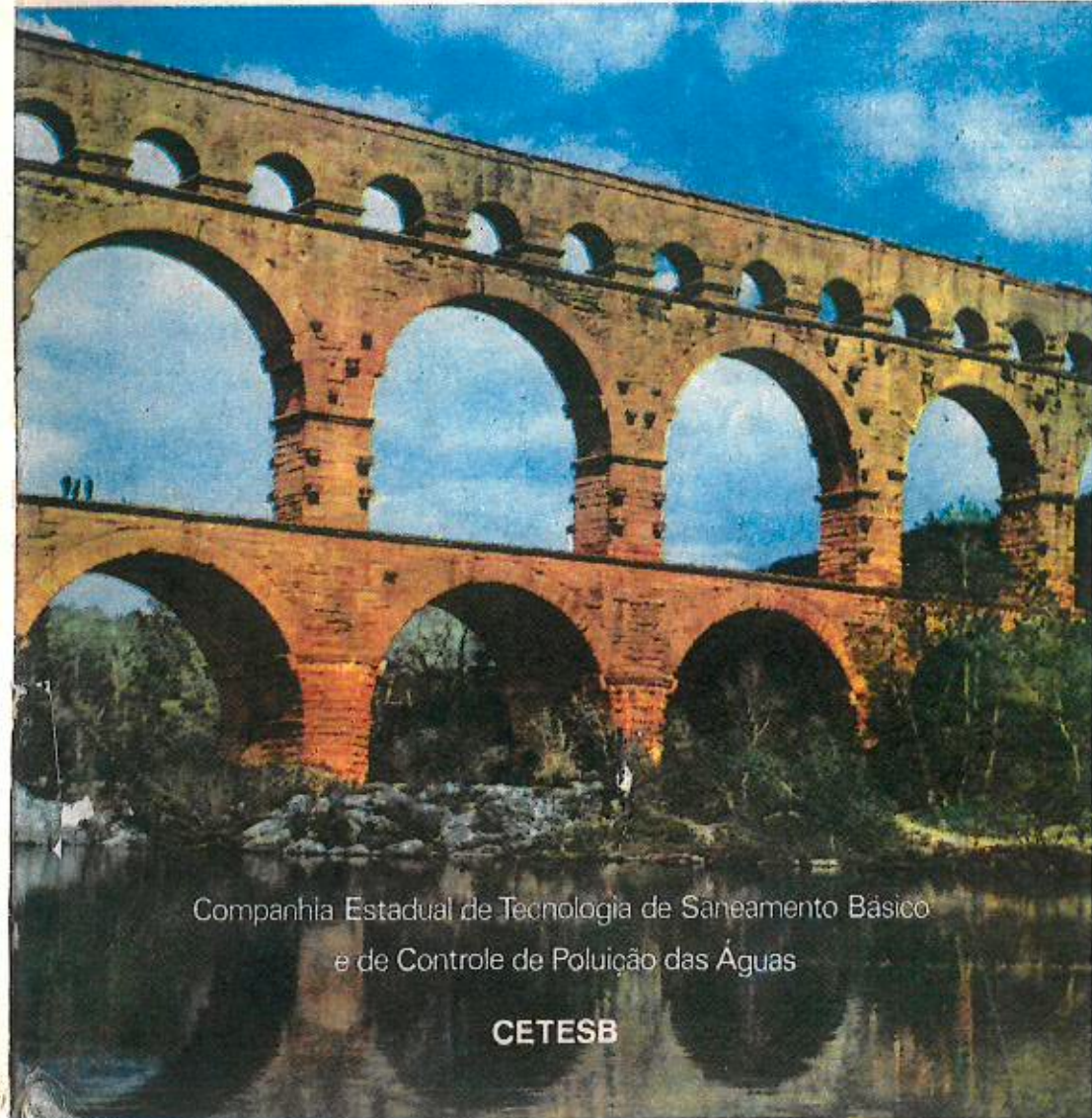


# CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA



CETESB



Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico  
e de Controle de Poluição das Águas

