

SELEÇÃO DE VÁLVULAS E DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE ADUTORAS  
- PROCEDIMENTO -

SUMÁRIO

	Páginas
1 Objetivo.....	1
2 Referências.....	1
3 Definições.....	2
4 Condições Gerais.....	2/3
5 Condições Específicas.....	3/7
Anexo A.....	a1/a2
Anexo B.....	b1/b4
Anexo C.....	c1/c8
Anexo D.....	d/1

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições e critérios a serem observados na seleção adequada de válvulas e dispositivos de operação em Projeto de Sistemas de Adução de Água.

1.2 Analisa o problema de cavitação, indicando critérios para seu estudo e controle.

1.3 Conceitua as principais características de operação dos principais tipos de válvula com seus diferentes processos de acionamento, auxiliando o projetista na escolha mais adequada às condições encontradas no Projeto.

2 REFERÊNCIAS

Na aplicação desta Norma poderá ser necessário consultar as seguintes normas:

a) da ABNT,

- P-NB-591 - Elaboração de Projetos de Sistemas de Adução de Água para Abastecimento Público;
- P-EB-37 - Válvulas Gaveta.

b) da CETESB,

- E1.007 - Classificação e Nomenclatura de Válvulas;
- E5.201 - Ventosas.

### 3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições da E1.007 e da E5.201, complementadas pela seguinte:

- Válvula de guarda: válvula que opera plenamente aberta ou fechada e funciona como dispositivo secundário para interrupção do escoamento, caso a válvula principal se torne inoperável.

### 4 CONDIÇÕES GERAIS

#### 4.1 Elementos necessários

A seleção de válvulas e dispositivos para sistemas de adução de água pressupõe disponíveis os seguintes elementos:

- a) projeto básico do sistema de implantação, contendo o perfil geométrico, dimensões e especificações da tubulação, memorial de cálculos e linha piezométrica;
- b) projeto executado e cadastro do sistema em ampliação ou reabilitação;
- c) condições operacionais do sistema e de cada válvula ou dispositivo, incluindo:
  - condições de instalação da válvula ou dispositivo;
    - . acessível ou inacessível,
    - . abrigada ou exposta.
  - levantamento da disponibilidade local de equipamentos e de pessoal especializado para manutenção e operação de válvulas e dispositivos;
  - frequência de acionamento e tipo de comando previstos;
  - pressões de serviço na seção da válvula a instalar, incluindo:
    - . as pressões diferenciais máximas,
    - . a pressão estática,
    - . as sobrepensões, isto é, as pressões transitórias.
- d) análise físico-química da água escoada e agressividade do meio externo.

#### 4.2 Atividades necessárias

A seleção de válvulas e dispositivos deve ser feita a partir dos elementos listados em 4.1, através do desenvolvimento das seguintes atividades:

- a) fixação dos critérios de projeto para a válvula ou dispositivo, levando em consideração:
  - a função desejada para a válvula (Ver E1.007);
  - o limite superior e inferior fixado para a velocidade;
  - escolha do tipo de acionamento (Ver E1.007);
  - verificação do índice de cavitação, no caso de válvula de controle (ver Anexo B);
  - escolha do tipo de conexão, em função da natureza do material da tubulação, do espaço disponível e das condições de instalação (ver E1.007).
- b) especificação dos materiais dos diversos componentes da válvula ou dispositivo, a fim de atender ao desempenho e à durabilidade previstos;
- c) fixação do tempo de fechamento e de abertura.

NOTA 1: A escolha do tipo de acionamento depende de:

- a) o tempo de manobra para fechamento e abertura;
- b) a disponibilidade de energia elétrica;
- c) a qualidade da mão-de-obra de operação e manutenção;
- d) o torque necessário;
- e) o tipo de comando manual ou automático.

NOTA 2: A especificação dos materiais depende de:

- a) agressividade dos meios interno e externo;
- b) possibilidade de ocorrência de erosão, por abrasão ou por cavitação;
- c) capacidade da indústria local em empregar a tecnologia de fabricação especificada;
- d) materiais normalmente utilizados pelos fabricantes.

NOTA 3: A fixação do tempo de fechamento e abertura depende de:

- a) função desejada na operação;
- b) as variações da pressão de trabalho admitidas na seção da tubulação;
- c) a potência necessária, que é função da caixa de redução e do torque;
- d) as especificações do fabricante da válvula. (Ver Figura 10 do Anexo C);
- e) dos cálculos conforme item 5.10.4 da P-NB-591.

## 5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

### 5.1 Funções e características das válvulas existentes no mercado

#### 5.1.1 Válvula de gaveta

##### 5.1.1.1 Indicações de uso e características:

- a) para operar, de preferência, completamente aberta ou fechada, desempenhando uma das seguintes funções:
  - válvula de descarga;
  - válvula de bloqueio;
  - contorno de medidores, válvulas e equipamentos ("by-pass").
- b) baixa perda de carga quando totalmente aberta;
- c) robustez;
- d) simplicidade de construção;
- e) facilidade de inspeção para manutenção.

NOTA: Válvulas de gaveta especiais podem ser utilizadas como válvulas reguladoras, desde que a pressão máxima não seja maior que 35,0 m de coluna d'água e desde que as diversas variáveis intervenientes verifiquem o grau de cavitação nas zonas A e B da Figura 4. (Ver Anexo B).

##### 5.1.1.2 Restrições:

- a) permite o acúmulo de detritos em prejuízo da estanqueidade;
- b) alto torque de abertura, quando aumenta a pressão diferencial e para grandes diâmetros;
- c) tempo de manobra excessivo, mormente para os maiores diâmetros;
- d) grande volume ocupado na sua instalação;
- e) dificuldade de recuperação em oficina não especializada.

### 5.1.3 Válvula de retenção

#### 5.1.3.1 Indicações de uso:

- a) impedir automaticamente o refluxo;
- b) evitar o esvaziamento da tubulação de recalque por ocasião das para das do conjunto elevatório;
- c) impedir a inversão da rotação dos conjuntos elevatórios.

#### 5.1.3.2 Restrições:

- a) apresentam perdas de carga razoavelmente grandes;
- b) requerem acessórios (contra peso, por exemplo) para melhorar a con fiabilidade em relação ao emperramento e/ou para reduzir os efeitos do choque mecânico;
- c) requerem manutenção frequente;
- d) não se recomendam para instalações em que os líquidos transportam ma teriais fibrosos.

### 5.1.4 Válvulas borboleta

#### 5.1.4.1 Indicações de uso e características:

- a) para cumprir as funções de bloqueio, isolamento, contorno e drenagem funcionando completamente aberta ou fechada;
- b) como válvula de regulação;
- c) quando se deseja:
  - fácil acionamento;
  - menor espaço para instalação;
  - possibilidade de modulação de abertura.
- d) evita o acúmulo de sedimentos.

#### 5.1.4.2 Restrições:

- a) limitada faixa de pressões de serviço;
- b) possibilidade de alteração do grau de abertura, independentemente de comando;
- c) necessidade de remoção completa para serviços de manutenção.

NOTA 1: Quando usadas para bloqueio devem ser equipadas com sistema de aciona mento apropriado dotado de dispositivos que previnam fechamentos em tempo mais curto do que o especificado.

NOTA 2: O tempo mínimo de fechamento deve ser afixado visivelmente para adver tência do pessoal de operação.

