

# Válvulas Anti-Golpe de Ariete. Desenvolvimento Brasileiro

Eng.º MARIO MONTINI DE NICHILE (\*)  
Eng.º RICARDO FERREIRA DE SOUSA (\*\*)

## 1. OBJETIVO

1.1 O objetivo deste trabalho é a apresentação do estudo realizado pela Divisão de Projetos Mecânicos da SABESP — Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, para a utilização de válvulas antigolpe de aríete de fabricação nacional na Estação Elevatória de Água de Teodoro Ramos (São Paulo — Capital).

1.2 As válvulas atualmente fabricadas no Brasil não tinham, até então, suas curvas de desempenho levantadas em laboratório. Eram curvas teóricas. Nesse sentido, com a finalidade de se adquirir confiabilidade nessas válvulas, e tendo em vista que as firmas fabricantes nacionais não possuem bancadas de testes, foi montado, com a colaboração do Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo, um laboratório no campo para levantamento das curvas de desempenho das válvulas.

1.3 Não está no escopo deste trabalho a análise do estudo de transientes hidráulicos apresentado pela Projetista para a Elevatória de Teodoro Ramos, mas sim, baseado na solução apresentada, verificar a viabilidade da utilização de equipamentos fabricados no Brasil, seja por indústria nacional ou multinacional, para alívio de sobrepressão na linha de recalque desta Elevatória.

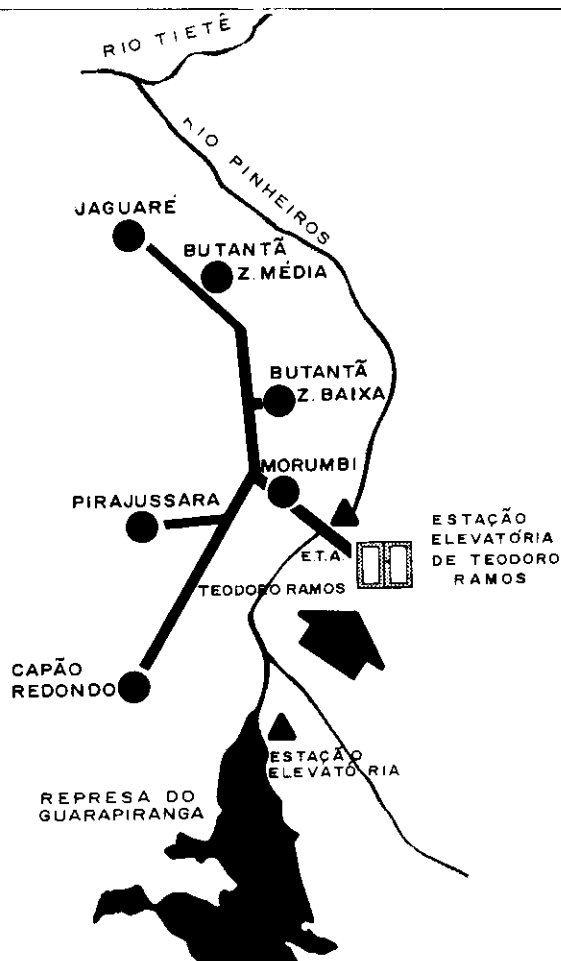
## 2. O SISTEMA DE RECALQUE DE ÁGUA DE TEODORO RAMOS

A função do sistema é recalcar água tratada do reservatório do Alto da Boa Vista para o reservatório do Morumbi (Ilustr. n.º 1), através de 3 (três) conjuntos moto-bombas, dos quais 2 (dois) trabalharão em para-

lelo, permanecendo o terceiro como reserva.

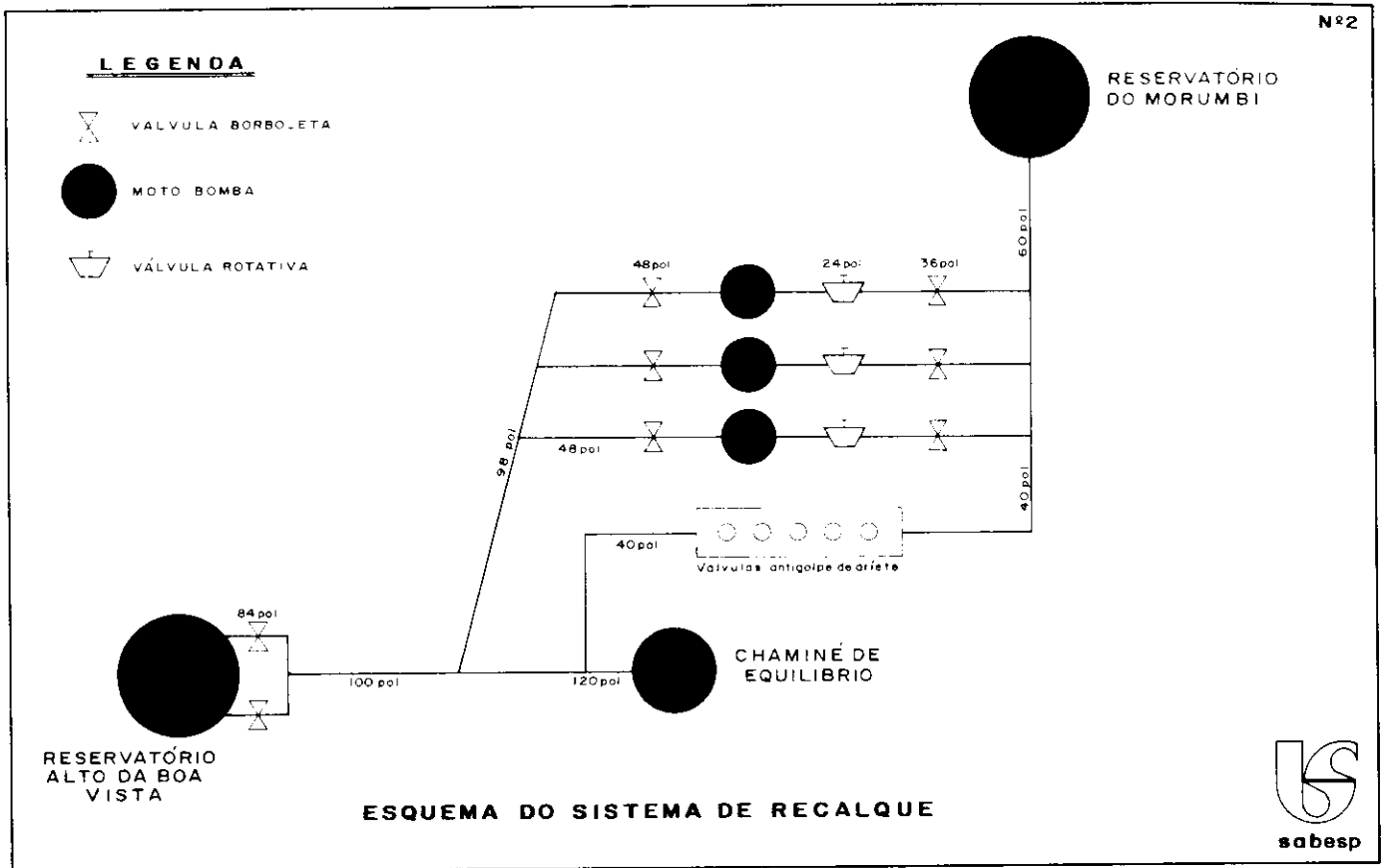
Os dois conjuntos recalcam um total de 3 (três) m<sup>3</sup>/s à altura manométrica de 84 m.c.a., abastecendo cerca de 1 (um) milhão de habitantes.

Para se ter uma idéia melhor do sistema de recalque, vide (Ilustr. n.º 2) anexa.



(\*) Chefe da Divisão de Projetos Mecânicos — Diretoria de Construção da SABESP.

(\*\*) Engenheiro da Divisão de Projetos Mecânicos — Diretoria de Construção da SABESP.



### 3. O ESTUDO DOS TRANSIENTES HIDRAULICOS NO SISTEMA DE RECALQUE DE TEODORO RAMOS

O estudo de proteção com relação aos transientes hidráulicos das tubulações e equipamentos que compõem o sistema de recalque de Teodoro Ramos foi efetuado pelo consultor armênio, radicado nos Estados Unidos, John Parmakian.

Esse estudo se resumiu em duas partes:

3.1 Proteção com relação aos transientes hidráulicos da tubulação e equipamentos da linha de sucção.

Para essa proteção foi utilizada uma chaminé de equilíbrio (stand-pipe), vide (Ilustr. n.º 3) anexa.

A chaminé de equilíbrio é um reservatório aberto para a atmosfera, ligado em derivação à linha de recalque. Entre a linha e a chaminé o fluxo é permitido no dois sentidos.

Ao ser desligada a bomba, a chaminé de equilíbrio supre a energia necessária para reduzir a desaceleração rápida da coluna de água e suavizar a subpressão decorrente.

Ao ser ligada a bomba, a chaminé absorve a maior parte da vazão ini-

cial, proporcionando assim uma aceleração suave para a coluna de água.

3.2 Proteção com relação aos transientes hidráulicos da tubulação e equipamentos da linha de recalque.

Para essa proteção foram utilizados:

3.2.1 Um reservatório unidirecional ("one way") instalado na estaca 41 + 45,45 (vide ilustr. n.º 4).

O reservatório unidirecional ("one way") é um tanque aberto para a atmosfera, ligado em derivação à linha de recalque, através de válvulas de retenção que permitem o fluxo somente no sentido do tanque para a linha (vide ilustr. n.º 5).

A função do reservatório unidirecional é reduzir a intensidade da onda de subpressão que se origina no desligamento da bomba.

Não tem ação direta sobre a onda de pressão, porém sua ação é indireta, pois, suavizando a condição inicial de subpressão, reduz também a onda de sobrepressão subsequente.

O reservatório unidirecional deve conter volume de água suficiente para suprir a vazão que deixa de ser fornecida à linha no momento de desligamento da bomba.

Deve também fornecer este volume sem apreciável variação de nível, mantendo mais ou menos constante uma certa pressão mínima na linha.

A realimentação do reservatório unidirecional é feita por outra derivação da linha de recalque, de pequeno diâmetro e dotada de válvula de bóia na extremidade.

No caso do sistema de recalque de Teodoro Ramos, o reservatório foi utilizado para evitar a separação da coluna na estaca mencionada.

