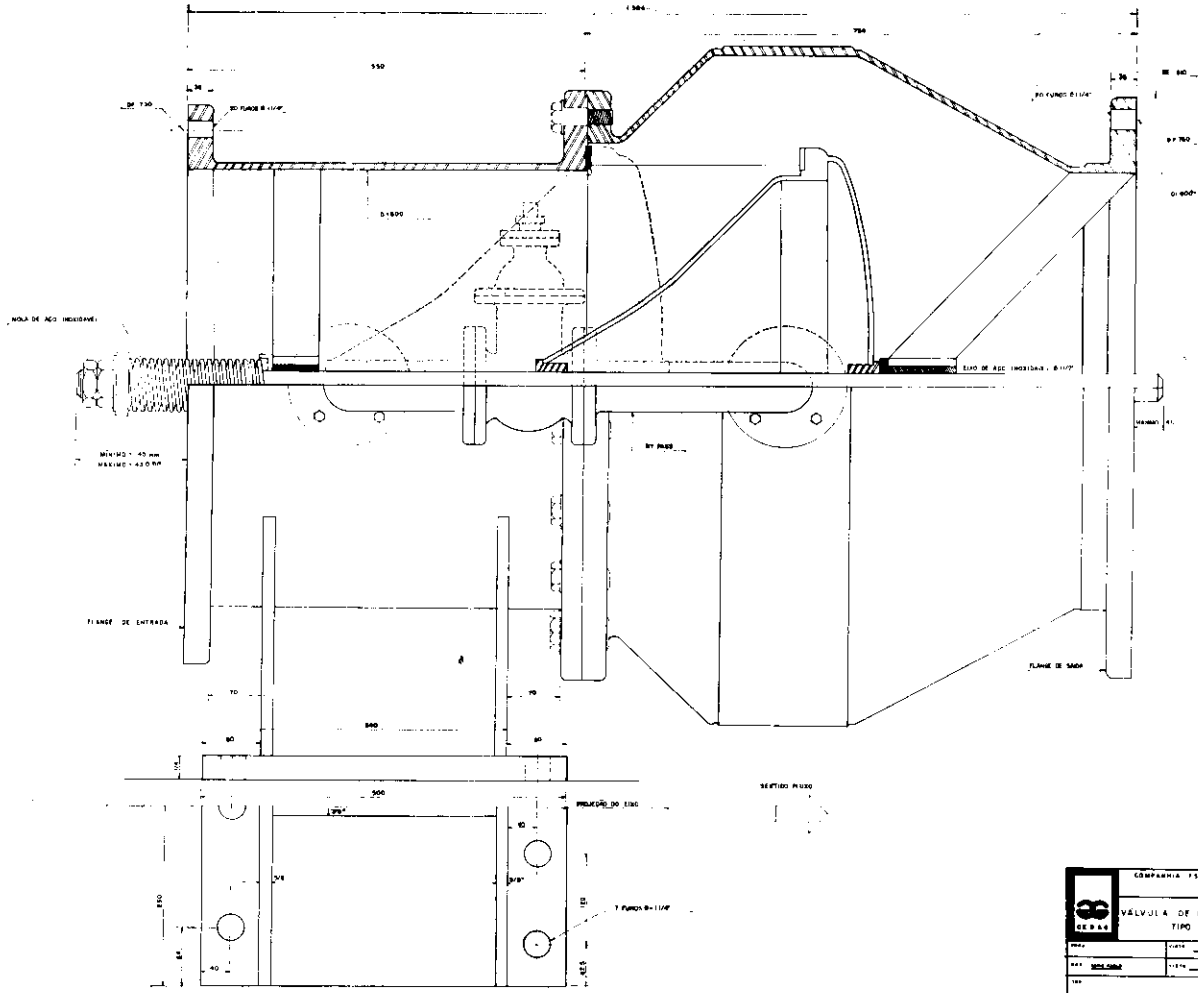
Tomada tal decisão, que já se acha em plena execução, o autor destas linhas foi honrosamente convidado para participar dos trabalhos, com consequência de uma cooperação que vem se processando de longa data já, em outros aspectos ligados à hidráulica.

As páginas que se seguem apresentam um exemplo simples do que vem sendo feito, com pleno sucesso, graças à vontade, ao entusiasmo e ao apóio daqueles que vem se empenhando com dedicação sem par, nas tarefas visadas.