### 5.1.5 Ventosas

5.1.5.1 As ventosas de pequeno orifício são indicadas para permitir a saída do ar em linhas já pressurizadas e em operação. Devem ser localizadas:

- a) nos pontos de cume, onde houver formação de um colo capaz de reter o ar;
- b) nos trechos ascendentes, nos pontos de diminuição de declividade on de se possa prever o acúmulo de ar;
- c) nos trechos descendentes nos pontos de mudança de declividade onde se possa prever o acúmulo de ar;
- d) nas seções espaçadas até cada 700 m em longos trechos descendentes;
- e) nas seções de linhas de recalque, com bombas não afogadas, tão próxi mo quanto possível da posição das válvulas de retenção;

- f) nos pontos altos de válvulas de grandes dimensões, e nas seções imediatamente à montante de reduções de seção, diafragmas e obstruções similares;
- g) nas seções extremas dos trechos de adutoras paralelas à linha piezométrica, e nas seções espaçadas cada 700,0 m.

NOTA: Para o dimensionamento, ver o Anexo C.

5.1.4.2 As ventosas de grande orifício são indicadas para a admissão de ar, na fase de esvaziamento ou expulsão de ar por ocasião do enchimento. Devem ser localizadas:

- a) nas seções extremas dos trechos de adutora paralelos à linha piezométrica e nas seções equidistantes de até 700 m, se os trechos são longos;
- b) nas seções extremas de jusante de trechos ascendentes longos e nas seções intermediárias, equidistantes de até 700 m contadas de jusante para montante;
- c) nos pontos de cume onde houver possibilidade de acumulação de ar.

5.1.4.3 As ventosas de duplo efeito cumprem as finalidades das ventosas de grande e pequeno orifício, a um só tempo. Devem ser instaladas em todas as seções em que são requeridos ambos os tipos de ventosa.

NOTA: Os diâmetros do pequeno e do grande orifício são dimensionados independentemente para as funções de expulsão ou admissão de ar, isto é, sem prejuízo das dimensões previstas para cada um dos tipos.

### 5.1.5 Comportas planas

5.1.5.1 As comportas e adufas são particularmente indicadas onde o dispositivo de fechamento fica sujeito a pressões em uma face apenas, de tal modo que a pressão tenda a favorecer a vedação.

5.1.5.2 As comportas e adufas localizam-se em:

- a) entradas e saídas de reservatórios;
- b) aberturas laterais de torres de tomada d'água;
- c) canais e condutos livres.

### 5.1.6 Válvulas - globo

Apesar de causarem grande perda de carga, as válvulas-globo são particularmente indicadas para:

- a) regulação da vazão e da pressão de líquidos que não contenham materiais fibrosos;
- b) controle de níveis em reservatórios por comando automático.

NOTA: As válvulas-globo de menos de 150 mm são econômicas quando comparadas com outras válvulas que desempenhem a mesma função; acima desse diâmetro vão se tornando cada vez mais desvantajosas em relação às outras válvulas.

### 5.1.7 Válvulas de macho e válvulas de esfera

Essas válvulas são particularmente indicadas quando há necessidade de se preencher os seguintes requisitos:

- a) controle efetivo do tempo de fechamento;

- b) escoamento livre, desobstruído;
- c) baixa perda de carga (praticamente desprezível) para a válvula na posição aberta;
- d) facilidade de operação;
- e) boa estanqueidade;
- f) condições severas de regulação.

## 5.2 Posicionamento de válvula e dispositivos

### 5.2.1 Válvulas de descarga:

- a) em princípio são instaladas em todos os pontos baixos;
- b) em pontos baixos que possam ser esgotados a partir de válvulas assentadas em cota inferior, pode-se eliminar a válvula de descarga desde que as ventosas localizadas entre esses pontos baixos possam ser isoladas da linha por um registro de fecho para possibilitar o sifonamento;
- c) a válvula de descarga poderá ser assentada numa derivação da rede com menor diâmetro, e em ponto mais acessível à operação;
- d) quando a pressão de serviço no ponto baixo considerado for elevada deve-se igualmente assentar a válvula de descarga numa derivação feita no ponto baixo, com diâmetro menor.

### 5.2.2 Válvulas de guarda

Geralmente são instaladas a montante e a jusante de equipamentos, válvulas e dispositivos que devam proteger.

### 5.2.3 Válvulas de retenção

São instaladas a jusante de conjuntos elevatórios e em longos trechos ascendentes.

### 5.2.4 Ventosas

Ver item 5.1.5 desta Norma.

### 5.2.5 Comportas planas

Ver item 5.1.6 desta Norma.

**NOTA:** No espaçamento das válvulas diversas, ventosas e comportas planas, considerar a relação custo-benefício, analisando o custo da instalação/operação da válvula versus o custo da reposição do volume descarregado, por ocasião de reparos e os inconvenientes técnicos e sociais decorrentes.

## 5.3 Dimensionamento hidráulico das válvulas

Considerar os seguintes elementos, além dos critérios de projeto indicados em 3.2 (a):

- a) pressões de serviço, no máximo, iguais às admitidas no projeto da tubulação e equipamentos;
- b) vazões de água ou ar, necessárias;
- c) coeficiente de perda de carga ( $K_s$ ) e coeficientes de descarga relativos a cada tipo de válvula indicados na Tabela 1.

TABELA 1 - Coeficientes de descarga e de perda de carga singular para válvulas e comportas completamente abertas

TIPO	$C_d$	$k_s$
Válvula de gaveta	0,95	0,11
Válvula de esfera	1,00	0,0
Válvula-borboleta	0,95 a 0,6	0,11 a 1,78
Válvula de agulha	0,6 a 0,45	1,78 a 3,95
Válvula dispersora	0,85	0,38

/Anexo A

## ANEXO A

DISPOSITIVOS PARA REDUÇÃO DE PRESSÃO

A-1 Na falta no mercado de válvulas especiais com as dimensões e características necessárias, os dispositivos para redução de pressão com variação gradual da vazão devem ser projetados de modo a permitirem o pleno funcionamento da instalação dentro de limites aceitáveis de ruídos, vibrações e erosão por efeito de cavitação.

A-2 A Figura 1 apresenta um dispositivo com jato, descarregando à pressão atmosférica, o qual compreende, essencialmente, uma válvula de estrangulamento precedida de uma válvula de guarda e seguida de uma bacia de tranquilização ou anteparo para amortecimento do jato.

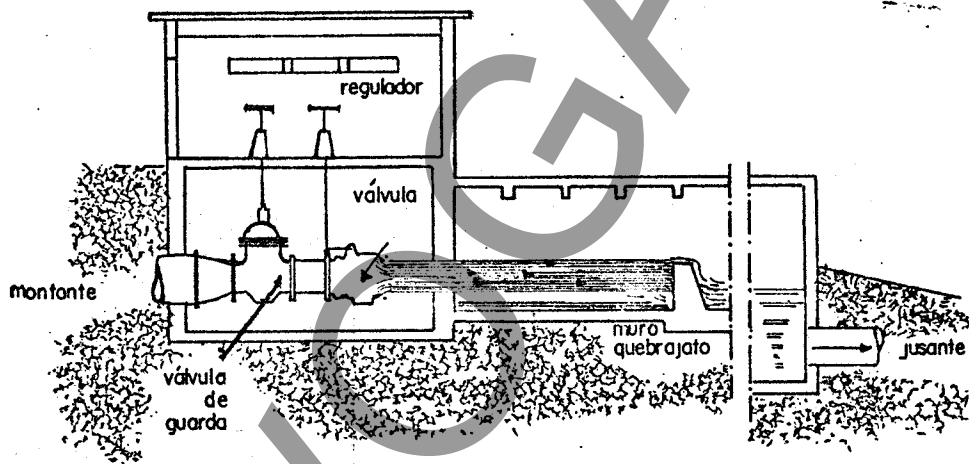


FIGURA 1 - Dispositivo de redução de pressão com jato

A-2.1 A válvula de estrangulamento constitui-se em uma válvula reguladora de vazão com descarga livre.