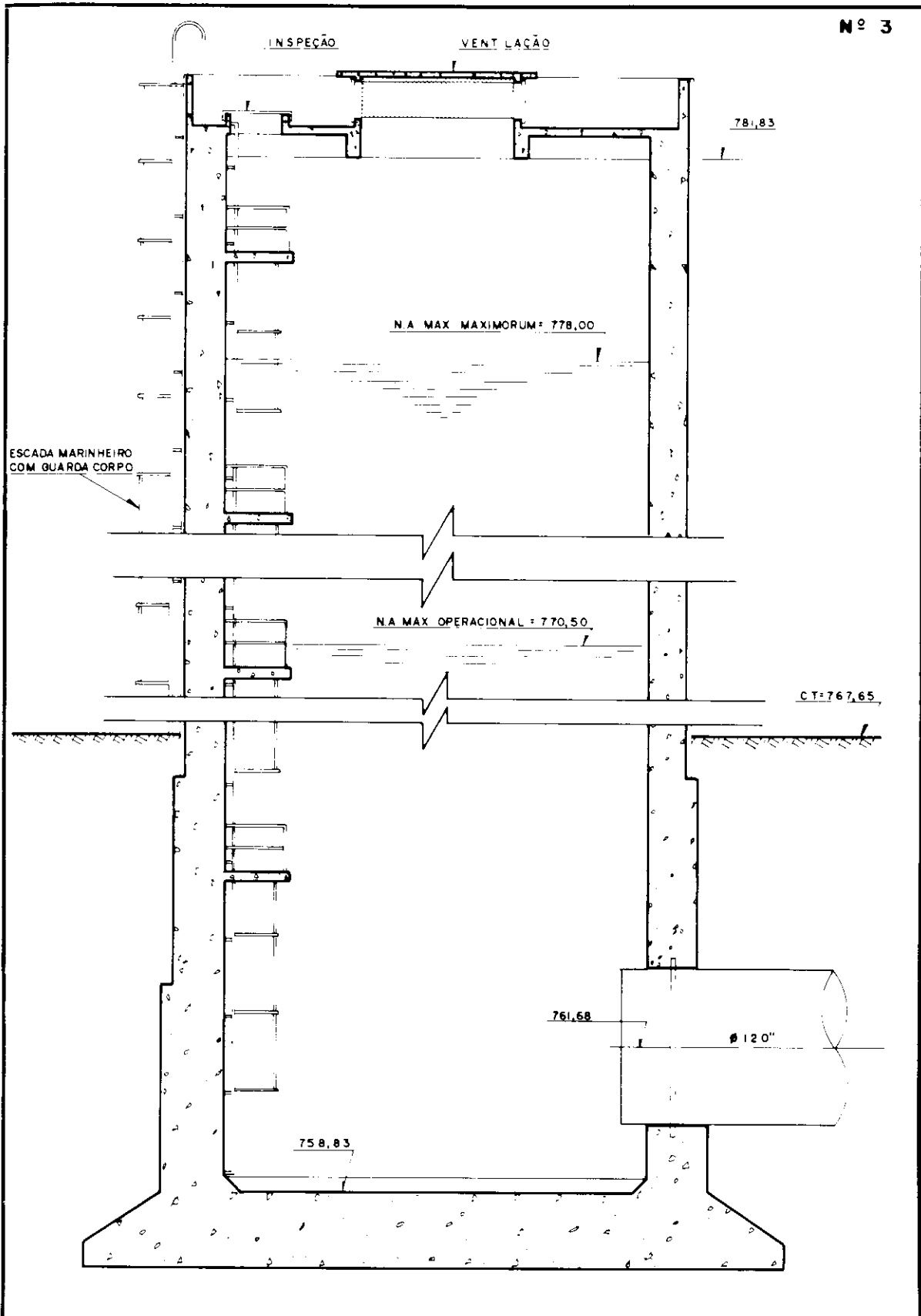
3.2.2 Duas ventosas de 8" de aço dupla, instaladas na estaca 55 + 06,50 (vide ilustr. n.º 4).

A ventosa de aço dupla é constituída de maneira a abrir rapidamente na condição de subpressão, admitindo ar suficiente para reduzir essa condição.

Quando há sobrepressão, a válvula se fecha lentamente, extraindo o ar existente na tubulação.

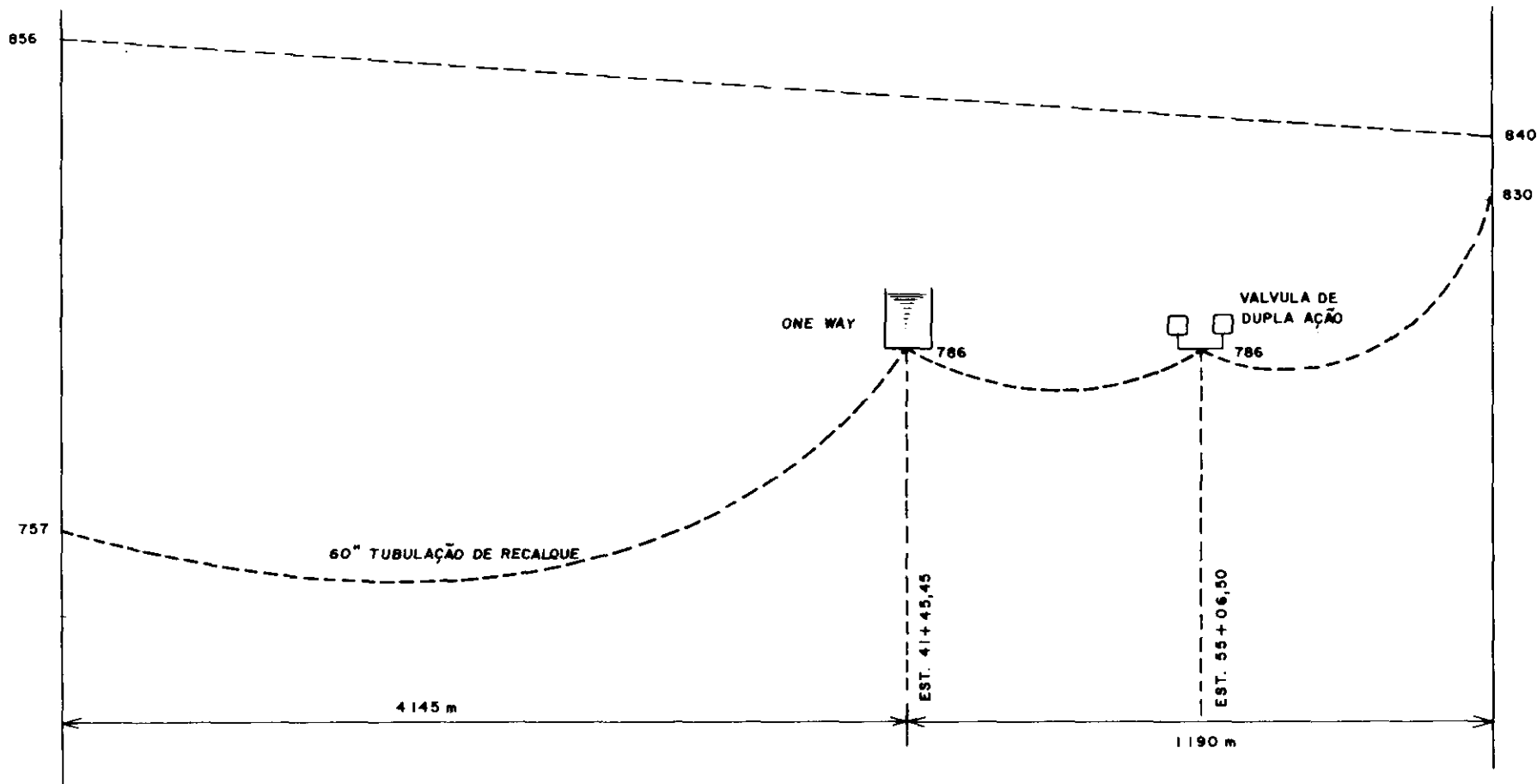
3.2.3 Válvulas rotativas motorizadas com tempos de fechamento e abertura reguláveis.

Na condição de parada normal de cada bomba, a válvula rotativa (vide ilustr. n.º 2) se fechará de forma controlada num tempo especificado, com a finalidade de não provocar a sobrepressão transiente.

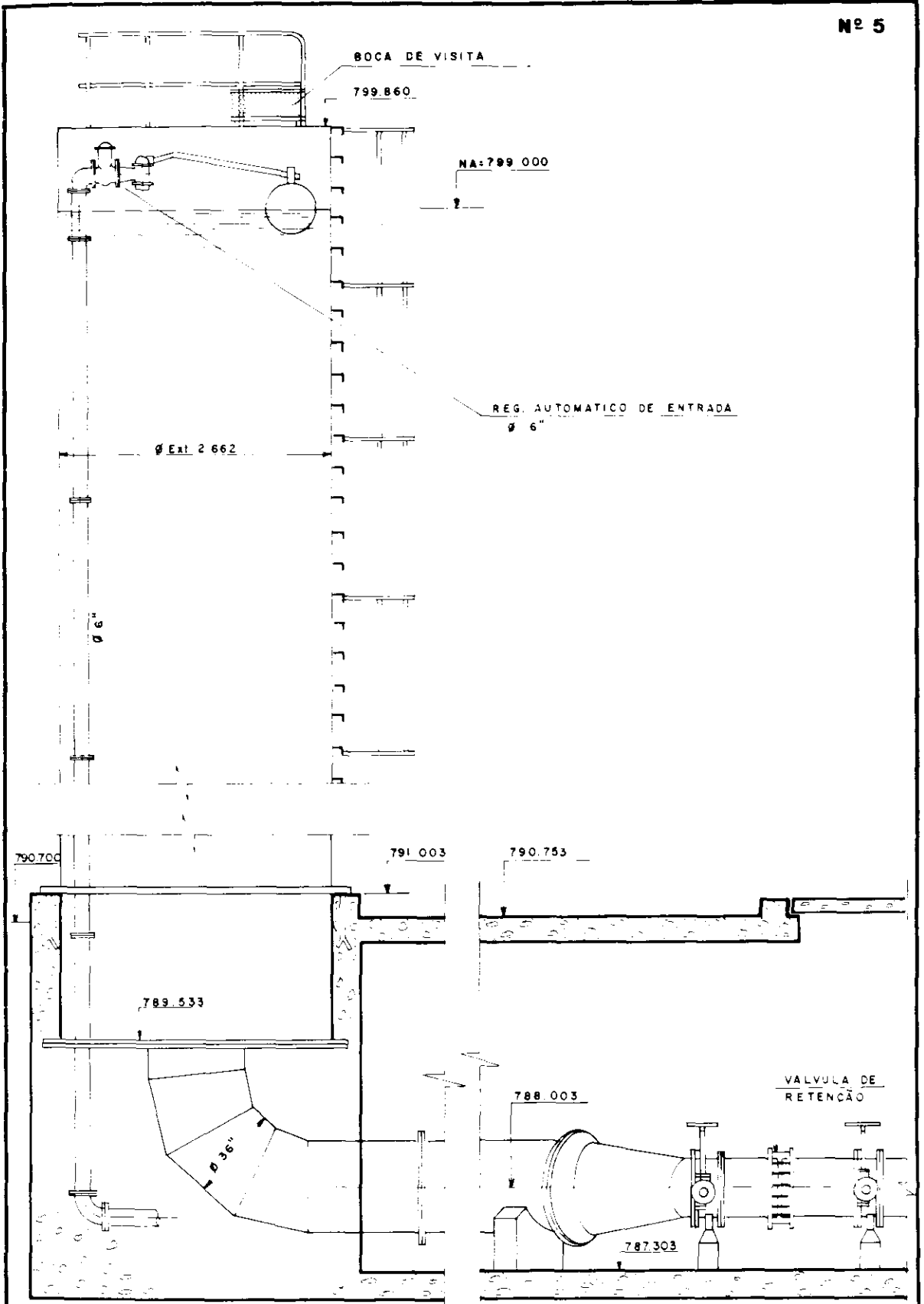


<b>sabesp</b> - VISTO E ACEITO		companhia de saneamento básico do estado de são paulo		Nº	
ANALISADO		CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO		R.	FL.
ACEITO		ÁREA PROJ.		Nº CONTRATADA	
VISTO		SUB-ÁREA PROJ.		ESCALA	
EXECUTADO		DES. CARLOS	10/78	APROVADO POR	1:100
sabesp -		PROJ.		ASS.	CREA





PERFIL DA ADUTORA DO SISTEMA DE TEODORO RAMOS



<b>sabesp</b> - VISTO E ACEITO		companhia de saneamento básico do estado de são paulo		Nº	
ANALISADO		"TANQUE UNID. REGIONAL DE AMORTECIMENTO"		R.	FL.
ACEITO		ÁREA PROJ.		Nº CONTRATADA	
VISTO		SUB-ÁREA PROJ.		ESCALA	
EXECUTADO		DES.		APROVADO POR	1:50
		PROJ.		ASS.	CREA



## VÁLVULAS

3.2.4 Válvulas Antigolpe de Ariete.  
Essas válvulas são o objeto do presente estudo, conforme segue.

### 4. A VÁLVULA ANTIGOLPE DE ARIETE

#### 4.1 Princípio de Funcionamento

A válvula antigolpe de ariete é projetada para proteger o equipamento de bombeamento, tubulações e acessórios contra danos causados pelas bruscas variações de pressão dentro da linha.

A válvula proporciona esta proteção realizando três funções:

a) função supressora: o mecanismo de controle da válvula faz com que esta se abra rapidamente, extraindo certo volume de água da tubulação, na medida em que a ondulação de pressão elevada retorna. O instante de abertura da válvula e o espaço de tempo em que esta deve permanecer aberta são reguláveis.