CETESB

CETESB - Companhia de Tecnologia  
de Saneamento Ambiental  
Biblioteca Prof<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Lucas Nogueira Garcez  
Av. Prof<sup>o</sup> Frederico Hermann Jr., 348 - Pinheiros  
e-mail: bibliotecn@cetesb.sp.gov.br  
05459 900 - São Paulo - Brasil

# CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

TETSUAKI MISAWA  
ELYSIO AMÉRICO MOREIRA DA FONSECA  
JOSÉ AUGUSTO MARTINS  
HENRIQUE BANDEIRA DE MELLO  
JOÃO BAPTISTA FEICHAS SALOMON  
WILIAN CECÍLIO

EDIÇÃO PATROCINADA PELO CONVENIO  
BNH/ABES/CETESB

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA  
COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO  
BÁSICO E CONTROLE DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

**CETESB**

SÃO PAULO - 1975

CLASS.	492.00
AUTOR	
TOMBO	007210

ex. 3

4400  
M68r  
007210  
EX. 3

FICHA CATALOGRAFICA

C765s Construção de sistemas de distribuição de água. São Paulo, CETESB, 1975.

viii, 294p. ilus.

Bibliografia no fim de cada capítulo.

1. Água — Sistemas de distribuição. 2. Sistemas de distribuição de água. I. CETESB. II. Título.



CDD — 18th ed. 628.144  
CDU 628.144

APRESENTAÇÃO

Desde a sua criação, em outubro de 1968, o antigo CETESB — Centro Tecnológico de Saneamento Básico\* — tinha como uma de suas preocupações, a publicação e divulgação de bibliografia técnica especializada, na área do saneamento. Em 1970, o CETESB contava com 10 manuais, produto de cursos ministrados. O programa de publicações continuou e chega hoje a completar 25 livros, alguns em segunda edição.

Com o advento do PLANASA — Plano Nacional de Saneamento — e, posteriormente do SANAT — Programa de Treinamento, Assistência Técnica e Pesquisa —, este último gerido pela ABES — Associação Brasileira de Engenharia Sanitária —, foi firmado o convênio BNH-ABES-CETESB.

Através desse convênio, o programa de publicações pôde contar, para a sua ampliação, com recursos concedidos pelo BNH, cabendo à CETESB a organização da infra-estrutura técnico-administrativa e o trabalho de coordenação das publicações.

O objetivo desse programa é enriquecer a nossa bibliografia técnica especializada, na área de saneamento, com trabalhos que espelhem a experiência brasileira e encerrem a vivência profissional dos nossos técnicos.

\* Em outubro de 1973, o Centro se transformou em Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas, a CETESB.

*Na série proposta, não poderia faltar um volume sobre construção de sistemas de distribuição de água, dada a relevância que o assunto merece, face às metas do PLANASA. Por isso, uma obra com esse título foi incluída na programação de publicações de 1970. E foi tão grande sua aceitação, que ele rapidamente se esgotou. Dada a sua importância, a CETESB acreditou que deveria reimprimi-lo.*

*Os autores deste manual, todos eles profissionais com larga experiência na matéria, dão ênfase, particularmente, à construção de condutos e à proteção das tubulações, uma vez que, na fase de implantação de um novo sistema de abastecimento de água, a rede de distribuição absorve mais de 50% do custo total da obra.*