A-2.2 A bacia de tranquilização e/ou o anteparo para amortecimento do jato deverão ser dimensionados para as condições mais desfavoráveis do regime de funcionamento da adutora e, eventualmente, para instalação de grande porte. Os cálculos deverão ser confirmados em modelo hidráulico.

A-3 A Figura 2 apresenta um dispositivo com contra-peso variável e controle automático, que compreende, essencialmente, uma válvula de estrangulamento de abertura continuamente variável precedida por uma válvula de guarda e seguida de uma câmara quebra-carga.



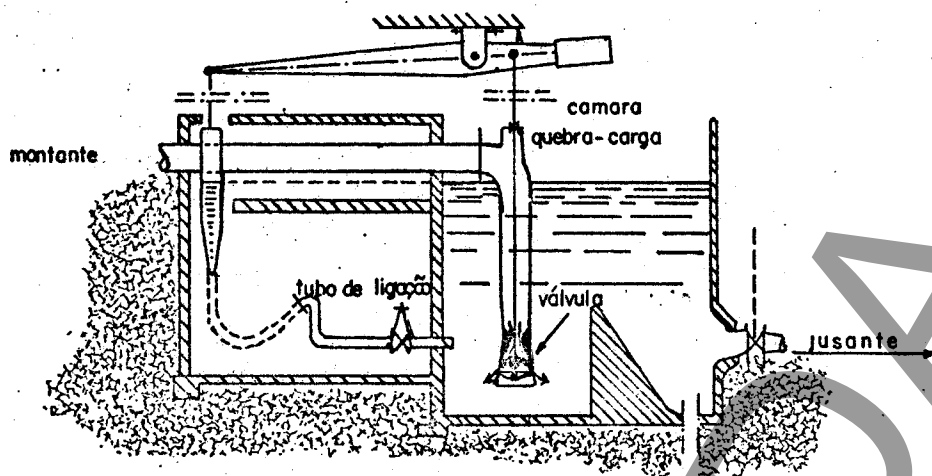


FIGURA 2 - Dispositivo de redução de pressão com contra-peso variável e controle automático.

A-3.1 A elevação do nível da água na câmara corresponde um fechamento gradual de válvula de estrangulamento por comando hidráulico sobre contra-peso.

A-3.2 O dimensionamento de grandes câmaras de quebra-carga deverá ser confirmado em modelo hidráulico para condição de vazão máxima.

A-4 Dispositivo com alargamento brusco de seção, que compreende, essencialmente, uma válvula de estrangulamento de descarga forçada, precedida por uma válvula de guarda e seguida de um alargamento brusco de diâmetro em comprimento. Figura 3.

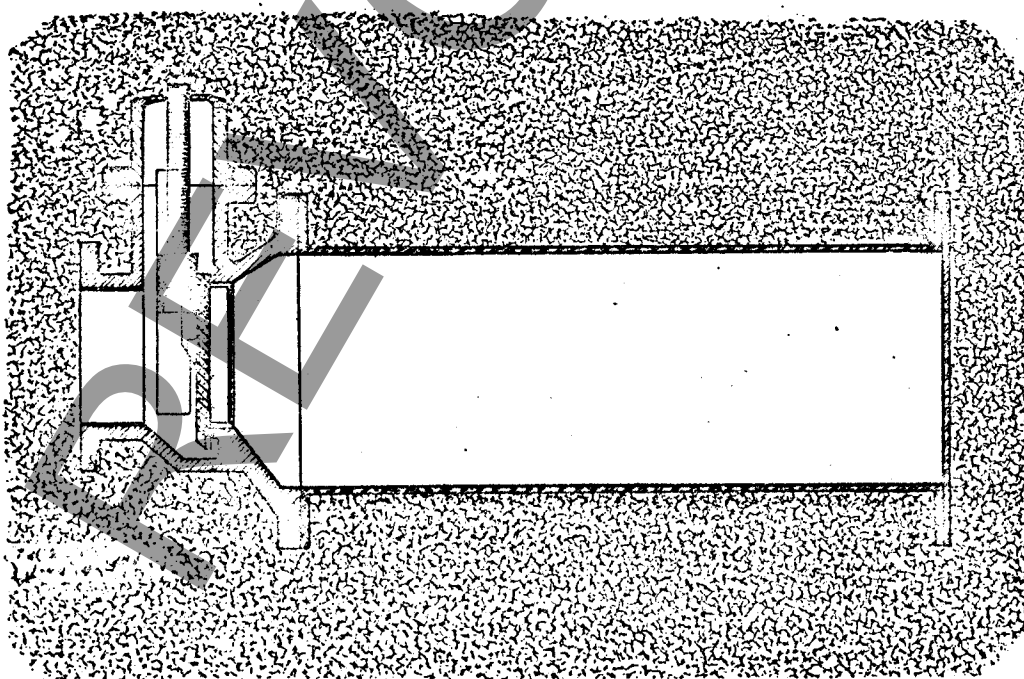


FIGURA 3 - Dispositivo de redução de pressão com alargamento brusco de seção.

ANEXO BAVALIAÇÃO DO GRAU DE CAVITAÇÃO

B-1 Adotar-se-á, por convenção, para avaliação do grau de cavitação, o seguinte Índice de cavitação:

$$IC = \frac{p_s - p_v + p_{at}}{p_e - p_s}$$

onde:

$$\frac{p_e}{\gamma} = H_o - \Delta H_{o,e} - \frac{v_e^2}{2g}$$

$$\frac{p_s}{\gamma} = H_1 + \Delta H_{s,1} - \frac{v_s^2}{2g}$$

$p_s$  = pressão efetiva na seção de saída da válvula (suposta 10 diâmetros a jusante da válvula)

$p_e$  = pressão efetiva na seção de entrada e-e da válvula (suposta 2,0 diâmetro a montante da válvula).

$\gamma$  = peso específico do líquido

$p_v$  = pressão absoluta de vapor saturado da água à temperatura em que ela está escoando.

$p_{at}$  = pressão atmosférica local

$H_o$  = carga na superfície livre 0-0 do reservatório de montante

$H_1$  = carga na superfície livre 1-1 do reservatório de jusante.

$\Delta H_{o,e}$  = perda de carga total entre as seções 0-0 e e-e

$\Delta H_{s,1}$  = perda de carga total entre as seções s-s e 1-1

B-2 A intensidade da cavitação poderá ser classificada como severa para  $IC \leq 0,5$ , moderada para  $0,5 < IC \leq 1,0$ , suave para  $1,0 < IC \leq 1,5$  e incipiente para  $1,5 < IC \leq 2,5$ .

B-3 Para as finalidades de um projeto, adotar-se-ão como índice crítico de cavitação, a título de orientação, os valores dados na Tabela 2.