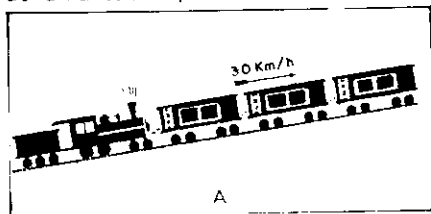
b) função aliviadora de pressão: o mecanismo de controle da válvula faz com que ela se abra quando ocorrem pressões anormalmente altas.

c) função de fechamento lento: a velocidade de fechamento da válvula antigolpe é lenta para evitar a formação de perigosas ondas de pressão.

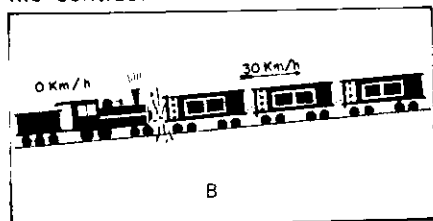
#### 4.2 Analogia Mecânica

Para melhor compreensão do funcionamento da válvula antigolpe, façamos uma comparação com um fenômeno mecânico.

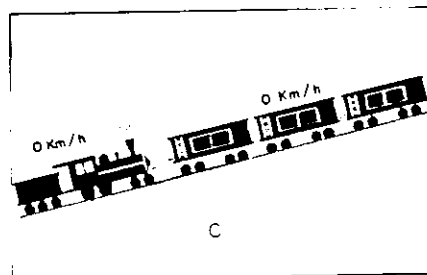
a) Na figura "A", uma locomotiva está empurrando um conjunto de vagões ladeira acima. Isto corresponde à bomba impulsionando a água para uma cota mais elevada através de uma tubulação.



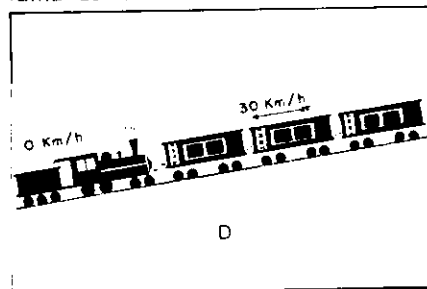
b) Na figura "B", a locomotiva parou abruptamente, mas a inércia dos vagões faz com que estes continuem subindo a ladeira. Uma condição similar ocorre na tubulação de descarga de uma bomba quando existe uma queda de energia, mas a inércia da água faz com que esta continue a fluir dentro da tubulação, no mesmo sentido.



c) Na figura "C", a energia dos vagões em movimento esgotou-se, e eles páram. Na tubulação de descarga da bomba, a coluna de água vem repousar de maneira similar.

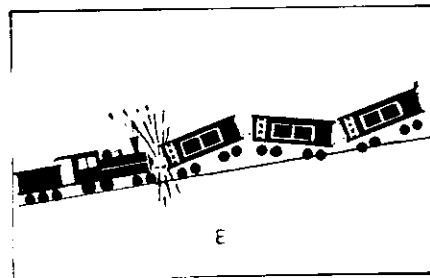


d) Na figura "D", os vagões retornam, descendo a ladeira, e estão prestes a colidir com a locomotiva. Numa tubulação de descarga de uma bomba, a coluna de água também inverte-se e flui para trás em direção à bomba, com uma velocidade aproximadamente igual e de sentido contrário à velocidade anterior à falha da bomba.



e) Na figura "E", os vagões colidiram com a locomotiva, com resultados desastrosos. Isto pode ser comparado com a elevada onda de pressão desenvolvida na linha de descarga da bomba, à medida que a vazão de água que retorna é detida pelas válvulas de retenção fechadas.

A consequência da parada brusca do retorno da vazão de água pode resultar em danos para a tubulação

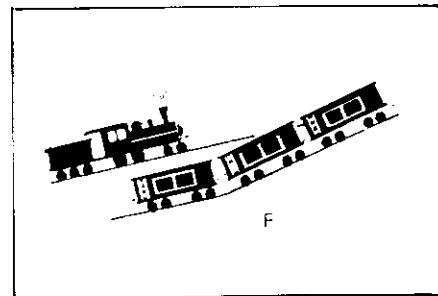


e equipamento de bombeamento, semelhante ao choque entre vagões e locomotiva.

f) Na figura "F", foi providenciado um trilho lateral, de modo que, os vagões retornando ladeira abaixo, passam ao lado da locomotiva, sem chocar-se com a mesma. Além disso, caso houvesse possibilidade, o condutor aplicaria os freios para freiar os vagões.

Analogamente, a válvula antigolpe de ariete está ligada à tubulação de descarga da bomba. Esta válvula se abre, antes que a ondulação de

água retorne para a bomba. Ao retornar, parte da água é canalizada para algum ponto de disposição. Por outro lado, analogamente ao freio aplicado aos vagões, a válvula antigolpe é construída de tal forma que seu fechamento é lento, de modo que a coluna de água na linha de descarga é levada ao descanso, sem causar ondulações perigosas.



### 5. OS ENSAIOS REALIZADOS COM A VÁLVULA NACIONAL

#### 5.1 Os Objetivos dos Ensaios

Os objetivos dos ensaios foram:

a) Levantamento das curvas vazão x diferencial de pressão existente entre montante e jusante da válvula, mantendo-se à jusante da válvula uma pressão constante e definida.

As curvas obtidas desses ensaios permitem o selecionamento do número de válvulas necessárias em função do estudo dos transientes hidráulicos.

b) Levantamento das curvas  $C_d$  (coeficiente de vazão) x vazão e número de Reynolds, mantendo-se à jusante da válvula uma pressão constante e definida.

As curvas obtidas desses ensaios permitem ao fabricante de válvulas conhecer melhor o seu equipamento e ter base para o desenvolvimento de novos modelos.

#### 5.2 O Banco de Ensaios

O Banco de Ensaios foi montado, conforme mostra o esquema da ilustr. n.º 6.

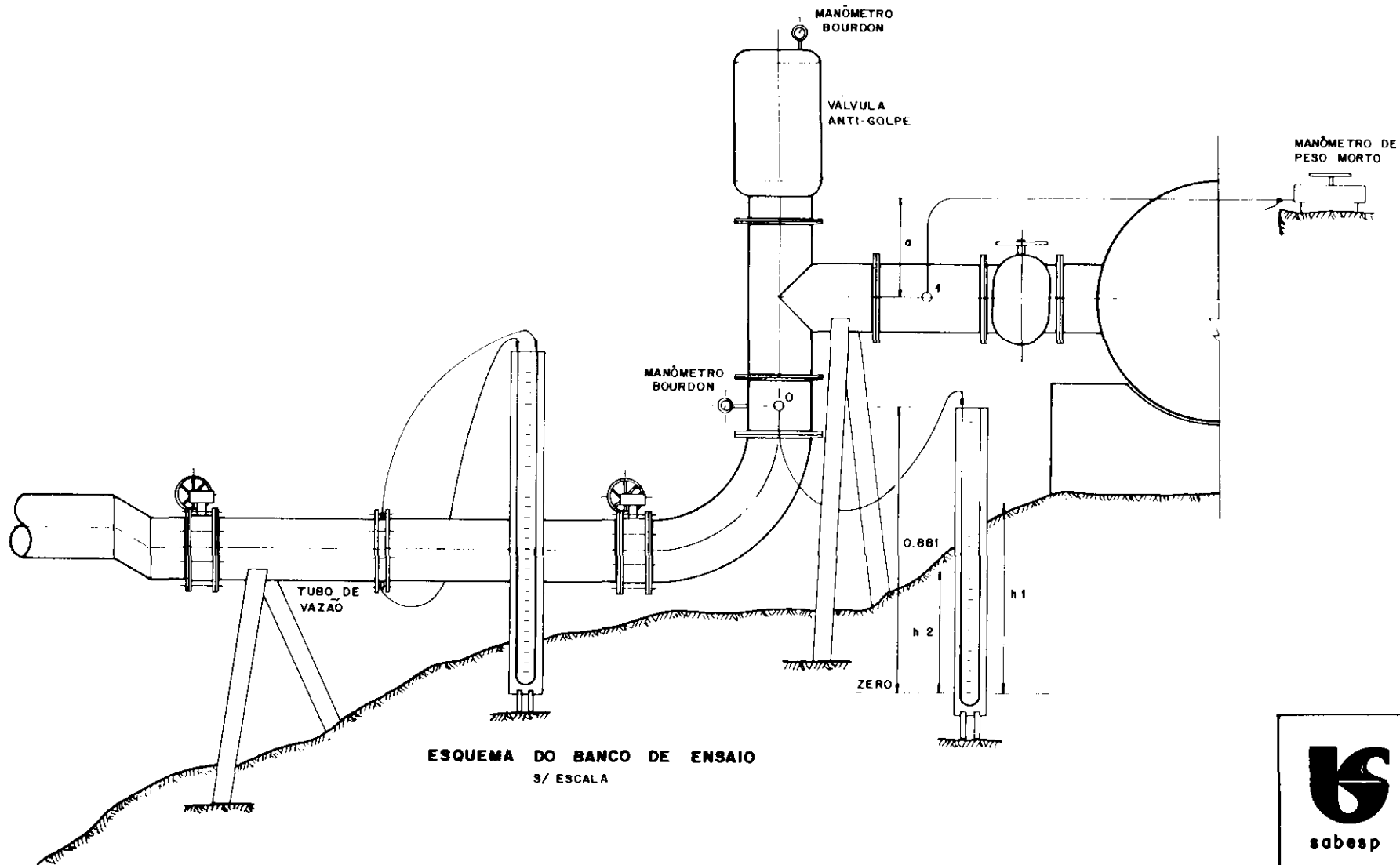
A pressão à montante foi medida por um manômetro de peso morto (vide fotografia — ilustr. 7).

A pressão à jusante foi medida por manômetro tipo Bourdon e manômetro de mercúrio para duplo controle (vide ilustrações números 8 e 11).

A vazão foi medida por tubo de vazão (vide ilustrações números 9 e 10).

O controle de vazão e pressão foi feito por registro de gaveta instalado à montante de válvula (vide ilustração número 7).

O controle de pressão de jusante foi feito por válvula borboleta (vide ilustração número 10).