Pretendemos voltar a estas páginas com a descrição de outros trabalhos de muito maior vulto que iremos executar e que já estamos realizando, como exemplo e como incentivo, para que outros órgãos públicos, que tenham atividades correlatas, tomem decisões análogas.

* Consultor da Companhia Estadual de Águas da Guanabara — CEDAG.

** Engenheiro do Serviço de Aparelhos de Medição da CEDAG.



Desenho n.º 1 — Corte da válvula ensaiada.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS DE CAMPESINA	
VÁLVULA DE RETENÇÃO DE AGULHA MÓVEL TIPO FAULHABER	
PROJ.	DESENH.
REV. 0001	1574
100	100

Desejamos também esboçar como, com boa vontade, com entusiasmo, com poucos recursos, com meios improvisados, pode-se chegar a resultados muito bons, obtendo-se solução adequada e rápida para questões que fogem à rotina e aos casos convencionais, apelando-se para os recursos inestimáveis da experimentação, com os meios disponíveis, dentro da própria organização.

II — O PROBLEMA

Dentre os variados casos surgidos, apareceu-nos o de uma válvula de retenção para bomba, de modelo especial, não previsto nos livros e manuais clássicos, que deveria ser instalada em uma tubulação de 600 mm de diâmetro, para a qual não foi possível obter dados sobre a perda de carga acidental que iria provocar. A própria firma fabricante declarou não possuir informações a respeito.

O Desenho N.º 1, que estamos apresentando, mostra um corte da válvula em aprêço e as Fotografias 1 e 2 mostram duas posições do modelo realizado, a respeito do qual faremos posteriormente.



Foto 1 — Vista externa da válvula, fabricada em escala de 1/6, já com flanges de adaptação.

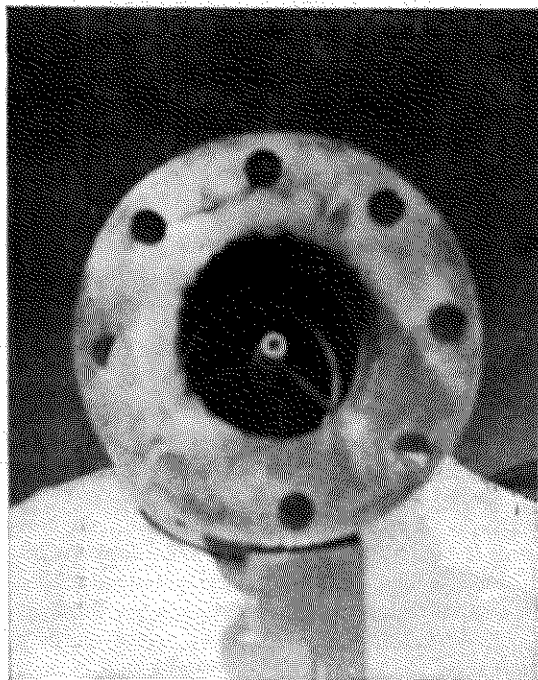


Foto 2 — Vista superior da válvula demonstrada na foto anterior.

Conforme se verifica, trata-se de um dispositivo que foge aos tipos convencionais, daí as dificuldades surgidas quanto à obtenção do dado visado.

O órgão técnico encarregado do projeto de instalação apelou então para a equipe de experimentação, para que dentro da disponibilidade de recursos, determinasse o valor desejado, com a necessária urgência.

Sabe-se que as perdas de carga acidentais estão condicionadas a uma fórmula única da forma:

$$h_a = k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

na qual:

h_a = perda de carga acidental, em altura representativa do líquido;

v = velocidade média de escoamento;

g = aceleração da gravidade;

k = coeficiente de perda de carga, peculiar ao acidente visado.

Essas perdas são normalmente tabeladas nos formulários e manuais técnicos, quando se trata de dispositivos convencionais, de emprêgo frequente e rotineiro. O mesmo não se dá, todavia, quando se tem que lidar com peças especiais.

III — A EXPERIMENTAÇÃO

Não era recomendável empregar nos ensaios a válvula natural, em sua verdadeira grandeza, por três razões principais.

- 1.º — As grandes dimensões requeridas para a experimentação.
- 2.º — Existia apenas o projeto da válvula, e ela teria que ser fabricada, sob risco de não vir a ser utilizada.
- 3.º — Seria anti-econômico o estudo feito em tamanho natural.