**TABELA 2 - Índices críticos de cavitação para válvulas (dependentes da abertura).**

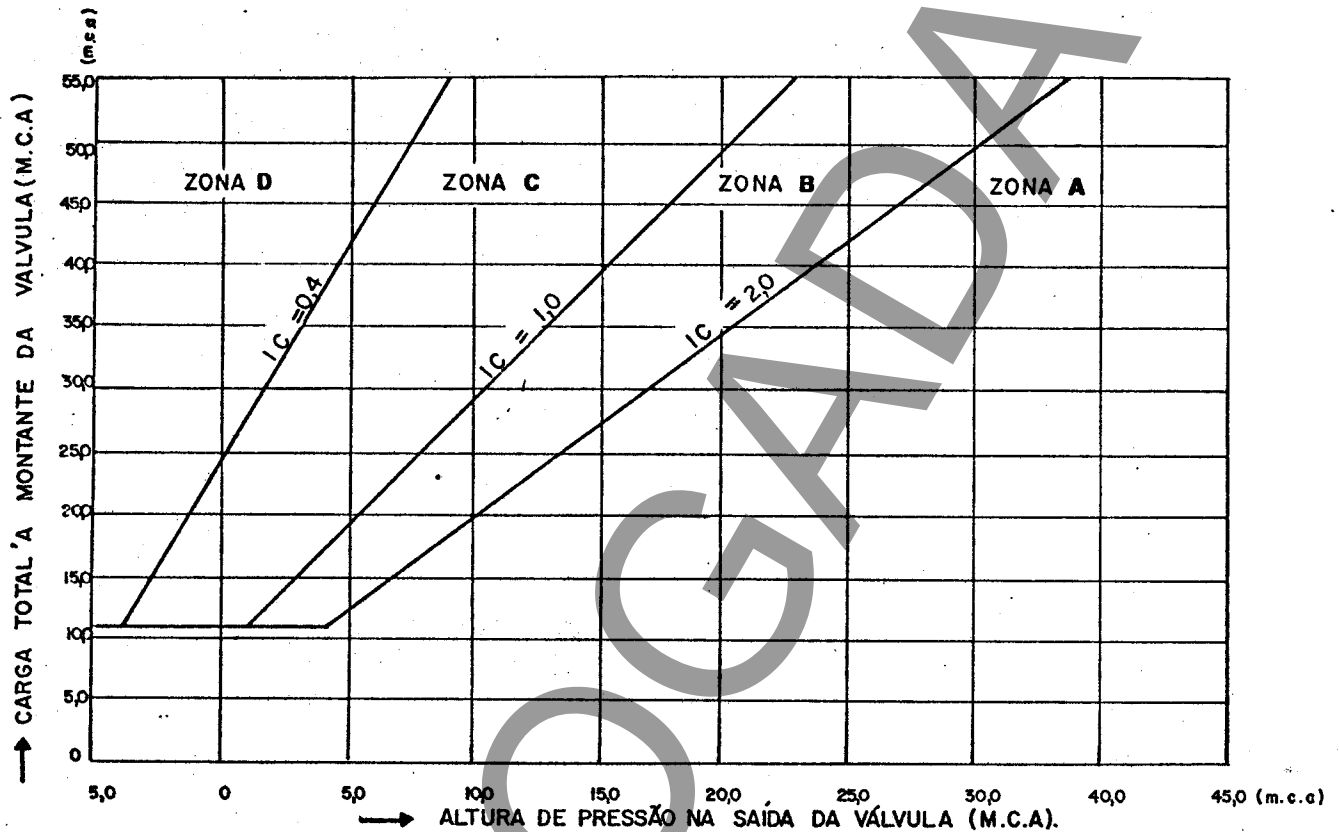
TIPO DE VÁLVULA	Índice de cavitação
- válvula gaveta.....	0,8 a 3,4
- válvula globo.....	1,50 a 4,0
- válvula borboleta.....	2,40 a 6,0
- válvula borboleta com alargamento brusco.....	2,0 a 2,9
- válvula borboleta com entrada de ar e relação de alargamento $(D_2/D_1) = 2^*$ .....	0,6 a 0,8
- válvula de agulha.....	0,6 a 2,1
- válvula de agulha com relação de alargamento $(D_2/D_1) = 2^*$ .....	0,4 a 1,6
- válvula de esfera.....	1,7 a 4,5
- válvula de esfera com entrada de ar pelo lado do tubo de jusante e relação de alargamento $(D_2/D_1) = 2^*$ .....	0,6 a 3,1
- válvula de macho.....	0,6 a 4,3

\*  $D_1$  é o diâmetro da válvula e  $D_2$  é o diâmetro do alargamento brusco.

**B-4** Afim de estabelecer procedimentos permanentes de operação, para uma dada instalação, poderá ser necessário realizar um programa experimental, em laboratório ou no campo, para avaliar a intensidade de cavitação com o tempo de exposição, valores limites da vazão, valores das flutuações da pressão, vibrações e ruídos.

**B-5** O programa experimental citado no item B-4 deverá permitir a determinação do início da cavitação para as vazões de projeto e cargas correspondentes, calculando-se em cada caso o índice incipiente. Para os fins deste item, o dispositivo sensor adequado para detectar a cavitação poderá ser o acelerômetro, o hidrofone, o microfone ou o transdutor de pressão. O índice incipiente é o que corresponde a um aumento significativo, quando observado pela primeira vez, na saída de um dispositivo sensor. O índice assim obtido deverá ser convertido em abertura da válvula que permite aduzir uma dada vazão sob cargas extremas dadas sem danos oriundos da cavitação.

**B-6** O intervalo de abertura da válvula para cada vazão sob as diversas cargas em jogo, deve ser materializado em código junto à válvula para orientação do pessoal da operação, e assinalando, adequadamente o intervalo de vazões e o correspondente intervalo de cargas sob as quais tem início a cavitação crítica.



- ZONA A - SEM CAVITAÇÃO, NENHUMA PROTEÇÃO É NECESSÁRIA
- ZONA B - FRACA CAVITAÇÃO NA EXTREMIDADE DA VÁLVULA - PROVAVELMENTE NENHUMA PROTEÇÃO NECESSÁRIA.
- ZONA C - CAVITAÇÃO DE FRACA A SEVERA, COM DANOS CIRCUNSCRITOS À EXTREMIDADE DA VÁLVULA. PROTEÇÃO NECESSÁRIA PRÓXIMA À VÁLVULA (TINTA PROTETORA OU ALARGAMENTO BRUSCO).
- ZONA D - CAVITAÇÃO SEVERA COM DANO À JUSANTE NO CONDUTO. PROTEÇÃO NECESSÁRIA CONTRA CAVITAÇÃO QUE SE PROPAGA PARA JUSANTE (ALARGAMENTO BRUSCO)

FIGURA 4 - Proteção de acordo com o grau de cavitação em válvulas gaveta em condutos

## ANEXO C

CONSIDERAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DAS VENTOSAS

C-1 O dimensionamento das ventosas de pequeno orifício deverá ser feito de acordo com o gráfico da Figura 4, em função da pressão interna na seção (obtida pela diferença entre a cota da linha piezométrica e a cota do centro da seção) e da vazão máxima de ar.