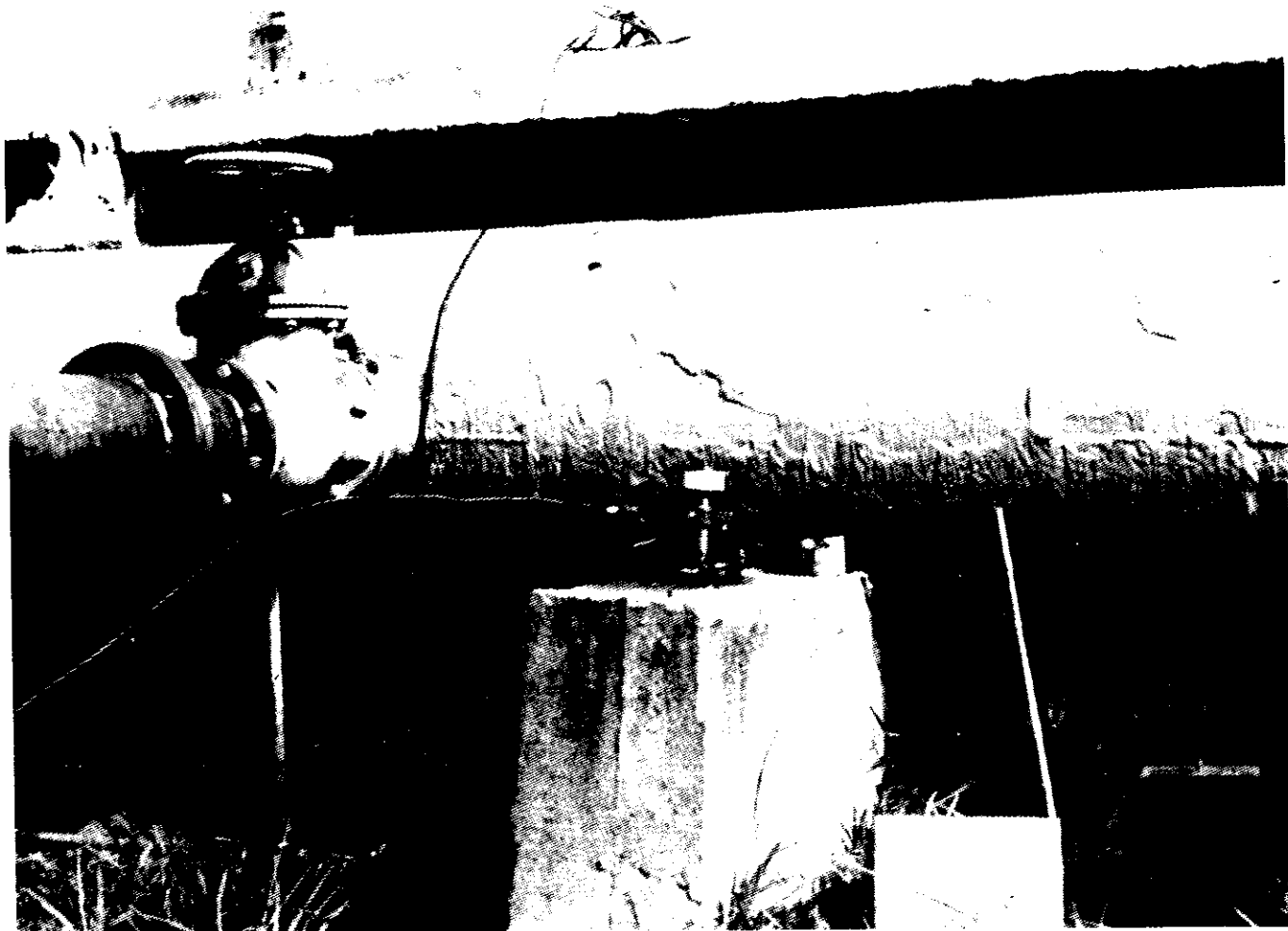


Ilustração 7 — Vista do manômetro de peso morto e da válvula gaveta à montante.

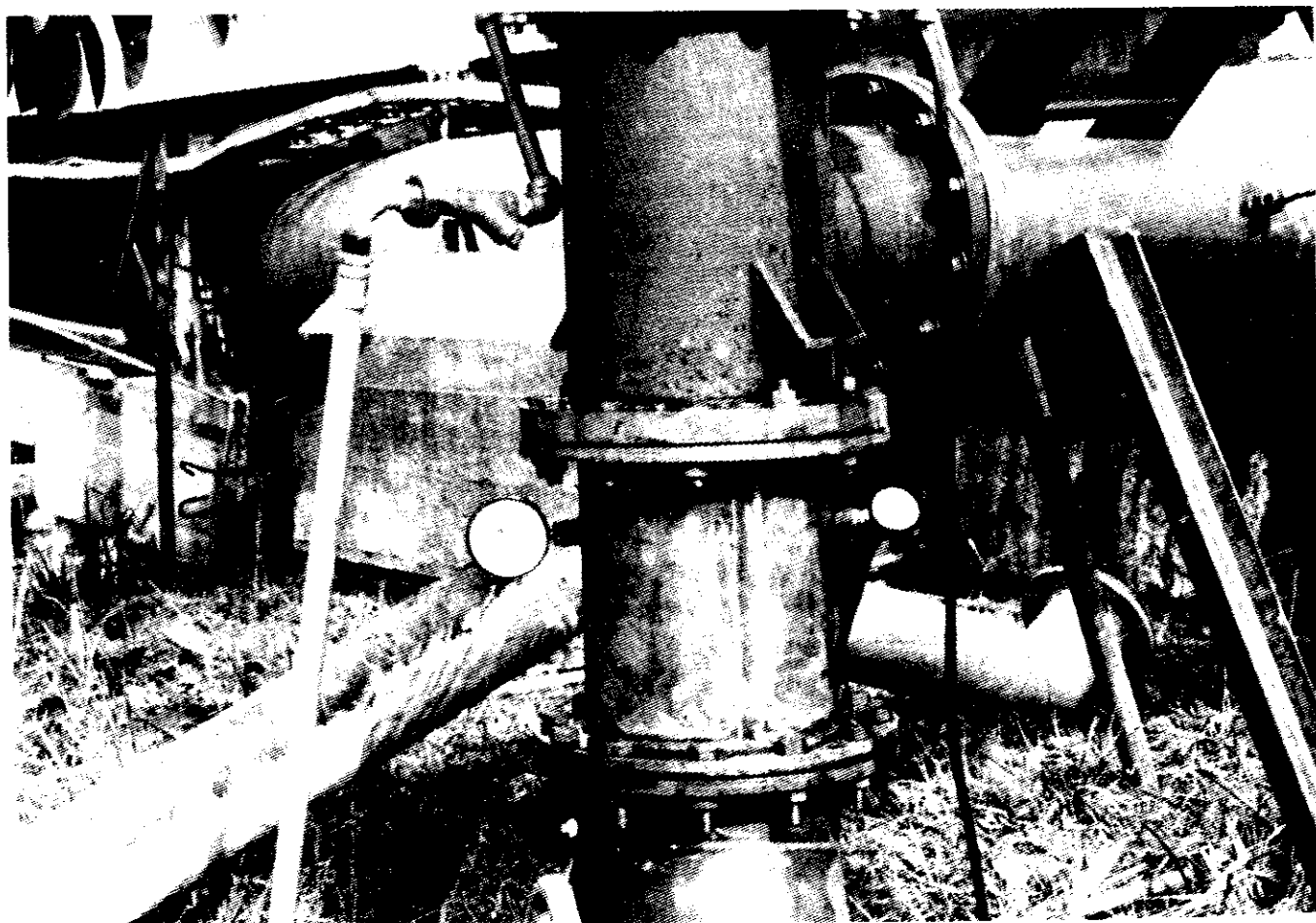


Ilustração 8 — Vista dos manômetros tipo Bourdon à juzante da válvula.



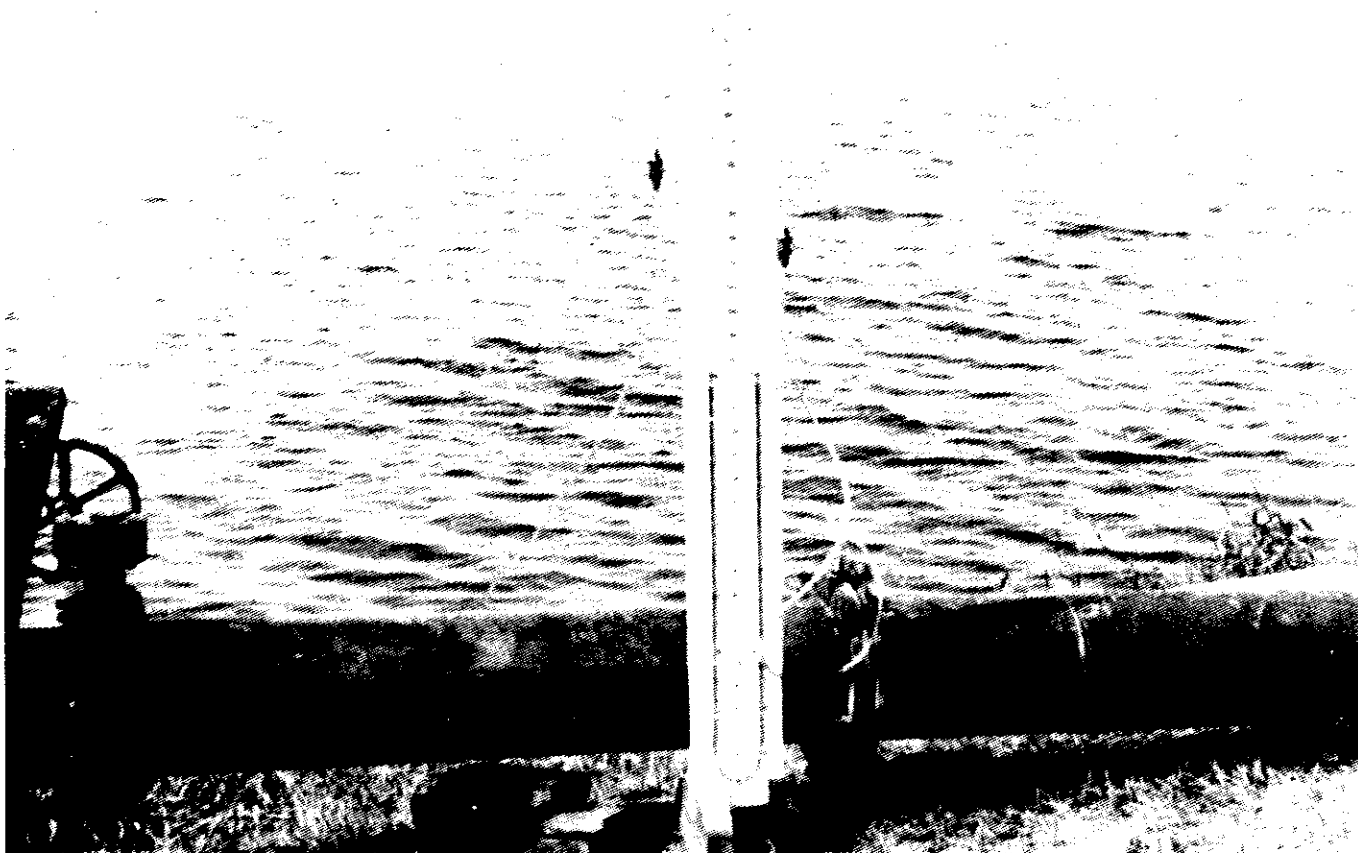


Ilustração 9 — Vista da instalação do medidor de vazão.

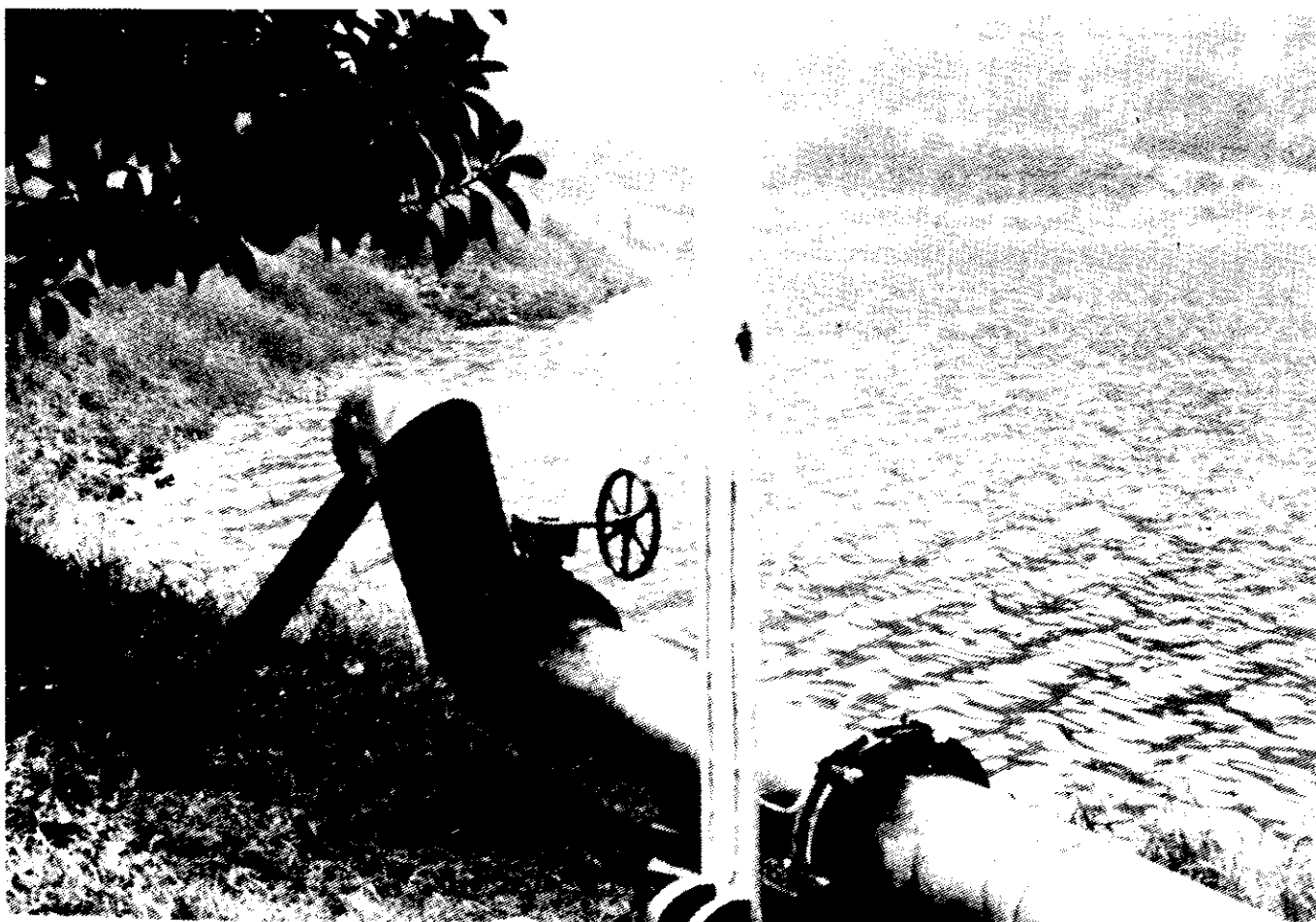


Ilustração 10 — Vista parcial do banco de ensaios mostrando o medidor de vazão e a válvula borboleta à juzante.