Assim sendo, resolvemos lançar mão de um estudo em modelo reduzido, instalando a válvula em uma tubulação comercial de 100 mm de diâmetro. Isso condicionou o denominador da escala geométrica, que passou a ser 1/6. Disponhamos de uma bomba centrífuga com potência suficiente e possibilidades de ser instalada na tubulação, capaz de proporcionar condições aceitáveis de semelhança.

Conforme mostram as Fotografias 1 e 2, fabricamos uma válvula inteiramente idêntica à projetada, em escala 1/6, para submetê-la aos ensaios de acordo com o que será descrito posteriormente.

IV — AS CONDIÇÕES DE SEMELHANÇA

Tratando-se de fenômeno a estudar em conduto forçado, comandariam o escoamento forças de inércia e forças viscosas, sendo portanto a semelhança condicionada à igualdade de Números de Reynolds, o que implicaria em fazer:

$$(NR)_m = (NR)_p$$

onde os índices *m* e *p* indicam modelo e protótipo respectivamente, ou seja:

$$\frac{V_m \times D_m}{\vartheta_m} = \frac{V_p \times D_p}{\vartheta_p}$$

onde:

V = velocidade média do escoamento

D = diâmetro do conduto

ϑ = viscosidade cinemática do fluido.

Considerando-se a igualdade de fluidos no modelo e no protótipo, pode-se fazer:

$$\vartheta_m = \vartheta_p$$

Dai deduz-se a escala de velocidades a obedecer:

$$\frac{V_m}{V_p} = 6$$

O autor do projeto nos forneceu o valor:

$$V_p = 7 \text{ m/s.}$$

Tomando-se:

$$\vartheta_m = \vartheta_p = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s (valor médio)}$$

pode-se calcular:

$$(NR)_p = \frac{V_p \times D_p}{\vartheta} = \frac{7 \times 0,60}{10^{-6}} = 4,2 \times 10^6$$

$$= 4,2 \times 10^6$$

Para as condições ideais de semelhança, deveríamos ter:

$$V_m = 6 \times V_p = 42 \text{ m/s.}$$

valor quase impossível de obter, com operação do modelo em condições normais, sendo a água o fluido em escoamento.

Apelamos então para o clássico diagrama de Moody, que relaciona o fator *f* de perda de carga ao Número de Reynolds, e verificamos que, com velocidades no modelo de ordem de 5 a 7 m/s atingiríamos a zona de constância desse fator e que portanto a nossa semelhança poderia ser amarrada, não à igualdade dos NR, mas sim aos domínios aceitáveis desses números, no modelo e no protótipo.

Por outro lado, o coeficiente *K*, que visamos determinar para a válvula, pode ser considerado como deduzido da fórmula clássica de Darcy-Weyback:

$$h = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

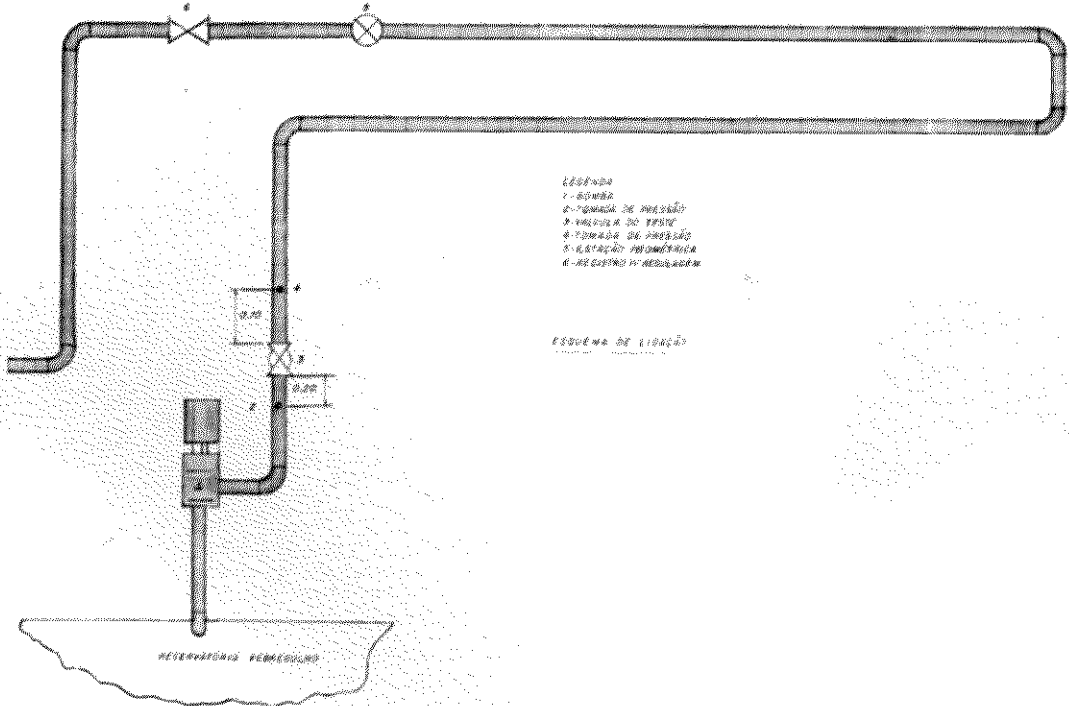
na qual, para o caso do acidente, se faz:

