

# ESTRUTURAS DE CONTROLE NO SISTEMA ADUTOR METROPOLITANO — ASPECTOS DE PROJETO

Eng<sup>o</sup> PAULO FERREIRA (\*)

## 1 — INTRODUÇÃO

Para receber as águas oriundas do Sistema Produtor Cantareira, a SABESP-CPR, projetou e está executando o Sistema Adutor Metropolitano (SAM), cuja primeira fase já está em operação.

A Alça Norte do SAM é constituída por um conjunto de cerca de 90 km de tubulação em aço e ferro ductil com diâmetros, oscilando entre 2,10 m a 0,50 m, e que aduzirão água para um conjunto de 27 reservatórios de acumulação, com capacidades variando de 50.000 m<sup>3</sup> a 10.000 m<sup>3</sup>.

Para operar e controlar eficientemente este complexo sistema de adução, projetou-se em cada reservatório as Estruturas de Controle, e na Estação de Tratamento do Guaraú, o Centro de Controle.

## 2 — ESTRUTURAS DE CONTROLE

Quatro condições básicas foram analisadas para se determinar a hidráulica do sistema:

- Vazão de projeto para o Sistema Norte — 11 m<sup>3</sup>/s

- 50% da vazão de projeto para o Sistema Norte
- 150% da vazão de projeto para o Sistema Norte
- 50% da vazão de projeto para o Sistema Norte e vazão máxima para os reservatórios do Sistema Sul.

Estas análises hidráulicas mostraram que seriam necessárias estações redutoras de pressão em diferentes pontos da adutora. Em função da futura ampliação do Sistema tanto para Leste como para Oeste, ficou decidido que estas estações redutoras de pressão ficariam localizadas nas proximidades dos reservatórios.

Verificou-se ainda, que ao efetuar a dissipação de energia, dependendo da sua grandeza, poderiam aparecer vibrações, ruído e danificação do equipamento por erosão; colocou-se assim o problema da cavitação.

Variando a pressão e vazão em cada reservatório quando o Sistema estiver em operação, será variável também a dissipação de energia, e em conseqüência, o dissipador de energia deverá ser um dispositivo regulador.

Tendo em vista a dificuldade de se prever todas as condições de operação, a escolha do dispositivo regulador foi baseada em uso sob condições de cavitação.

(\*) Engenheiro Coordenador de Projetos — Superintendência de Engenharia — SABESP — Prof. Assist. Esc. Eng. Univ. Mackenzie.

Adotou-se para avaliar o «índice de cavitação», a seguinte relação:

$$\sigma = \frac{P_j - P_{va} + P_b}{P_m - P_j}$$

onde:

$P_j$  = pressão manométrica a jusante do dispositivo

$P_{va}$  = pressão de vapor da água

$P_b$  = pressão barométrica

$P_m$  = pressão de montante do dispositivo.

O fator adimensional, conforme os valores assumidos, indica:

$\sigma = 0,5$  cavitação severa

$\sigma \leq 1,0$  cavitação moderada

$1,0 < \sigma < 1,5$  cavitação suave

$1,5 < \sigma \leq 2,5$  cavitação incipiente.

Lembre-se aqui que o «índice de cavitação» para um dado sistema, depende não somente da relação acima mas também de outros fatores hidráulicos.

Assim, a seleção do dispositivo de regulagem no SAM, baseou-se na otimização das condições hidráulicas, da economia da instalação e do arranjo físico dentro da estrutura de controle.

Feita a opção de não se reduzir pressões na linha de adução, toda a dissipação de energia deveria ocorrer nos ramais dos reservatórios terminais, e/ou nas estruturas de controle, e, por conveniência, o diâmetro mínimo dos ramais dos reservatórios não deveria ser inferior a 500 mm.

## 2.1 – Localização

Tendo em vista o Índice de Cavitação, verifica-se que a  $P_j$  poderia ser aumentada ao se localizar as estruturas de controle no ponto mais baixo do ramal terminal do reservatório.

Não obstante, a solução mais prática indica que tais estruturas devem estar localizadas próximas ao reservatório ter-

minal, procurando-se obter 50 m de contra pressão para o dispositivo de controle no interior da estrutura. Evidentemente um aumento da contra pressão dá maior confiabilidade ao dispositivo de controle; — desta forma, foram analisadas as condições em todos os reservatórios para que as estruturas de controle fossem localizadas nas cotas mais baixas da área.