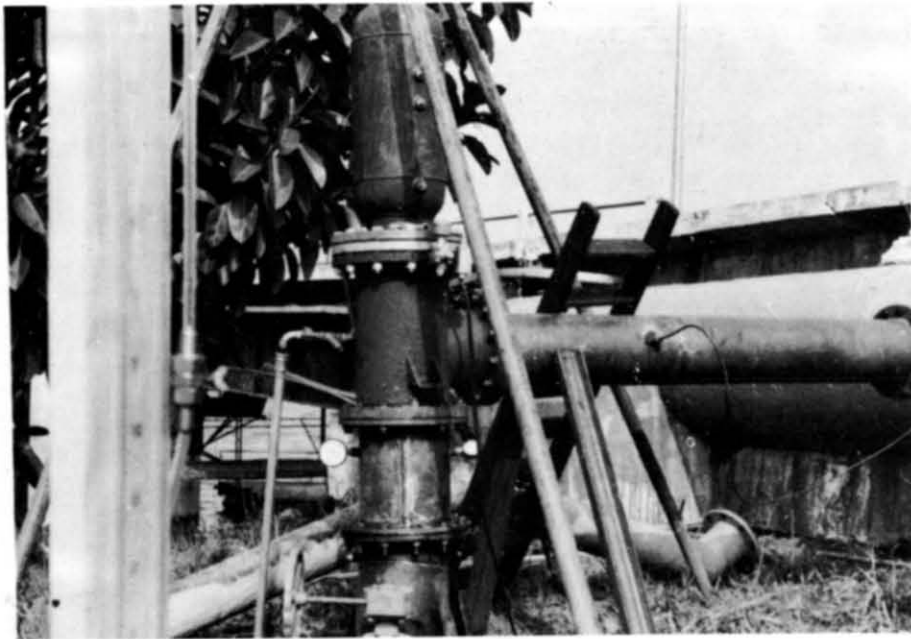


Ilustração 11 — Vista da instalação da válvula anti-golpe de aríete.

### 5.3 O Resultado dos Ensaios

Através de seis séries de ensaios foram levantadas seis curvas do tipo mencionado no item 5.1.a e seis curvas do tipo mencionado no item 5.1.b. Para cada série de ensaios as pressões de jusante foram mantidas constantes e assumiram valores de 0, 5, 10, 15, 20 e 30 m.c.a. As seis séries de ensaios deram como resul-

tado as tabelas de números: I, II, III, IV, V e VI, e as curvas números: I, II, III, IV, V e VI e I-A, II-A, III-A, IV-A, V-A, VI-A e o gráfico geral. O gráfico geral mostra todas as curvas plotadas numa mesma folha.

### 5.4 Conclusão

Apliquemos o resultado dos ensaios para a Elevatória de Água de Teodoro Ramos.

O estudo dos transientes hidráulicos, em função das condições gerais do projeto, definiu os seguintes dados básicos:

- pressão de jusante: 20 m.c.a.
- pressão diferencial: 64 m.c.a.
- vazão através das válvulas anti-golpe de aríete: 1090 l/s.

Tendo em vista os dados acima, verifica-se, através da curva n.º V-A, serem necessárias três válvulas desse modelo.

Atualmente estão sendo realizados testes com a própria Elevatória de Teodoro Ramos, nas condições reais, para confirmação dos dados levantados e apresentados neste trabalho.

### BIBLIOGRAFIA:

1. PARMAKIAN, John — Waterhammer Analysis — Dover Publications, Inc. — New York — 1963.
2. COSTA RODRIGUES, José Maria — Análise de Transientes Hidráulicos em Instalação de Bombeamento — PLANIDRO — Engenheiros Consultores S/A. — 1974.
3. CANADA VALVE — Catalogue 55.1.
4. ARAMFARPA — Indústria de Máquinas e Equipamentos Hidromecânicos Ltda. — Catálogo de Válvulas Anti-golpe de Aríete.

TABELA Nº I

ENSAIO DA VÁLVULA ANTI-GOLPE DE ARIETE											DATA: ..... 03/7.7.73. ....	
Nº	PRESSÃO							TUBO DE VAZÃO			VAZÃO Q (m³/s)	Coeficiente de vazão C <sub>d</sub>
	α = 0,14 m.....	Man. Bourdon M <sub>1</sub> (m)	Man. Bourdon M <sub>2</sub> (m)	H <sub>1</sub> (mm Hg)	H <sub>2</sub> (mm Hg)	ΔH (mm Hg)	ΔP/f (m)	H <sub>1</sub> (mm Hg)	H <sub>2</sub> (mm Hg)	ΔH (mm Hg)		
1	3,30	0,0	-	-	-	-	3,44	882	785	97	0,1195	0,79745
2	7,10	0,0	-	-	-	-	7,24	936	748	188	0,1664	0,78726
3	14,10	0,0	-	-	-	-	14,24	996	692	304	0,2115	0,72285
4	28,50	0,0	-	-	-	-	28,64	1103	589	514	0,2749	0,66709
5	45,00	0,0	-	-	-	-	45,14	1225	486	739	0,3296	0,63870
6	63,80	0,0	-	-	-	-	63,94	1350	354	996	0,3825	0,62359