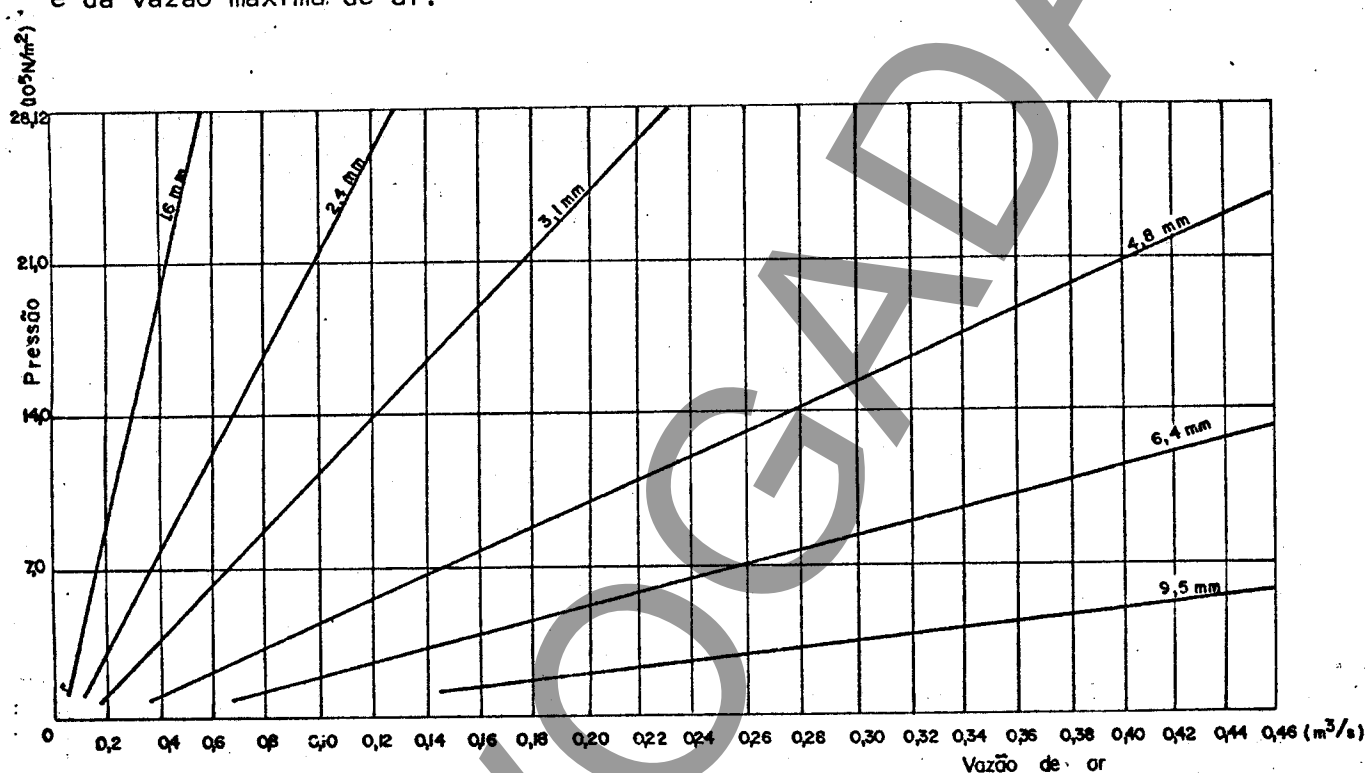


FIGURA 6 - Gráfico "Vazão de ar x pressão interna" para ventosas de pequeno orifício.

C-2 Quando a vazão de ar adotada é da ordem de 2,0% da vazão em volume de água na seção da adutora, os diâmetros dos orifícios da ventosa poderão ser obtidos a partir do gráfico da Figura 7.

C-3 A vazão de ar para o dimensionamento das ventosas de grande orifício; projetadas para a descarga de ar durante o enchimento inicial da adutora, deve ser admitida igual à vazão de enchimento da adutora.

C.4 A máxima diferença de pressão durante as descargas de ar através da ventosa não deve exceder a pressão que conduz ao fechamento súbito do elemento de vedação.

C-5 A menos de ampla justificativa em contrário, a máxima diferença de pressão referida no item anterior pode ser adotada da ordem de  $15,0 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ .

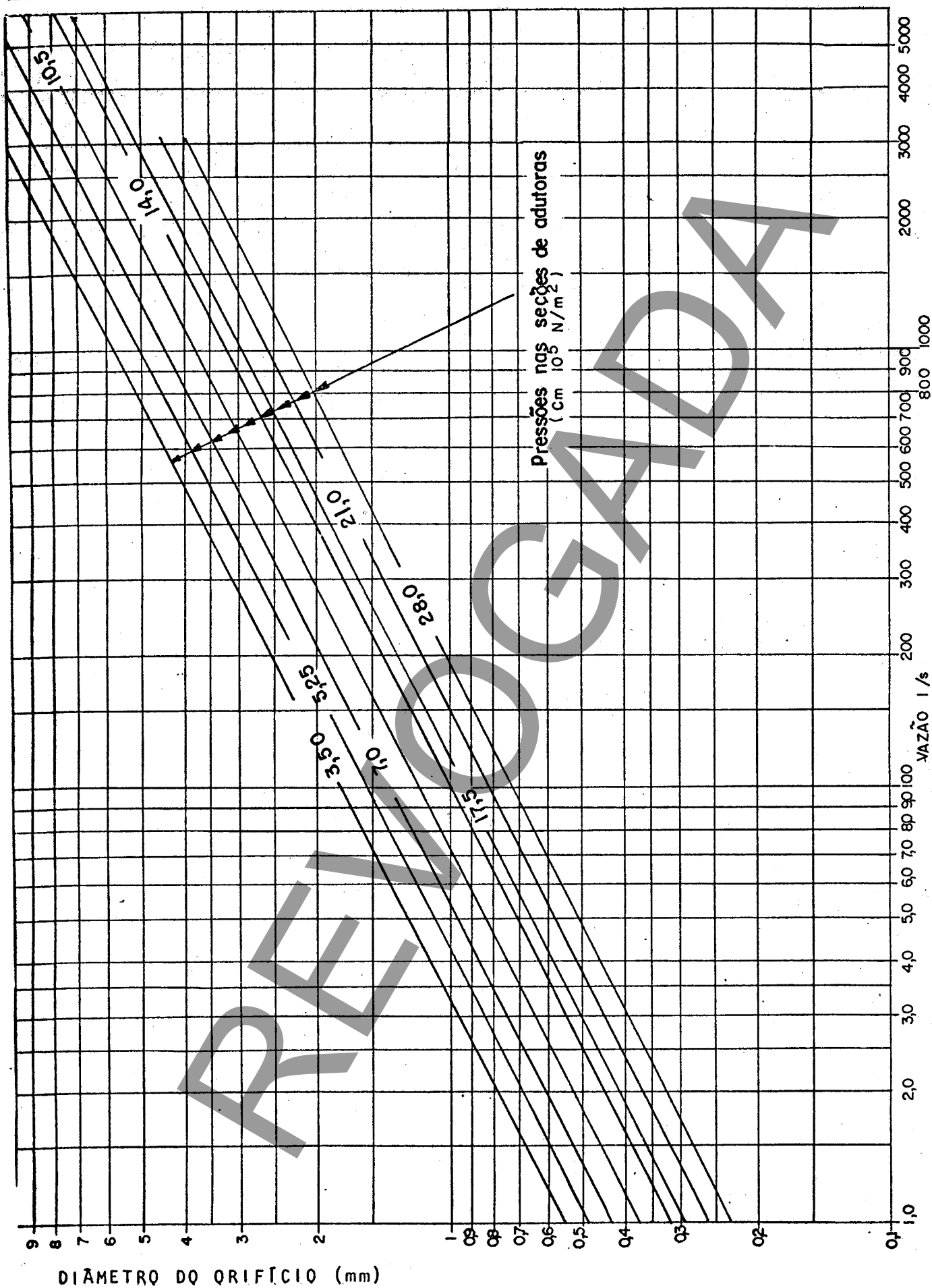


FIGURA 7 - Gráfico "Vazão de ar x diâmetro do orifício" para ventosas de pequeno orifício.