São Paulo, fevereiro de 1975

CETESB

## ÍNDICE

### Capítulo 1

#### CONSTRUÇÃO DE CONDUTOS

Eng.<sup>o</sup> Tetsuaki Misawa

	pág.
● Introdução .....	1
— Nota explicativa .....	1
— Comparação aproximada do custo na construção de condutos na cidade de São Paulo .....	2
— As fases da construção de condutos .....	3
● Concorrência pública .....	3
● Normas e especificações, cadernos de encargos .....	4
— Tubos empregados nos condutos forçados .....	4
— Normas e especificações brasileiras .....	5
— Assentamento de tubos de aço revestidos com esmalte betuminoso .....	8
— Tubos de concreto protendido integral. Especificações técnicas .....	18
— Caderno de encargos para execução das redes de distribuição de água sob regime de empreitada .....	36
● Locação de condutos em planta o perfil .....	43
— Apresentação de plantas de execução (e cadastro) .....	43
— Especificações para o cadastro .....	44
— Locação de condutos em planta .....	47
— A profundidade da tubulação .....	48
— Problemas dos serviços de manutenção de redes de água .....	49
● Vala .....	53
— Largura e profundidade da vala .....	53
— Escavação manual e mecânica .....	55
— Classificação do material .....	61
— Tipos de valas .....	62
— Reposição de terra .....	63
● Escoramento .....	65
— Segurança dos trabalhadores e dos edifícios .....	65
— Tipos de escoramento .....	67
● Esgotamento e drenagem das valas .....	74
● Segurança dos pedestres, trabalhadores e veículos .....	77
● Referências bibliográficas .....	77

Capítulo 2

**ASSENTAMENTO DAS TUBULAÇÕES. DADOS SOBRE ASSENTAMENTO DE TUBULAÇÕES DE ÁGUA POTÁVEL**  
Eng<sup>o</sup> Elysis A. M. da Fonseca

• Serviços preliminares .....	79
— Escavação .....	79
— Escoramento e largura da vala .....	80
— Esgotamento e rebaixamento do lençol de água .....	81
— Preparo do fundo da vala .....	81
• Assentamento e manutenção .....	83
— Ferro fundido .....	83
— Tubulações de aço .....	98
— Tubulações de concreto .....	109
— Tubos de plástico .....	123
• Instalação de peças especiais .....	123
— Necessidade de ligação em tubulação em carga .....	127
— Ligação em luva bipartida de ferro fundido sem a máquina de furar tubulação .....	127
— Máquina de furar tubulação em carga .....	127
— Utilização de soldas de aço soldadas em tubos de ferro fundido .....	128
— Serviços executados com soldas soldadas .....	133
— Comparação entre as apropriações do custo dos tipos de ligações tradicionais e a solda soldada .....	133
— Experiência com ferro dúctil .....	136
• Anexo I — Normas de assentamento de tubulação de aço .....	138
• Anexo II — Normas de teste hidrostático da tubulação de aço .....	149

Capítulo 3

**PROTEÇÃO DAS TUBULAÇÕES**  
Prof. Eng<sup>o</sup> José Augusto Martins

• Esforços a que estão sujeitos as canalizações .....	151
— Classificação dos esforços .....	151
• Tensões causadas pela ação da pressão interna .....	152
• Tensões longitudinais causadas por mudanças de direção ou por obstruções .....	156
— Teoria geral .....	156
— Aplicação a uma curva de 90° em um conduto forçado, cujo eixo é horizontal .....	158
— Determinação do módulo da resultante .....	159
— Tipos de ancoragens .....	160
— Ancoragem de extremidade de um conduto .....	163
— Ancoragem de um tê .....	163
• Efeito da temperatura .....	168
• Tensões de compressão e de flexão devidas a cargas .....	169
— Generalidades .....	169
— Estudos de Marston e Schlick .....	170
— Cargas concentradas .....	172
• Embasamento e apoio das tubulações .....	174
— Solo firme .....	174
— Solo rochoso .....	174
— Solo fraco .....	175

— Grandes condutos metálicos construídos sobre o solo e suportados por blocos de apoio e sujeitos a deslocamentos horizontais .....	175
— Travessias .....	175
• Colapso de canalizações .....	175
• Referências bibliográficas .....	176