GRÁFICO DO COEFICIENTE DE VAZÃO  
ENSAIOS DA VÁLVULA ANTI-GOLPE DE ARIETE  
PRESSÃO JUSANTE 0m  
DATA 03/07/78

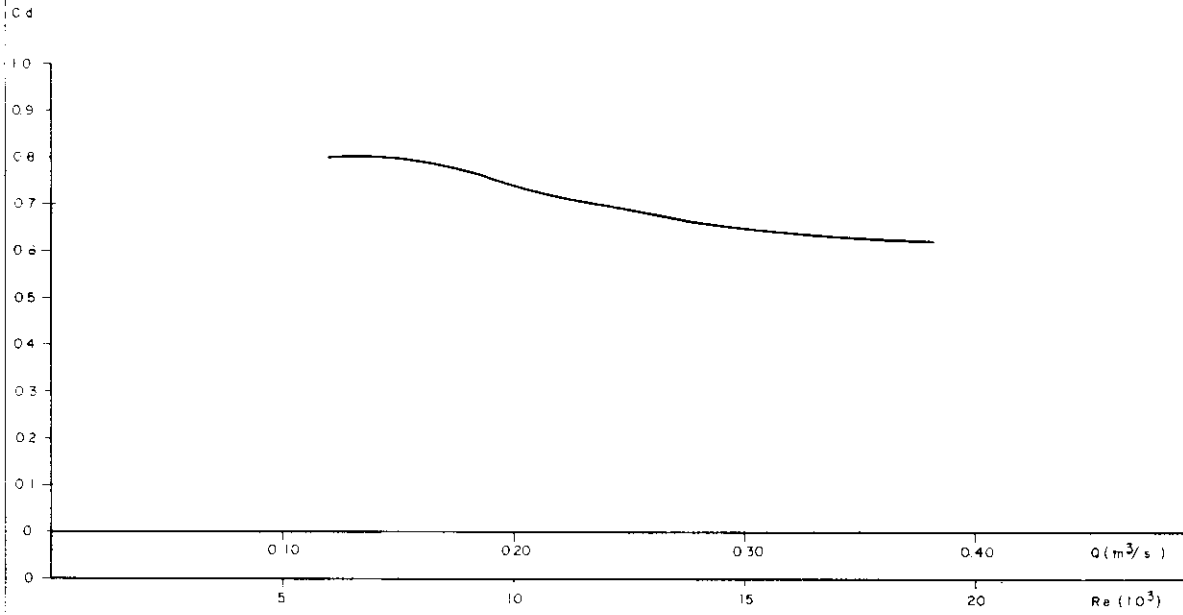


GRÁFICO DO COEFICIENTE DE VAZÃO  
ENSAIOS DA VÁLVULA ANTI-GOLPE DE ARIETE  
PRESSÃO JUSANTE 5m  
DATA 03/07/78

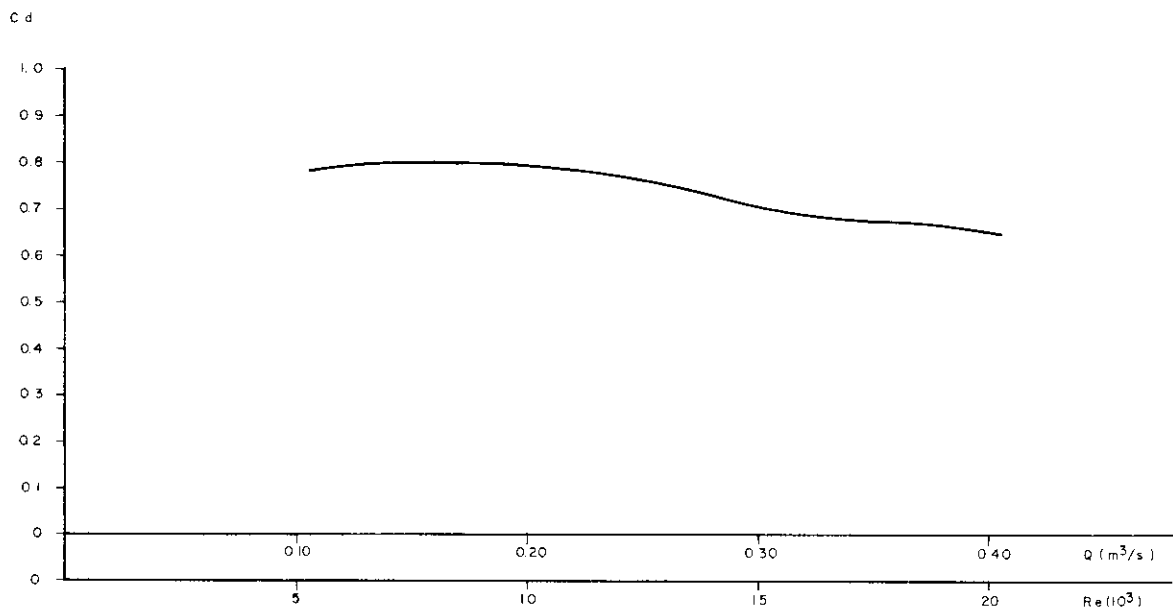




GRÁFICO DO COEFICIENTE DE VAZÃO  
 ENSAIOS DA VÁLVULA ANTI-GOLPE DE ARIETE  
 PRESSÃO JUSANTE 10 m  
 DATA 03/07/78

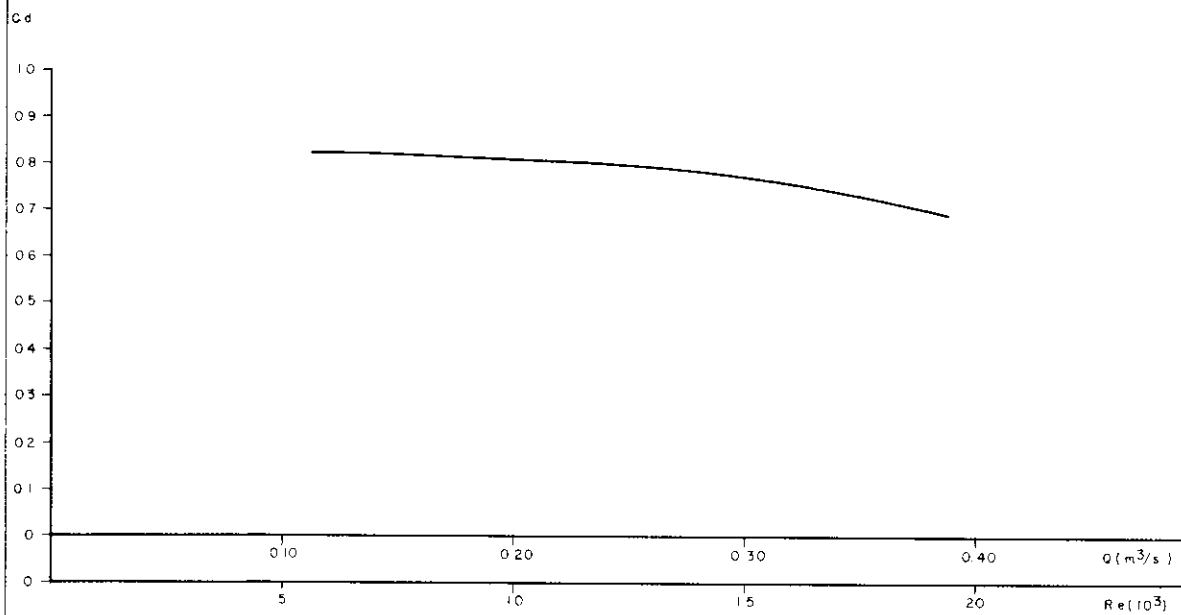


GRÁFICO DO COEFICIENTE DE VAZÃO  
 ENSAIOS DA VÁLVULA ANTI-GOLPE DE ARIETE  
 PRESSÃO JUSANTE 15 m  
 DATA 03/07/78

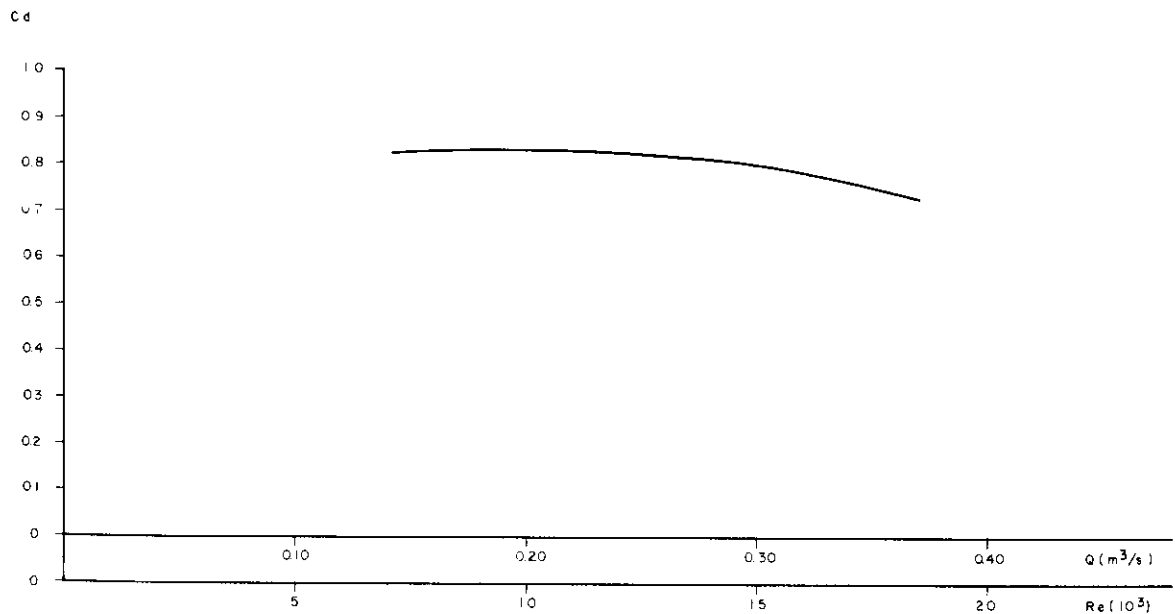


GRÁFICO DO COEFICIENTE DE VAZÃO  
ENSAIOS DA VÁLVULA ANTI-GOLPE DE ARIETE  
PRESSÃO JUSANTE 20 m  
DATA 03/07/78

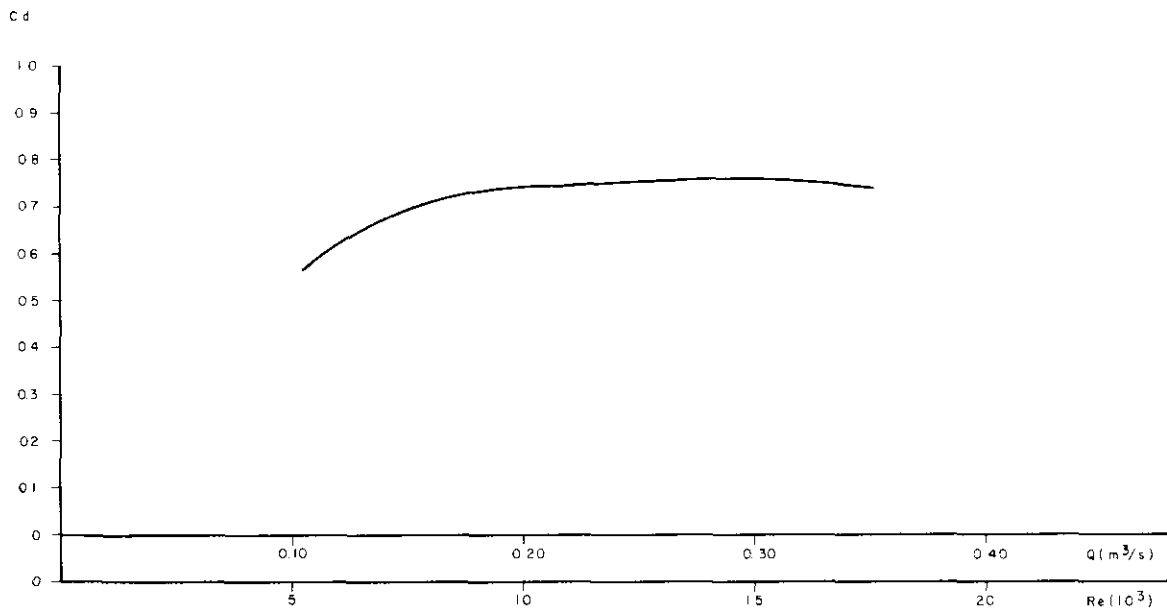
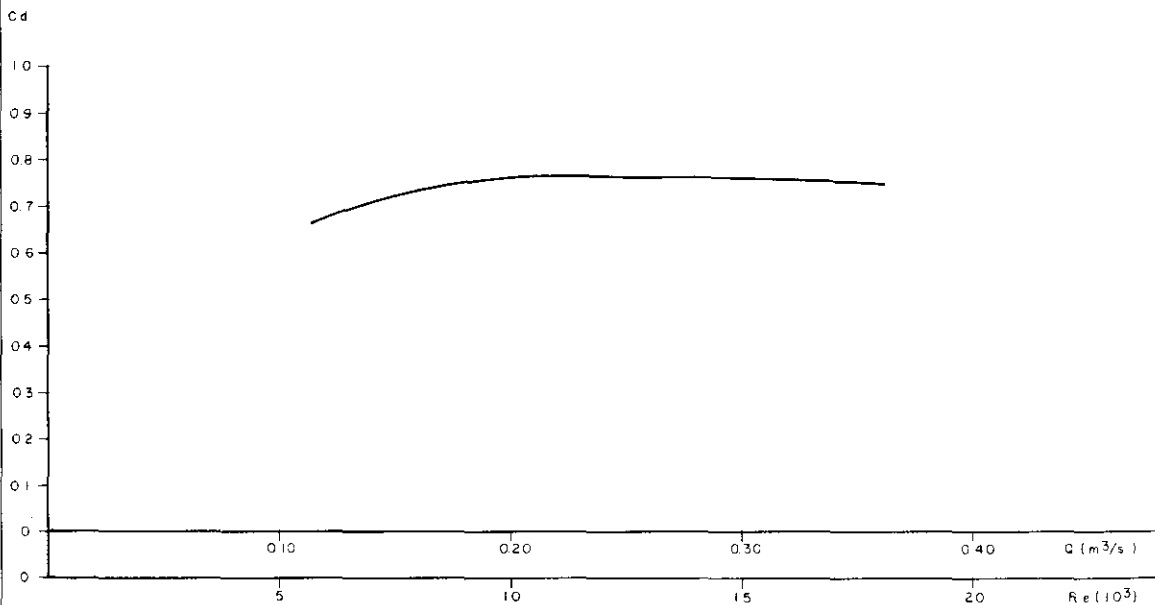