## 2.2 – Valores típicos adotados

### INDICES CRITICOS TÍPICOS DE CAVITAÇÃO PARA VÁLVULAS

Tipo de Válvula	Índice Crítico de Cavitação	
	Inferior	Superior
Válvula de agulha de 8" com expansão de 14" .....	0,4	1,5
Válvula de agulha de 8" com expansão de 12" .....	0,6	1,6
Válvula de agulha de 8" .....	0,6	2,1
Válvula borboleta com admissão de ar pela haste e expansão de 2:1 .....	0,6	0,8
Válvula de esfera com admissão de ar no lado da tubulação da jusante e expansão de 2:1 .....	0,6	3,1
Válvula cônica .....	0,6	4,3
Válvula de gaveta .....	0,8	3,4
Válvula globo .....	1,5	4,0
Válvula de esfera .....	1,7	4,5
Válvula borboleta .....	2,4	6,0

O índice de cavitação representa um limite operacional razoável para a válvula de regulagem. Evidentemente podem ocorrer danos limitados na válvula se ela for operada por longo tempo nos valores do índice crítico.

Assim, as condições de operação determinarão o sucesso ou não da válvula de regulagem; se continuamente estiver sendo operado nos limites inferiores haverá um rápido desgaste.

Nas análises estabelecidas no SAM, admitindo-se 5,0 m de contra pressão nos reservatórios, foram calculados os índices de cavitação para cada local de reservatório e encontrou-se que o índice seria inferior a 1,0 em 22 das 27 estruturas de controle, nas condições de 50% da vazão de projeto, e em 14 dos 27 nas condições de vazão de projeto.

### 3 – EQUIPAMENTO DE CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO

Terão por função proporcionar o controle e medições remotos dos reservatórios do SAM, através do centro de controle localizado na Estação de Tratamento do Guaraú.

Haverá telemetria para as seguintes grandezas:

- vazão;
- nível d'água nos reservatórios terminais;
- nível d'água nos reservatórios elevados;
- pressão no ramal em cada estrutura de controle;
- posição das válvulas de controle;
- controle remoto de válvulas com fechamento automático com nível d'água alto no reservatório;
- alarmes do sistema de controle.

Os critérios para se determinar o tipo de equipamento e medições incluíram os seguintes:

- o sistema remoto operado manualmente deve ser simples sem uso de equipamento complexo ou sofisticado;
- o sistema de controle e medição de cada estação periférica deve ser tão independente quanto possível, de modo a que qualquer falha de equipamento somente afete o local;
- o sistema remoto controlado manualmente poderá ser modificado e am-

pliado de modo a poder ser futuramente adaptado a um conceito de controle auxiliado por computador;

- serão utilizados tanto quanto possível, dispositivos de controle e instrumentação padronizados;
- equipamentos idênticos deverão ser usados na maior escala possível de modo a minimizar as peças sobressalentes e o treinamento de pessoal de manutenção;
- os meios de comunicação devem ser altamente seguros;
- os locais remotos devem ser projetados de modo a poder operar localmente de forma automática, no grau necessário para que quaisquer falhas sejam as de menores conseqüências;
- o equipamento de instrumentação e controle deve ser instalado acima do terreno e abrigado na maior extensão possível, para facilidade de acesso e conveniência de manutenção e reparo.

Os tipos de medições e equipamentos poderão ser assim sintetizados:

#### a) medição de vazão

Transmissor telemétrico do tipo tempo-impulso, ou por um transmissor frequência-pulso, no qual a vazão é diretamente proporcional a frequência dos pulsos transmitidos.

#### b) nível d'água nos reservatórios terminais

Será usado o sistema borbulhador já que apresenta as vantagens de padronização, manutenção fácil e poucas peças sobressalentes.

O transmissor será um instrumento sensível a pressão desenvolvendo um sinal tempo-impulso, cuja duração seja proporcional à pressão medida.

**c) nível d'água nos reservatórios elevados**

Será instalada uma tubulação estática entre cada reservatório elevado e a estrutura de controle, de modo que as medições possam ser combinadas com outros pontos.

O dispositivo medidor será um transmissor telemétrico atuando por pressão tipo tempo-impulso, semelhante ao item b.

**d) pressão nos ramais**

O transmissor telemétrico será semelhante aos itens anteriores, e o transmissor de pressão será ligado diretamente à tubulação no interior da estrutura de controle, com dispositivos para amortecer pulsações quando necessário.

**e) posição das válvulas de controle**

O transmissor será ligado diretamente à haste operadora da válvula. A ligação da haste posicionando diretamente um transmissor de movimento será do mesmo tipo usado para medição de nível e pressão.

O transmissor de movimento ou de posição seria montado na válvula e será do tipo tempo-impulso.