$$\left(f \cdot \frac{L}{D} \right) = K$$

donde:

$$h = K \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Traduzindo-se a expressão acima em um gráfico, pode-se admitir que *K* será o coeficiente angular de uma reta que se obtém, lançando nesse gráfico pares de valores de *h* e $\frac{V^2}{2g}$, obtidos através da experimentação.



Desenho n.º 2 — Esquema das instalações utilizadas.

Evidentemente, obtida a concordância dos domínios de Reynolds, o coeficiente angular da reta determinada no modelo será o mesmo do protótipo, desde que a disposição dos pontos experimentais nos mostre uma tendência favorável a essa obtenção. Foi o que felizmente obtivemos, conforme mostraremos posteriormente.

V — A INSTALAÇÃO EMPREGADA

O Desenho n.º 2 e as Fotografias n.ºs 3, 4 e 5 mostram detalhes das instalações empregadas. Conforme ali se verifica, utilizamos um dos reservatórios do morro do Pedregulho, que faz parte do sistema de abastecimento de água da cidade, para funcionar como depósito de água.

Empregamos uma bomba «Worthington» Tipo 6C-NE104, com rotor de 9,5 polegadas de diâmetro, acionada por um motor de 25 HP, que havia em depósito e que seria capaz de nos proporcionar a vazão desejada.

Executamos a instalação conforme mostrado nos desenhos e nas fotografias.

As vazões foram determinadas por meio de um tubo de Pitot, devidamente aferido, para o qual, experimentalmente, relacionamos o valor da vazão com a velocidade medida no eixo da tubulação. A fotografia n.º 6 mostra esse tubo instalado.

As perdas de carga foram determinadas por meio de tomadas piezométricas, instaladas imediatamente a montante e a jusante de válvula, que foram ligadas a manômetros diferenciais a mercúrio, conforme se vê no desenho.

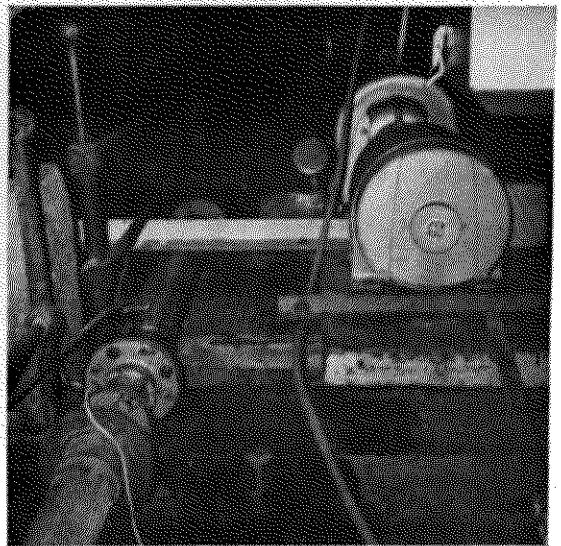


Foto 3 — Vista parcial das instalações, notando-se a bomba à esquerda e a válvula à direita.