GRÁFICO DO COEFICIENTE DE VAZÃO  
ENSAIOS DA VÁLVULA ANTI-GOLPE DE ARIETE  
PRESSÃO JUSANTE 30 m  
DATA 03/07/78



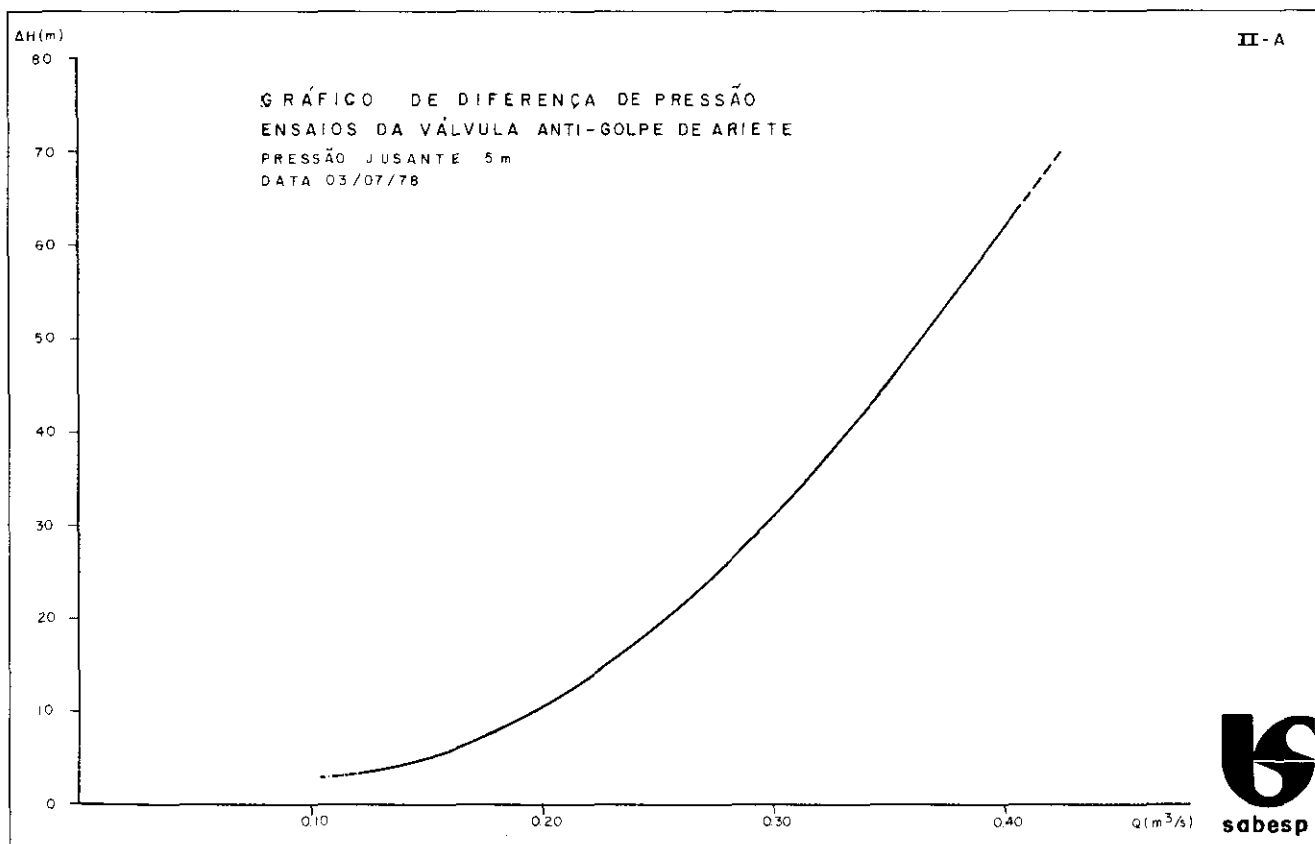
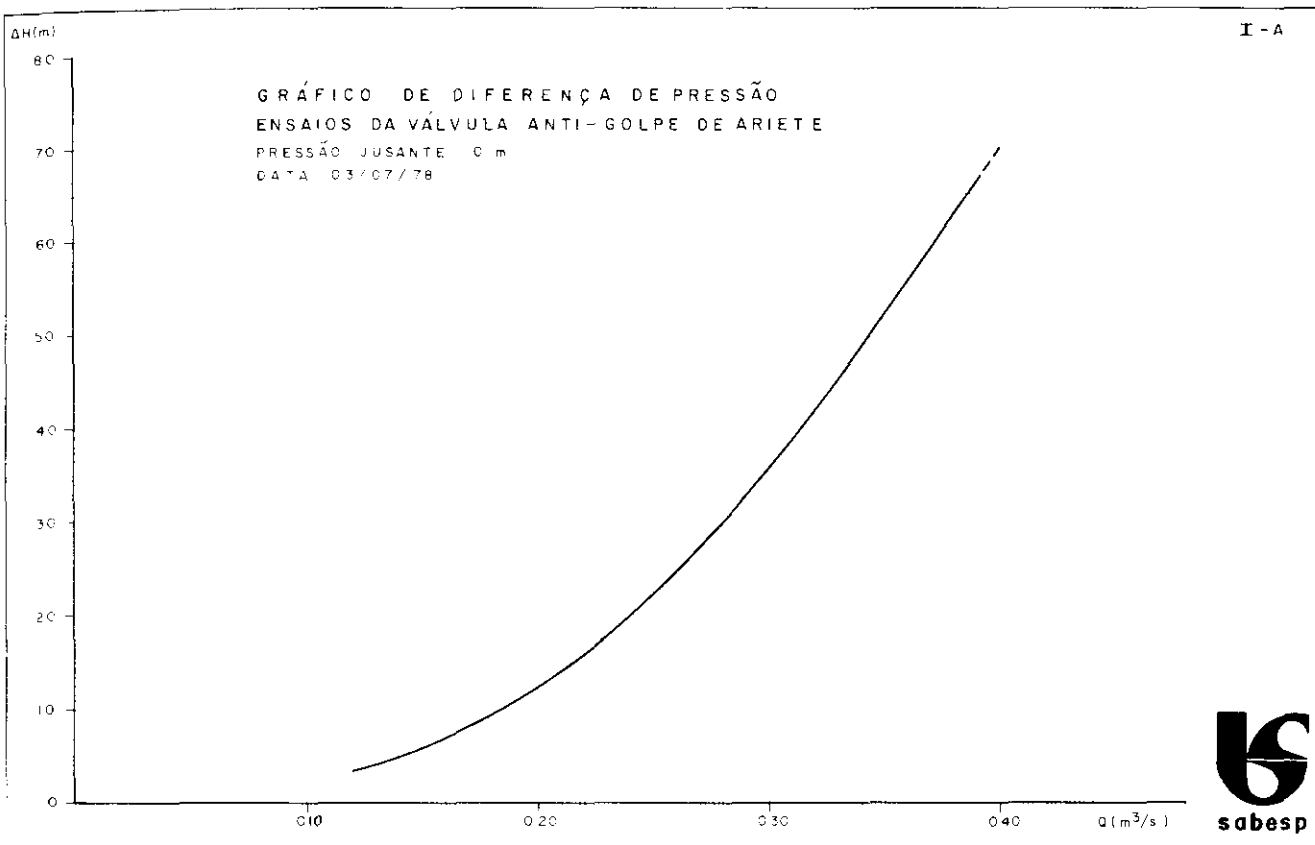


GRÁFICO DE DIFERENÇA DE PRESSÃO  
ENSAIOS DA VÁLVULA ANTI-GOLPE DE ARIETE  
PRESSÃO JUSANTE 10 m

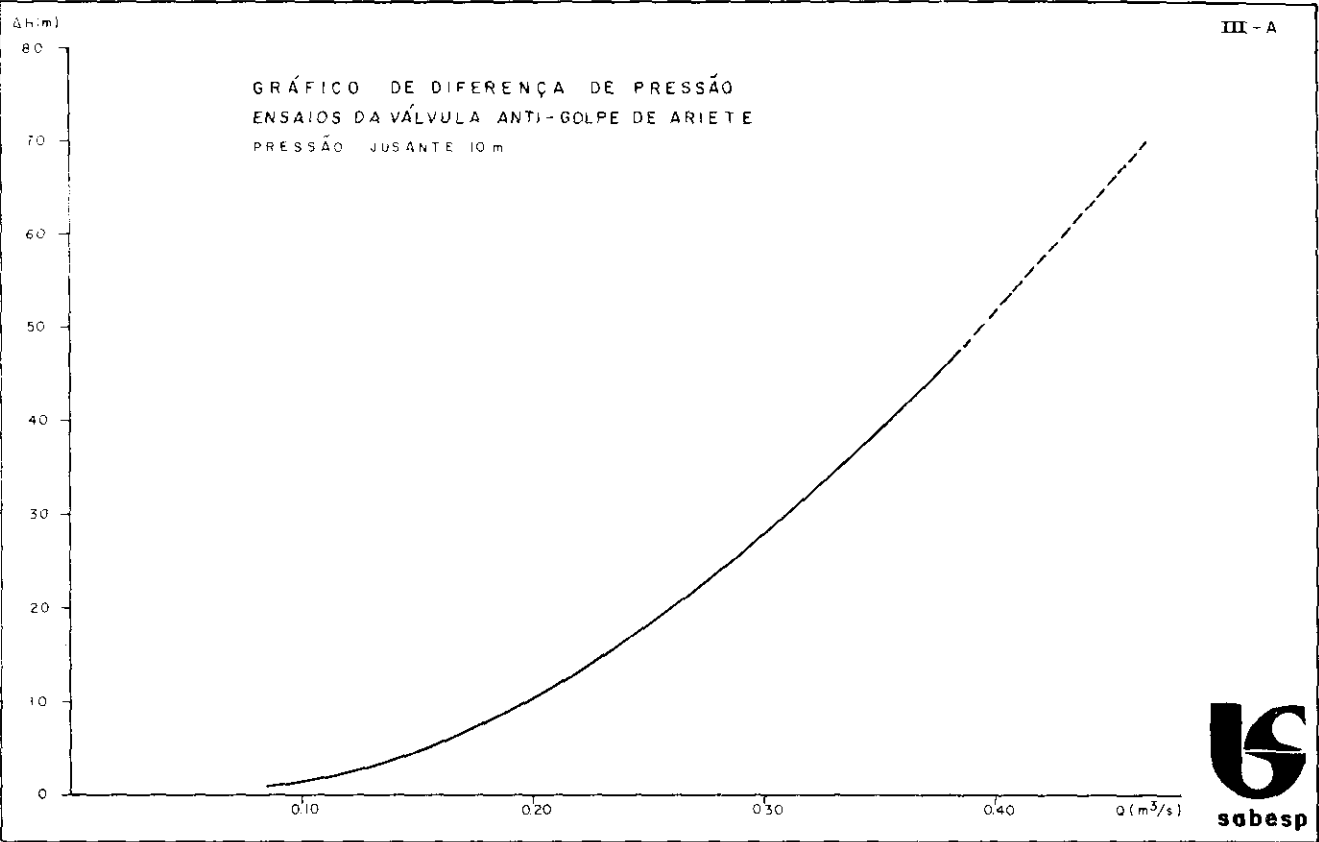
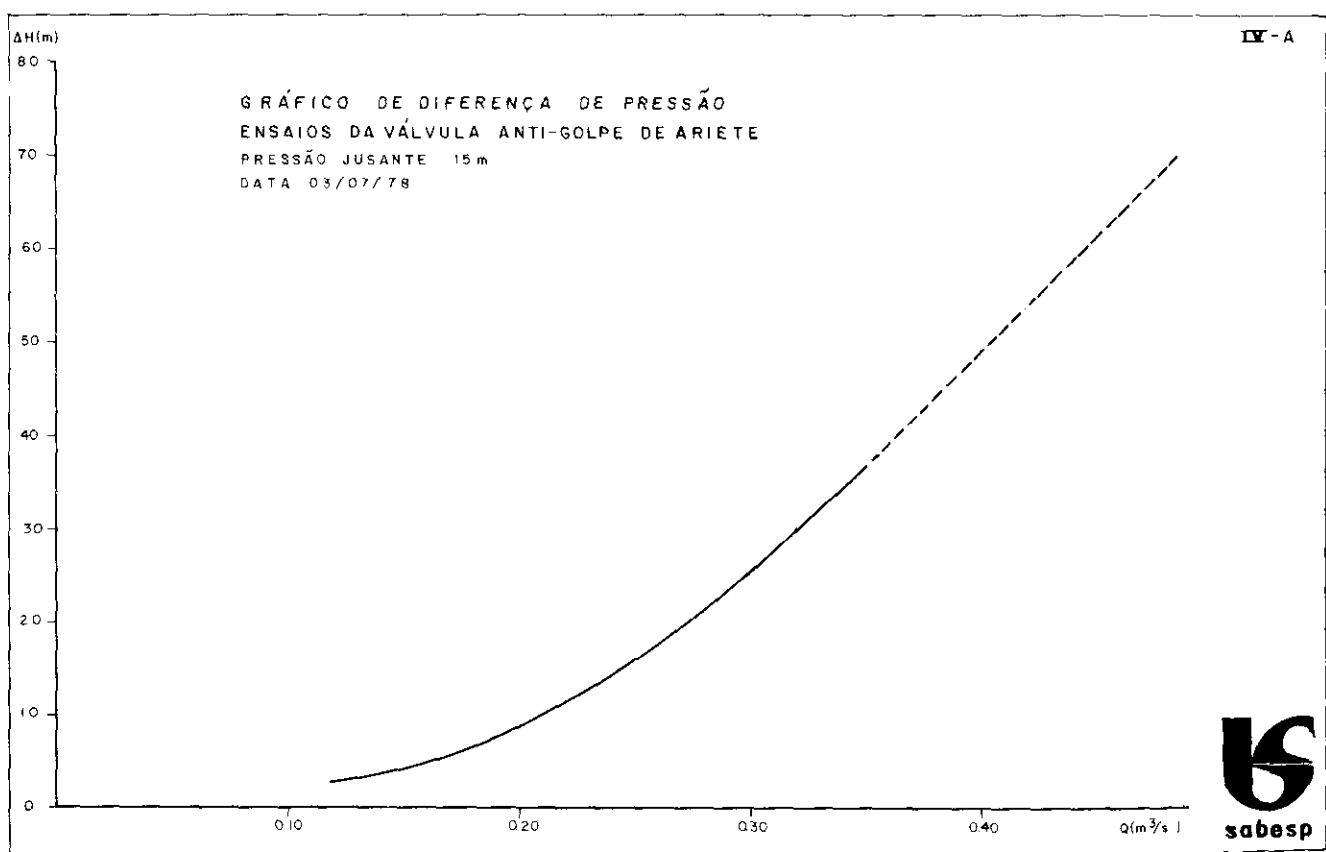