C-6 O escoamento de ar ao longo de ventosas de grande orifício deve ser admitido como isoentrópico e o dimensionamento da ventosa deve ser feito de acordo com esse tipo de escoamento.

C-6.1 Quando o conduto é de aço e sujeito a achatamento (colapso), adotar-se-ão, para dimensionamento de ventosas de grande orifício, com a finalidade de su prir ar ao interior do conduto, o formulário e as prescrições seguintes:

- a) a pressão capaz de produzir o achatamento do conduto (aqui denominada simplesmente "pressão de achatamento") deverá ser perfeitamente conhecida e justificada. Para o aço, recomenda-se adotar:

- para condutos sem anéis de reforço:

$$p' = 3,53 \times 10^{11} \left(\frac{e}{D}\right)^3 \quad (\text{N/m}^2)$$

- para condutos nervurados com anéis de reforço:

$$p' = 5,16 \times 10^{11} \frac{(e/D)^{5/2}}{L/D} \quad (\text{N/m}^2)$$

Nestas expressões,  $p'$  é a pressão de achatamento (em  $\text{N/m}^2$ ), " $e$ " é a espessura da parede do conduto, " $D$ " é o diâmetro interno do conduto e " $L$ " é o espaçamento entre os anéis de reforço, expressos em uma mesma unidade de comprimento. O cálculo das expressões acima indicadas é facilitado com o emprêgo do diagrama da Figura 8 onde os valores das pressões de achatamento, para um conduto sem anéis de reforço, são dados pelas linhas horizontais do diagrama.

- b) a pressão interna no interior do conduto, resultante da pressão de achatamento  $p'$ , é dada por:

$$p = p_{at} - (p'/\eta)$$

Onde  $p_{at}$  é a pressão atmosférica do local, estimada segundo o gráfico da Figura 9, e  $\eta$  é o coeficiente de segurança que o projetista deve fixar em função da frequência provável de operações que causam pressões  $p'$ .

- c) o diâmetro interno da ventosa é dado pela expressão:

- se  $0,53 p_{at} < p < p_{at}$ :

$$\frac{d}{D} = \sqrt{\frac{V_1 - V_2}{c_d}} \left\{ \frac{2g p_{at}}{\gamma_{ar}} \frac{(K)}{K-1} \left[ 1 - \left(\frac{p}{p_{at}}\right)^{(K-1)/K} \right] \right\}^{-1/4}$$