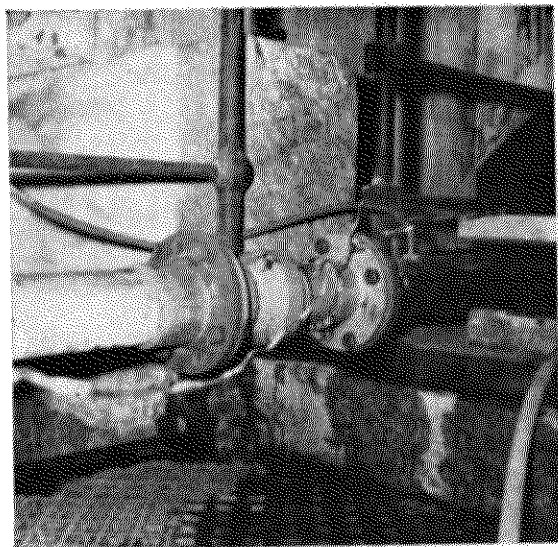


Foto 4 — Válvula instalada, vendo-se a tomada piezométrica de montante.

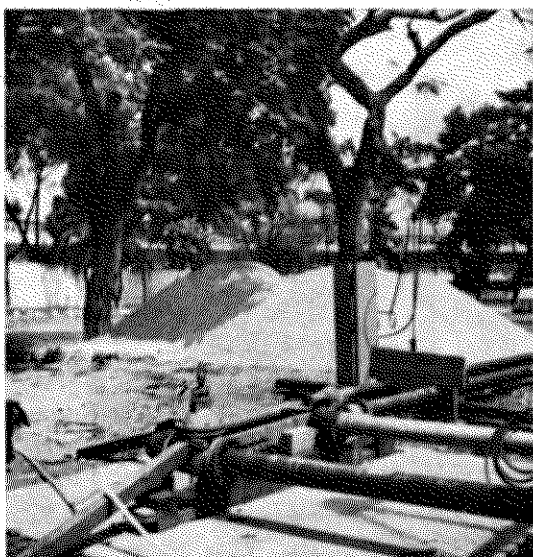


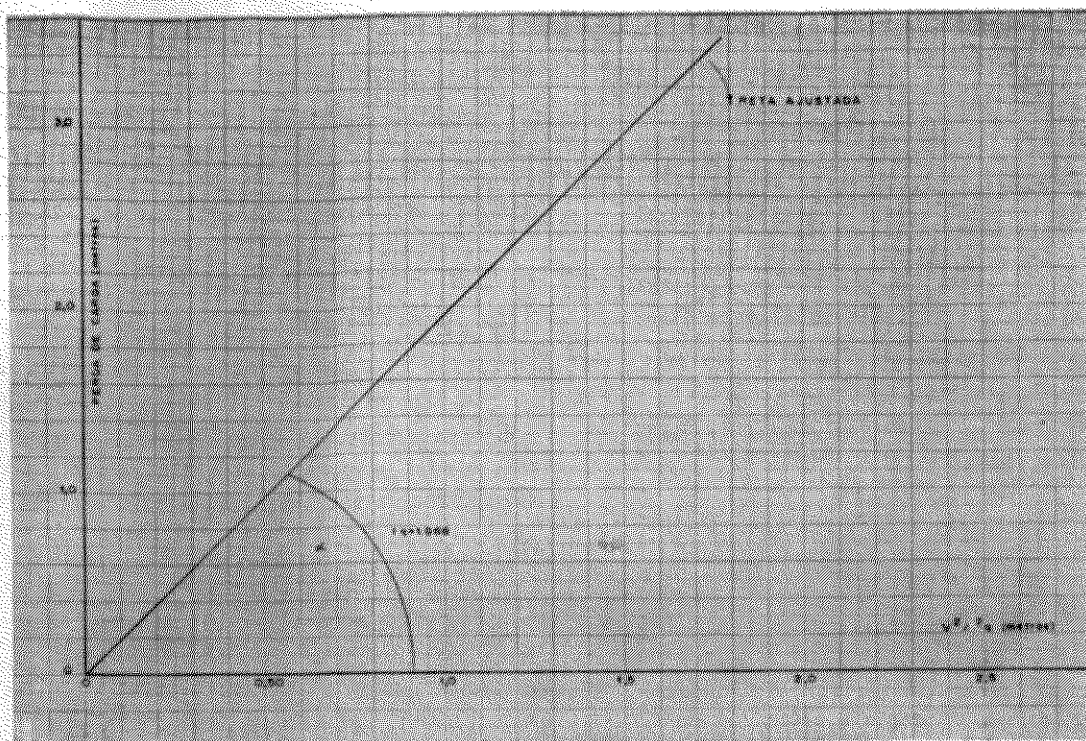
Foto 5 — Parte final das instalações, notando-se o registro de controle das vazões.