GRÁFICO DE DIFERENÇA DE PRESSÃO  
ENSAIOS DA VÁLVULA ANTI-GOLPE DE ARIETE  
PRESSÃO JUSANTE 15 m  
DATA 03/07/78



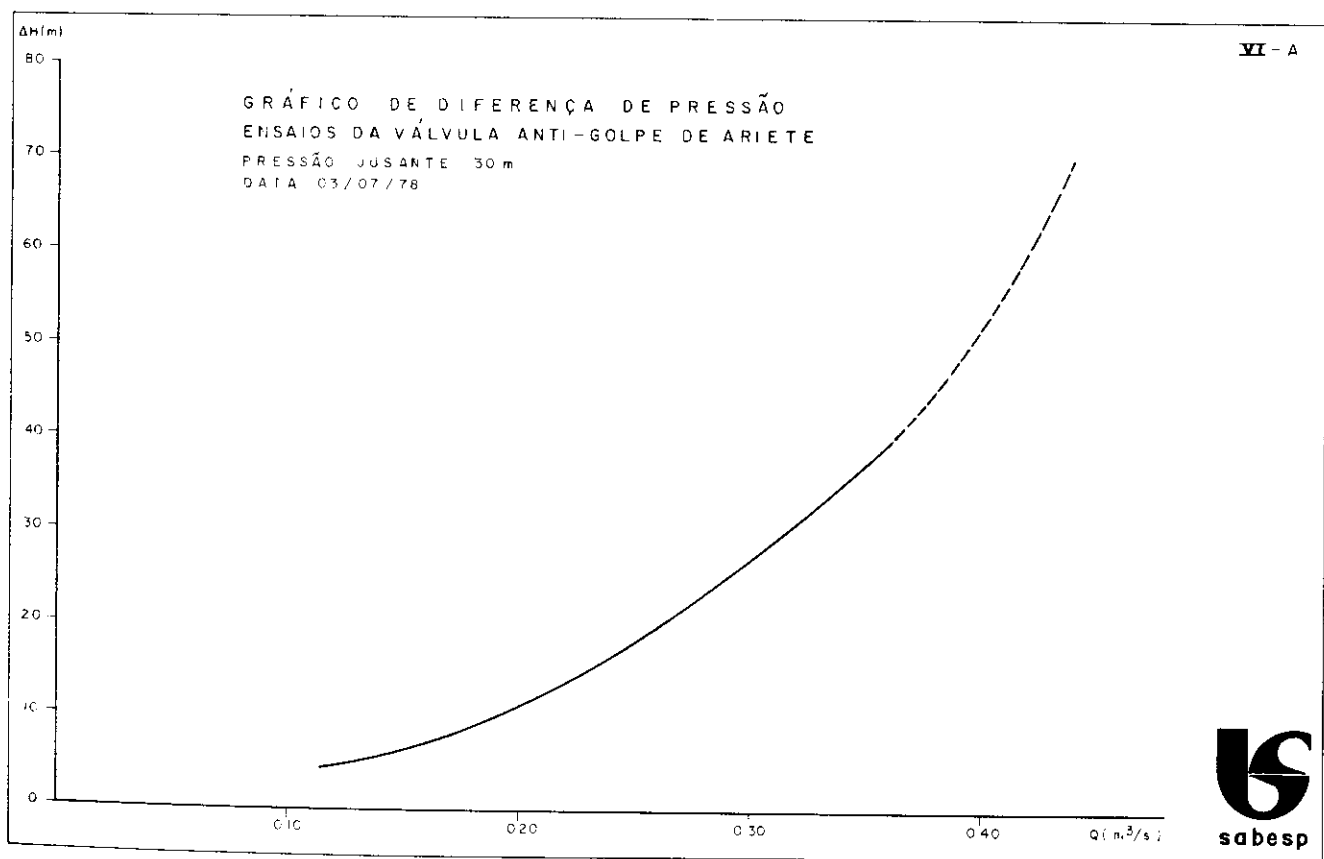
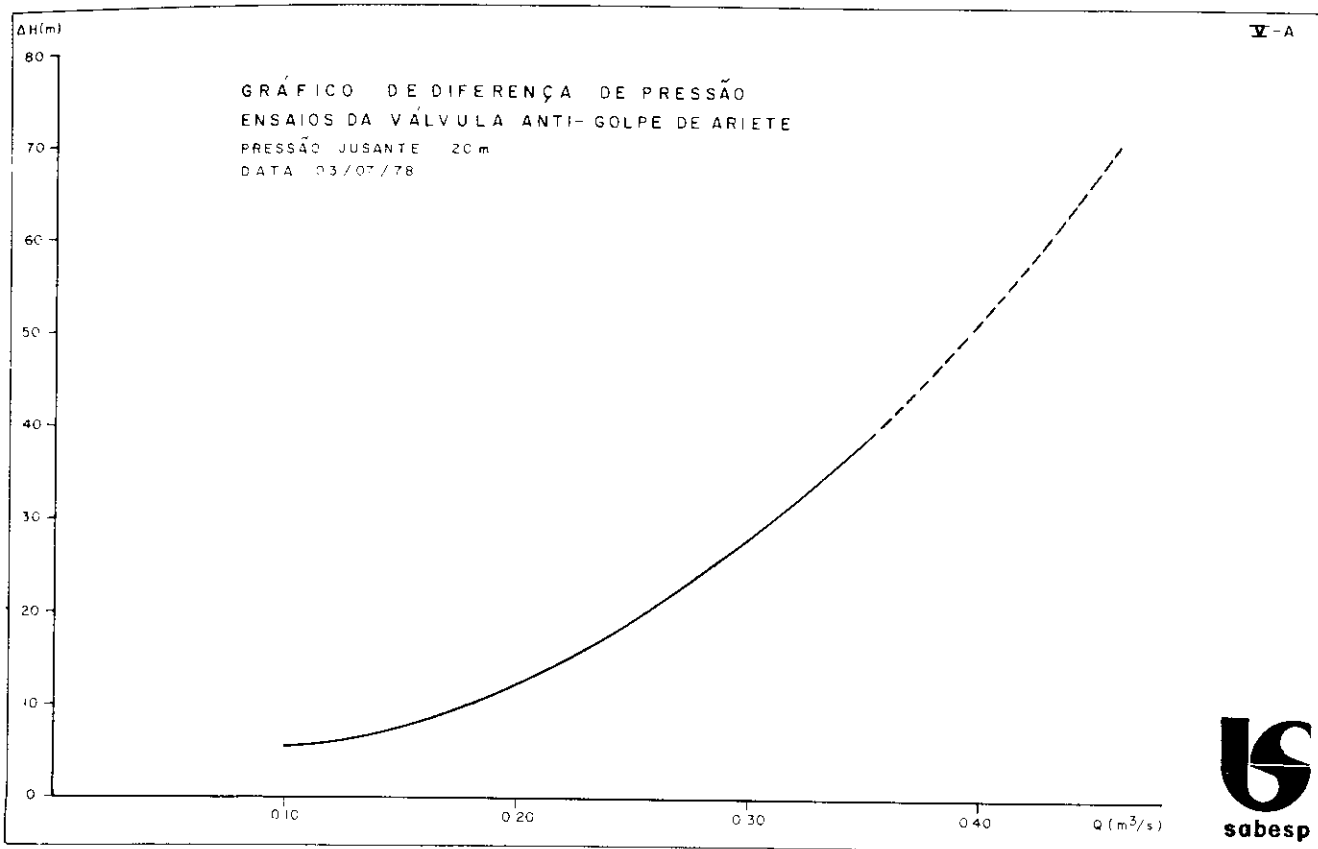
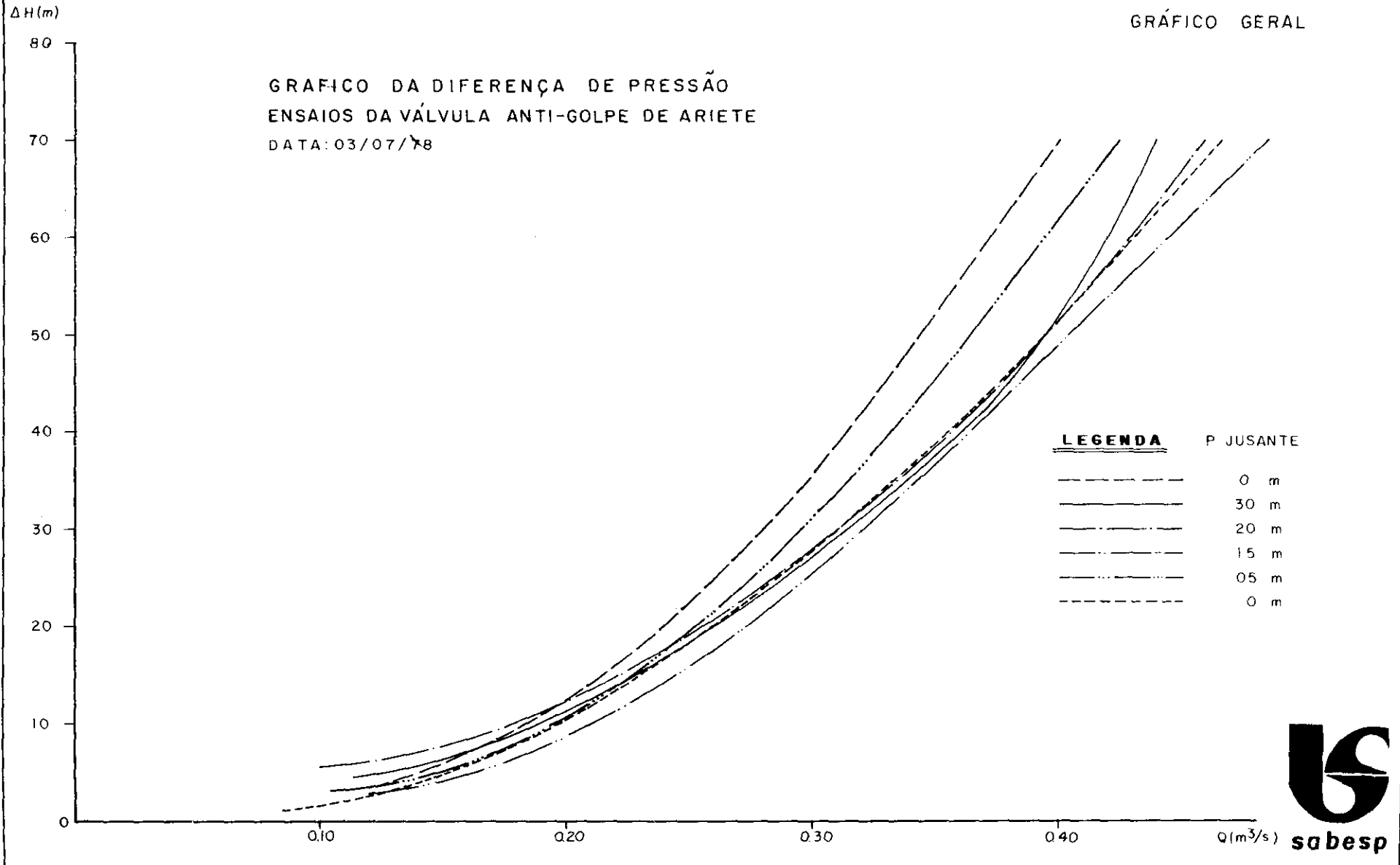


GRAFICO DA DIFERENÇA DE PRESSÃO  
ENSAIOS DA VÁLVULA ANTI-GOLPE DE ARIETE  
DATA: 03/07/78



**LEGENDA**

	P. JUSANTE
-----	0 m
—————	30 m
—————	20 m
—————	15 m
—————	05 m
-----	0 m