Capítulo 4

**PROTEÇÃO DAS TUBULAÇÕES CONTRA A CORROSÃO**  
Eng<sup>o</sup> Henrique Bandeira de Mello

• Introdução .....	179
• Generalidades sobre corrosão em tubulações metálicas .....	180
— Tipos .....	180
— Teoria eletroquímica .....	180
— Potencial de ionização .....	181
— Concentração de ions de hidrogênio .....	182
— Casos típicos de corrosão em tubulações .....	184
— Controle de corrosão .....	186
• Revestimentos protetores usuais para tubos de aço .....	187
— Generalidades .....	187
— Proteções externas .....	187
— Especificações da AWWA .....	190
— Revestimentos internos comerciais .....	191
• Mecanismos da corrosão do ferro .....	194
• Casos práticos de corrosão em tubulações de aço .....	198
— Fatores que influenciam o grau de corrosão .....	198
— Exemplos de corrosão .....	201
• Proteção catódica .....	206
• Estudo da proteção catódica das adutoras de 1,50 m em aço no recalque do Marapicú .....	210
— Generalidades .....	210
— Inspeção visual .....	210
— Medições do potencial tubo-solo .....	211
— Resistividade do solo .....	211
— Ensaio de polarização .....	212
— Justificativa da solução empregada .....	212
— Dimensionamento do sistema .....	212

Capítulo 5

**CONSTRUÇÃO DA CASA DE BOMBAS**  
Eng<sup>o</sup> João Baptista Feichas Salomon

• Edifício .....	215
— Generalidades .....	215
— Definição do edifício .....	216
— Características construtivas .....	217
— Poços de sucção .....	218
— Instalações sanitárias .....	218
— Escritório .....	218
— Almoarifado .....	219
— Dimensionamento .....	219
— Casos especiais .....	220
— Proteção contra incêndio .....	221

● Projeto .....	221
— Generalidades .....	221
— Condições básicas .....	222
— Projeto .....	223
● Montagem dos equipamentos .....	225
— Local .....	225
— Grupos motor-bomba .....	225
— Equipamento de partida .....	227
— Transformador .....	227
— Disjuntor .....	228
— Equipamentos diversos .....	228
— Cabos .....	229
— Serviços auxiliares .....	230
● Dispositivos de partida .....	231
— Generalidades .....	231
— Métodos de partida .....	232
— Métodos de partida para motores síncronos .....	234
— Dispositivos de proteção .....	235
● Quadro elétrico .....	239
● Tubulações de sucção e recalco e órgãos de proteção e manobra .....	242
— Generalidades .....	242
— Tratamento das superfícies .....	243
— Órgãos de manobra e proteção .....	245
● Dispositivos para escorva .....	252
— Generalidades .....	252
— Escorva por meio de válvula de pé .....	253
— Vácuo parcial .....	253
● Referências bibliográficas .....	265

#### Capítulo 8

### ORGANIZAÇÃO DE CANTEIRO DE SERVIÇO

Eng.<sup>o</sup> Willian Cecílio

● Introdução .....	267
● Cronograma de execução das obras .....	268
— O diagrama PERT .....	269
● Canteiro de serviço e alojamento .....	278
— Introdução .....	278
— Projeto do canteiro de serviço .....	278
— Quanto pesa o canteiro no custo da obra .....	280
— Considerações finais .....	281
● Máquinas e equipamentos .....	281
— Escavação .....	282
— Bombas .....	288
— Compressor de ar .....	287
— Sapo mecânico .....	288
— Equipamentos para feitura de juntas e cortes de tubos de ferro fundido .....	288
— Equipamento para feitura de juntas e cortes de tubos de aço .....	289
— Máquinas e equipamentos para concreto .....	291
— Transporte .....	292
— Pessoal .....	294

## Capítulo 1

### CONSTRUÇÃO DE CONDUTOS

Eng.<sup>o</sup> TETSUAKI MISAWA (\*)

#### 1.1 INTRODUÇÃO

##### 1.1.1 Nota explicativa

Neste capítulo, embora tenha o título de construção de condutos, ocupar-nos-emos apenas em linhas gerais sobre os itens a serem considerados na construção de condutos, sem entrar em detalhes. Pois, de acordo com os capítulos que se sucedem, outros colegas mais capacitados ocupar-se-ão dos detalhes referentes ao assentamento propriamente dito.