Foto 6 — Vê-se o Tubo de Pitot, empregado para medida das vazões.



Foto 7 — Equipe de trabalho realizando as medidas no Tubo de Pitot.



Desenho n.º 3 — Reta experimental obtida, para determinação do coeficiente.

Propositadamente instalamos duas tomadas a jusante, sendo uma imediatamente após a válvula e a outra a 5,7 m da primeira. Visamos com isso não só ter uma idéia da perda de carga na tubulação empregada, para compará-la com a real, mas também verificar como se propagariam para jusante as perturbações produzidas pela válvula.

Trabalhando a bomba em regime constante, as vazões foram controladas por meio de um registro de gaveta, instalado a saída de tubulações, conforme indicado no Desenho n.º 2.

Terminada a instalação, fizemos uma verificação do seu funcionamento e realizamos uma aferição prévia da aparelhagem de medidas.

VI — OS RESULTADOS OBTIDOS

Para bem definir o valor do coeficiente desejado, medimos 9 valores de vazões, variando desde uma ligeira abertura do registro de controle, até o máximo fornecido pela bomba.

Era intuito nosso executar maior número de medidas, caso a disposição dos pontos sobre a reta não se revelasse conveniente. Para satisfação nossa, todavia, e em confirmação às nossas previsões, constatamos ser desnecessário prolongar as medidas, uma vez que, conforme se pode verificar no Desenho n.º 3 a disposição da reta obtida

foi considerada perfeitamente aceitável e havia urgência para os trabalhos.

A compensação gráfica realizada e o ajustamento feito pelo método dos mínimos quadrados, se mostraram ótimamente coincidentes, dando para valor final do coeficiente procurado:

$$K = 1,968$$

valor esse que consideramos plenamente aceitável para a válvula completamente aberta, conforme foi ensaiada.

Confrontando o valor acima com os normalmente tabelados em manuais e formulários técnicos, para válvulas de retenção em geral, não devidamente especificados, constatamos que variavam geralmente entre 1,5 e 3,0, o que situa o coeficiente por nós determinado dentro de um limite perfeitamente aceitável.

Fornecemos então o valor desejado ao órgão interessado, dentro do prazo visado, com plena confiança no que havíamos feito em tão pouco tempo.

VII — CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso modelo da válvula foi confeccionado nas próprias oficinas da CEDAG, em cerca de 8 dias.

O trabalho experimental, inclusive a montagem das instalações, foi executado em prazo igual.

As despesas foram mínimas, uma vez que tudo foi executado com os recursos e no âmbito da própria Companhia.

Dada a urgência que havia para a obtenção dos resultados, a experimentação foi abreviada, sendo omitidos certos detalhes que poderiam ser observados e estudados.

É intenção nossa prosseguir com os estudos experimentais no caso em aprêço, até a análise completa da válvula, em todos os aspectos em que ela possa ser estudada, sob o ponto de vista hidráulico.

Pretendemos voltar ao assunto em publicação posterior.

Vemos, através do exposto, como, havendo interesse, apóio e entusiasmo, casos aparentemente complexos ou duvidosos podem ser fácil e economicamente resolvidos, mesmo de modo improvisado, com a utilização dos formidáveis recursos

da técnica experimental e do modelo reduzido, nos domínios da Hidráulica e da Mecânica dos Fluidos.

Verifica-se, finalmente o acerto de decisão de organizações do porte da CEDAG, quando resolvem enfrentar, com seus próprios recursos, com seu próprio pessoal, dentro do seu âmbito, sem apelar para a colaboração externa, múltiplos, importantes e variados problemas que lhe estão afetos, dada a diversidade e a importância dos seus encargos.

O que acabamos de descrever, em moldes simples e gerais, é um exemplo mínimo do que pode e deve ser feito e imitado por todos os órgãos que tem missões relacionadas com ciências que podem ter um amplo e decidido apóio no campo experimental, principalmente com o emprêgo da técnica do modelo reduzido. Persistir na teoria pura e simples, e querer resolver casos complexos pelo bom senso e pelo arbitramento de dados e de valores, constitui teimosia ou temeridade, a que certamente não se arriscam técnicos sensatos e conscientes.