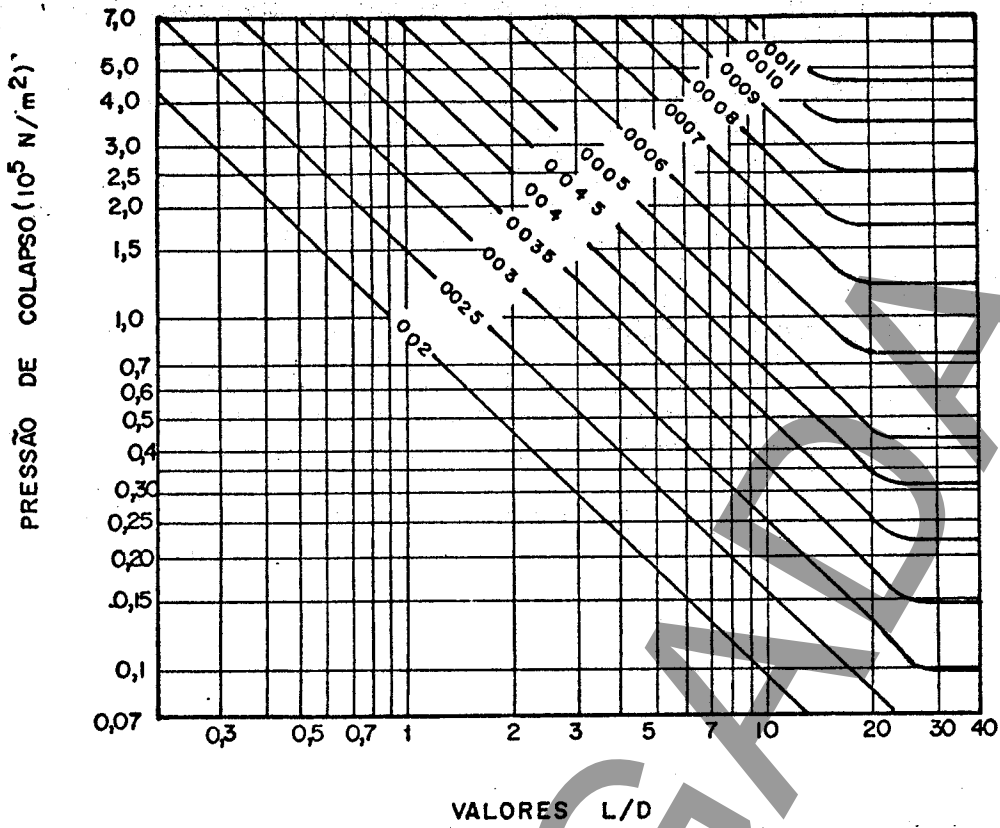


FIGURA 8 - Gráfico "L/D x pressão de colapso" para tubulações de aço

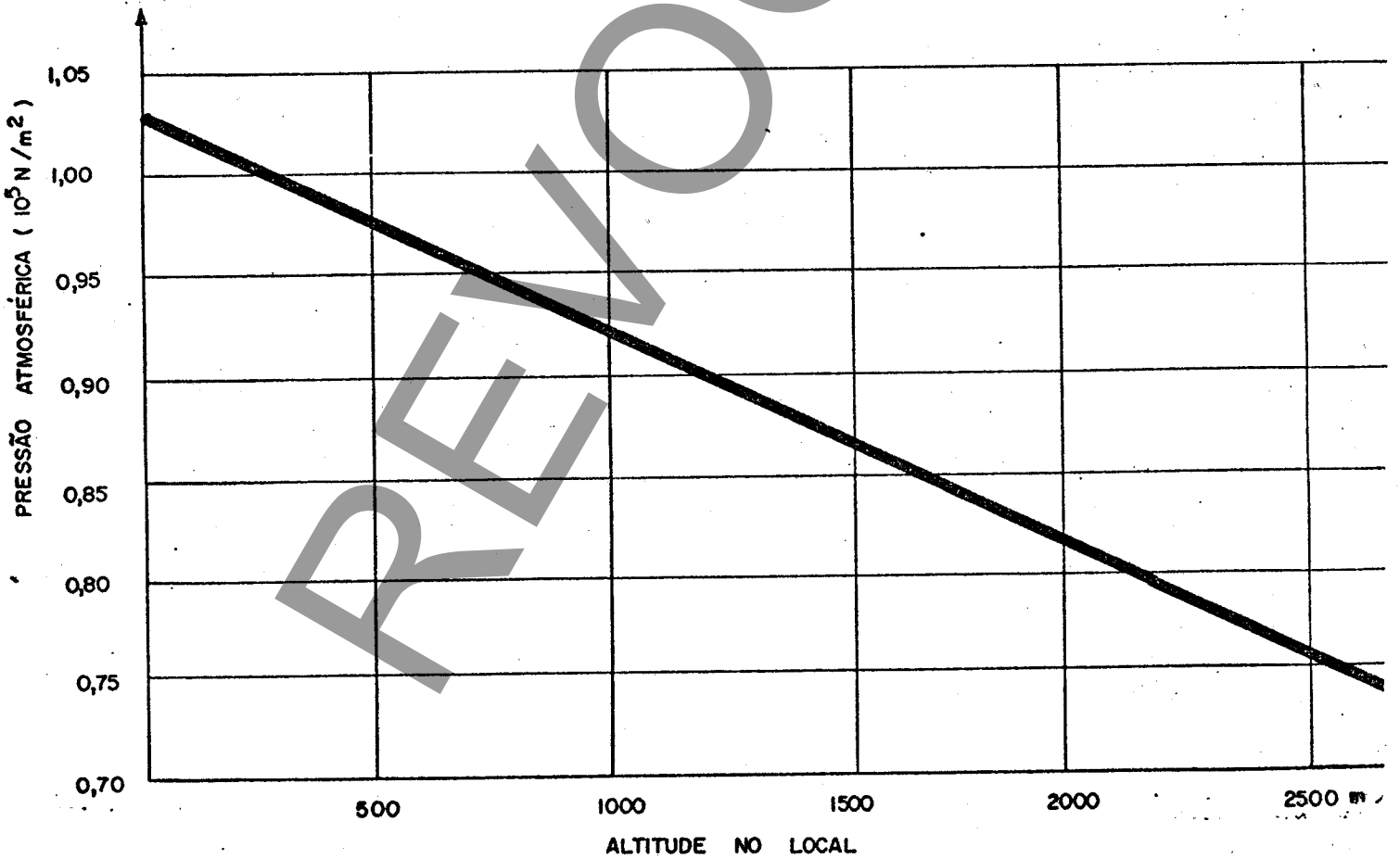


FIGURA 9 - Gráfico "altitude do local x pressão atmosférica"



- ou se  $P \leq 0,53 P_{at}$

$$\frac{d}{D} = \sqrt{\frac{V_1 - V_2}{C_d}} \left( \frac{P}{P_{at}} \right)^{1/2K} \left\{ 2g \frac{P_{at}}{\gamma_{ar}} \frac{K}{K+1} \left( \frac{2}{K+1} \right)^{2/(K-1)} \right\}^{-1/4}$$

Nestas expressões:

$p$  = pressão interna na seção

$P_{at}$  = pressão atmosférica do local

$d$  = diâmetro interno da ventosa

$D$  = diâmetro interno da adutora

$\gamma_{ar}$  = peso específico do ar à pressão e temperatura ambiente (do local)

$K$  = relação entre os calores específicos a pressão e a volume constantes, do ar  $K = \frac{C_p}{C_v}$

$g$  = aceleração da gravidade

$V_1$  = velocidade média da água saindo da seção

$V_2$  = velocidade média da água entrando na seção. Se  $V_2$  é oposto a  $V_1$ , então  $V_2$  aparece nas fórmulas acima com o sinal negativo

$C_d$  = coeficiente de descarga.

C-6.2 O coeficiente de descarga  $C_d$  não pode ser admitido inferior a 0,55.

C-6.3 O diâmetro da ventosa não pode ser admitido inferior a 0,1D e nem ao valor calculado em C-7 (c).

C-6.4 Quando  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma_{ar} = 11,46 \text{ N/m}^3$ ,  $P_{at} = 9,96 \times 10^4 \text{ N/m}^2$  e adotando  $K = 1,405$ , as fórmulas do item C-6.1 (c) se simplificam para:

- se  $0,53 P_{at} < P < P_{at}$ :

$$\frac{d}{D} = 0,0361 \sqrt{\frac{V_1 - V_2}{C_d}} \left[ 1 - \left( \frac{P}{P_{at}} \right)^{0,288} \right]^{-1/4}$$

- se  $P \leq 0,53 P_{at}$ :

$$\frac{d}{D} = 0,0707 \sqrt{\frac{V_1 - V_2}{C_d}} \left(\frac{P}{P_{at}}\right)^{0,356}$$

O gráfico da Figura 10 facilita a determinação de  $d/D$  dado pelas fórmulas acima.

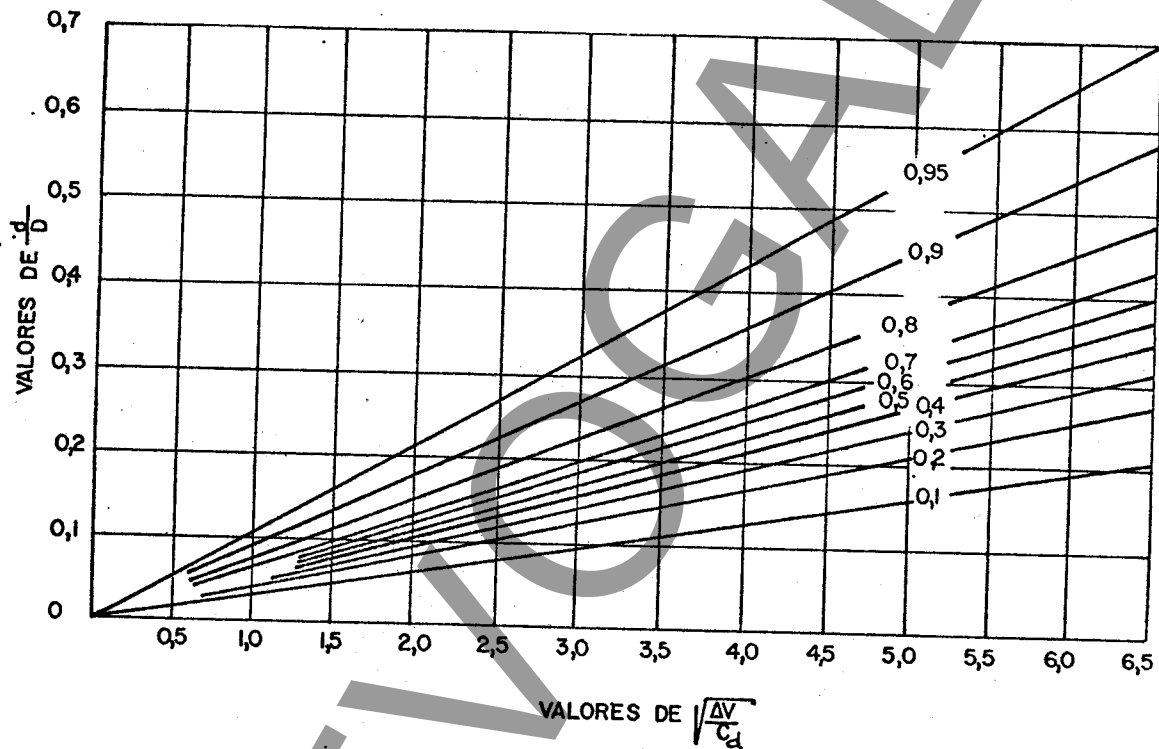


FIGURA 10 - Gráfico dos valores de  $d/D$  em função de  $\sqrt{\frac{\Delta V}{C_d}}$

C-7 O formulário e as prescrições no ítem C-6 são indicados para a determinação do diâmetro da ventosa de grande orifício, para suprir de ar o interior do conduto, quando ocorrerem as condições seguintes:

- a) ruptura de linha nas seções de menores cotas;
- b) drenagem de linha;
- c) separação da coluna de água na tubulação durante a vigência do fenômeno do golpe de ariete.