**f) controle remoto das válvulas**

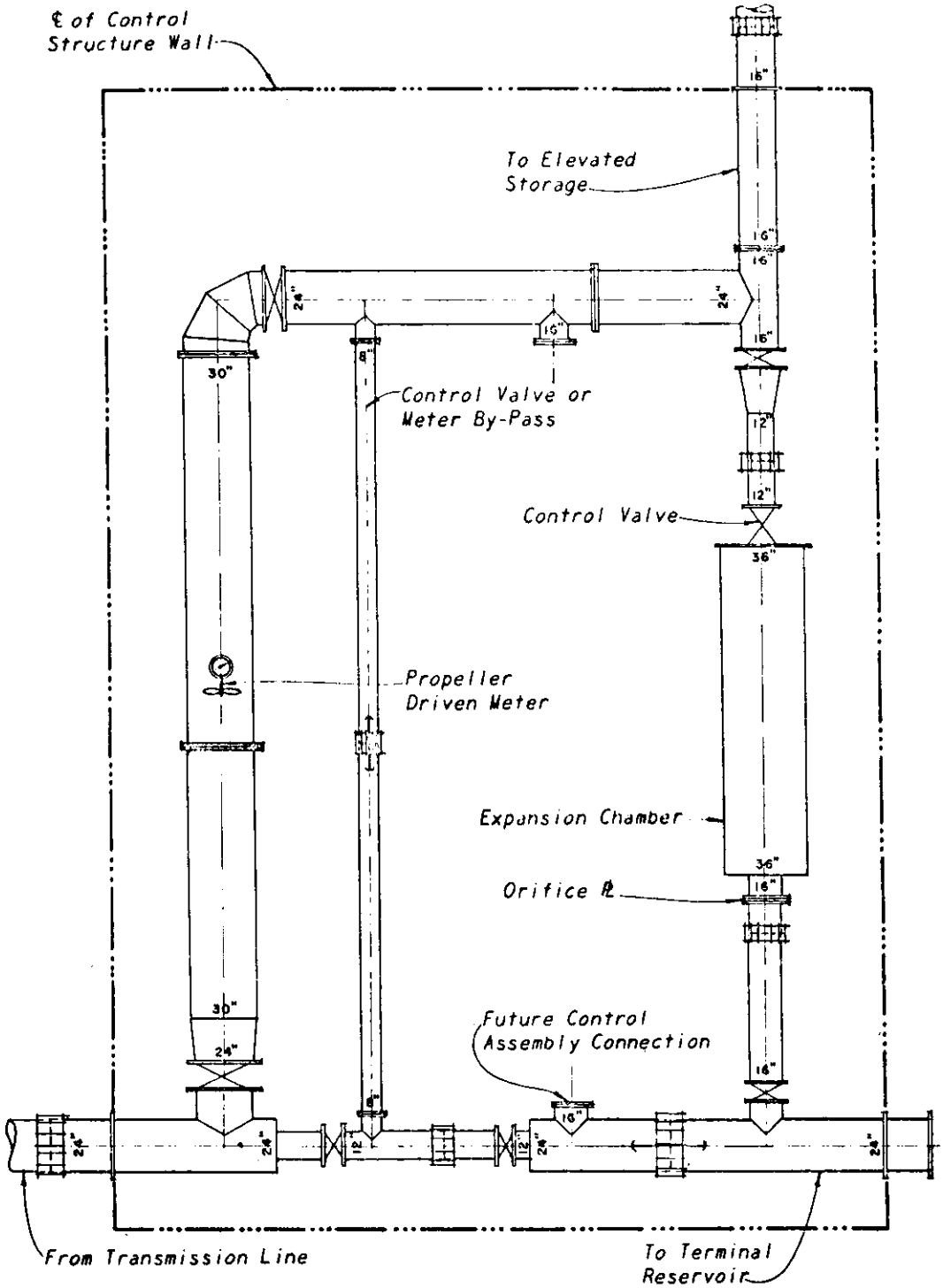
Foi adotado o sistema pneumático.

Um posicionador pneumático que posiciona precisamente a válvula em qualquer posição solicitada pelo sinal de controle, será montado na válvula. O controle será um sinal pneumático de 3 a 15 psi correspondendo o limite inferior à válvula completamente fechada, e o superior completamente aberta, qualquer posição intermediária a um valor diretamente proporcional à magnitude do sinal.

**g) sistema de alarme**

Três condições anormais nas estruturas de controle serão transmitidas separadamente por sinais de áudio a um alarme no centro de controle:

- falta de energia de corrente alternada;
- inundação da estrutura;
- falta de pressão no abastecimento de ar.



RESERVOIR SITE NO. 42  
 CONTROL STRUCTURE PIPING LAYOUT

Figure E2