C-8 Para a determinação da diferença de velocidade  $V_1 - V_2$ , constante do formulário do ítem C-6 no caso em que ocorre ruptura da adutora, C-7 (a), recomenda-se adotar qualquer um dos processos seguintes:

- a) simular as seções de ruptura e as seções equipadas com ventosa e proceder ao cálculo de  $V_1 - V_2$  empregando o método das características. Ou,
- b) admitir a ruptura em cada seção de menor cota e aplicar a equação de Bernoulli como segue:

$$H_m = \Delta H_{m,v} + \frac{p}{\gamma} + z + \alpha V_2^2 / 2g.$$

$$\frac{p}{\gamma} + z + (\alpha V_1^2 / 2g) = \Delta H_{v,j} + H_j$$

onde:

$H_m$  = carga total na seção de montante do trecho da tubulação que abate a seção de instalação da ventosa.

$H_{m,v}$  = perda de carga no trecho acima citado

$\frac{p}{\gamma}$  = altura de pressão na seção de instalação da ventosa (em mca)

$z$  = cota da seção de instalação da ventosa

$H_j$  = carga na seção de jusante em que a ruptura foi admitida.

$H_{v,j}$  = perda de carga entre a seção de instalação da ventosa e a seção de ruptura a jusante.

C-9 Para a determinação da diferença de velocidade  $V_1 - V_2$ , constante do formulário do ítem C-6 no caso de drenagem de linha, recomenda-se aplicar o processo indicado no ítem C-8 (b).

C-10 Para a determinação da diferença de velocidade  $V_1 - V_2$ , constante do formulário do ítem C-6, no caso em que há separação da coluna de água, C-7 (c), recomenda-se adotar o processo indicado no ítem C-8 (a).

C-11 O projetista deverá sempre especificar ventosas de funcionamento automático e sujeitas a inspeções periódicas devidamente programadas.

C-12 A fim de permitir a inspeção e serviços de manutenção na ventosa, uma válvula de bloqueio deve ser instalada entre a tubulação e a ventosa.

C-13 O projetista, no interesse da economia, procurará tornar mínimo o número de ventosas ainda que para isso tenha de relocar trechos de linha e modificar declividades.

C-15 Nos trechos de linha locados acima da linha piezométrica (ou sifões) as ventosas a instalar deverão ser especiais, do tipo que permitem escapar o ar mas não permitem a entrada de ar ao conduto.

C-16 As ventosas devem ser protegidas por áreas cobertas e fechadas, mas devidamente ventiladas e drenadas.

---

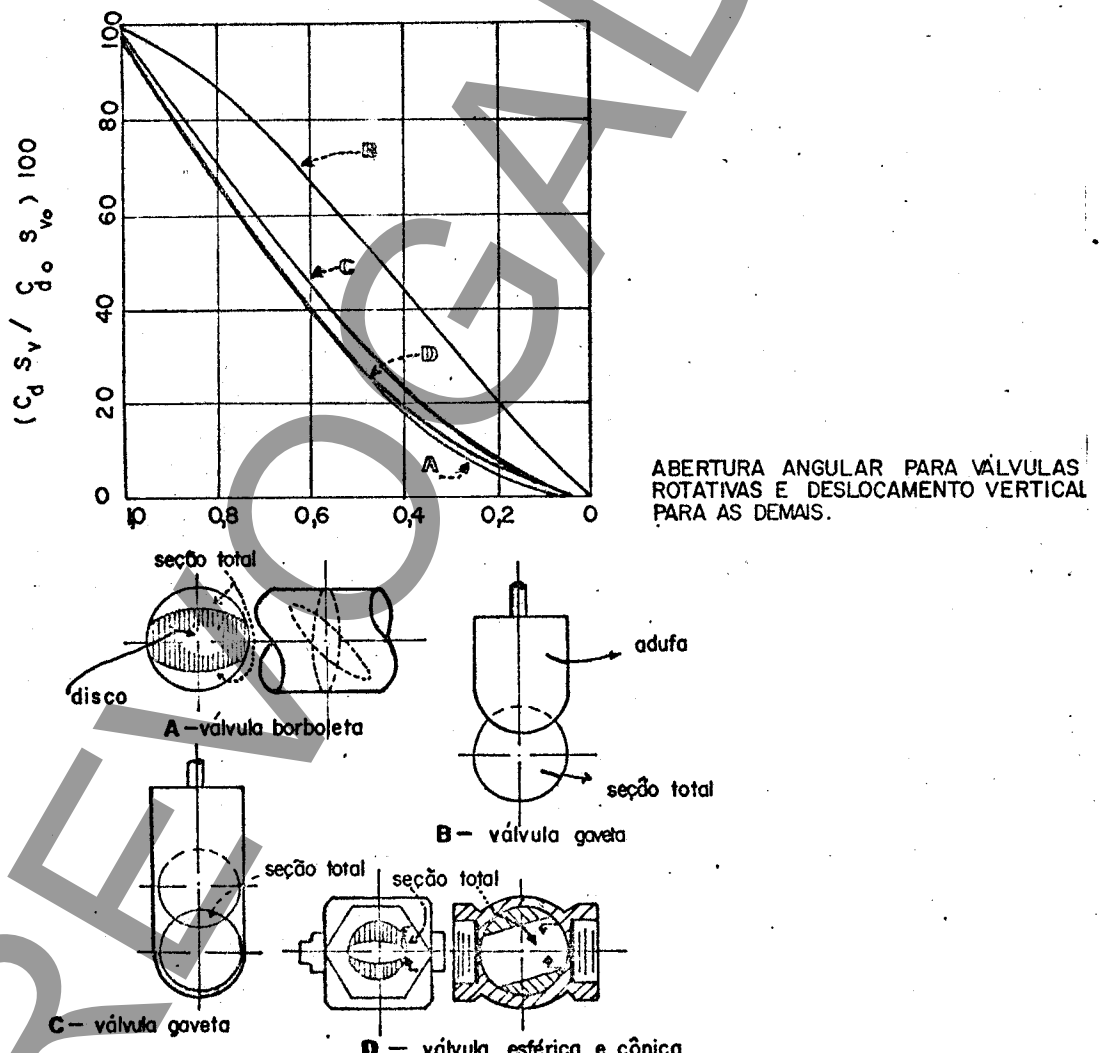
/Anexo D

ANEXO D

ANÁLISE DO GOLPE DE ARIETE

D-1 O desempenho de uma lei de abertura-fechamento, para uma dada válvula, na análise de golpe de ariete, deverá ser avaliado efetuando os cálculos de acordo com o prescritos nos itens 5.10.4.1 e 5.10.4.2 da P-NB-591 - Elaboração de Projetos de Sistemas de Adução de Água para Abastecimento Público.

D-2 Para os fins do item D-1., a lei de fechamento-abertura deverá ser formulada com dados obtidos diretamente do fabricante ou, na falta de dados dos mais precisos com os gráficos da Figura 11.



$C_d, S_v$  = ÁREA EFETIVA DA ABERTURA DA VÁLVULA NO INSTANTE T  
 $C_d, S_v$  = ÁREA EFETIVA DA ABERTURA DA VÁLVULA NO INSTANTE T=0  
 $C_d$  = COEFICIENTE DE DESCARGA  
 $S_v$  = ÁREA DA SEÇÃO DA VÁLVULA NO INSTANTE T

FIGURA 11 - Relação entre área efetiva e abertura para diferentes tipos de válvulas