Nós, que estamos trabalhando no campo da Engenharia Sanitária, achamos oportuno a realização deste Manual, promovido pela CETESB e patrocinado pela BNH-ABES, embora sobre assunto tão conhecido de todos, ou seja, a construção de condutos, tendo em vista os seguintes fatos:

a) continua cada vez mais crescente a necessidade de construção de condutos para transporte de água, pois a água não é distribuída uniformemente na superfície da terra;

b) continua cada vez mais crescente a necessidade de construção de condutos de diâmetros maiores, pois a capacidade de transporte deve aumentar, anualmente, para fazer face:

(\*) Ex-Engenheiro do DAE.  
Ex-Professor Associado da Disciplina de Mecânica de Fluidos da Escola de Engenharia Mauá (já falecido).

— ao aumento da população (a população mundial aumenta na base de 1,7% ao ano e a população urbana na base de 3,4% ao ano);

— ao aumento de consumo "per capita";

— ao aumento do consumo industrial.

c) na fase de implantação de um novo sistema de abastecimento d'água, construção de condutos representa, em geral, mais de 50% do custo total;

d) na fase de operação e manutenção, o sistema de condutos representa não só parte mais onerosa para manutenção, bem como o que dá constante e maiores preocupações aos administradores, engenheiros e técnicos que trabalham neste ramo.

#### 1.1.2 Comparação aproximada do custo na construção de condutos na cidade de São Paulo

Obra	Mate- rial Cr\$ 1.000,	Assen- tamento Cr\$ 1.000,	% apro- ximada assent. mat.	Observações
Itaquera	1.500	300	20%	60 km (Ø 75 a 500 mm)
Vila do En- contro	900	140	16%	32 km (Ø 75 a 450 mm)
Casa Verde	1.500	260	17%	51 km (Ø 75 a 600 mm)
2º prolonga- mento da sub- adutora Vila Olimpia	900	370	41%	3 km (aço — Ø 1.000 mm)
Remaneja- mento da Ri- nha Mooca- Consolação	1.400	700	48%	3,4 km (aço — Ø 1.000 mm)

Considerações sobre o custo na construção de condutos:

— Deve prever como despesa de exame, transporte e materiais para juntas, aproximadamente 3 a 5% do custo do material, no caso da rede.

— Para o assentamento da rede, pode-se dizer, aproximadamente, o assentamento representa 12 a 20% do custo do material.

— Para o caso de tubos de aço, o transporte até junto da vala é por conta do fornecedor.

— No caso de tubos de aço de grandes diâmetros, o assentamento fica oneroso, devido à reposição de asfalto, que representa, aproximadamente, 30 a 50% do preço de assentamento.

— Na construção de tubos de grandes diâmetros, o assentamento sem reposição de asfalto, varia entre 20 a 30% do custo do material.

#### 1.1.3 As fases da construção de condutos

Para a construção de condutos, tratando-se de serviços públicos, podemos considerar as seguintes fases:

a) Concorrência pública e contratação;

b) Assentamento:

— abertura das valas;

— assentamento propriamente dito;

— preenchimento de valas; e

— reposição de pavimentação.

c) Recebimento provisório e definitivo da obra.

#### 1.2 CONCORRÊNCIA PÚBLICA

Em geral, a concorrência pública é realizada através de um Edital de Concorrência, que consta essencialmente de:

- Introdução;
- Condições de participação;
- Objetivo da concorrência;
- Condições de trabalho e obrigações da contratante;
- Fornecimento de material e equipamento;
- Composição de preços;
- Prazo;
- Reajustamento e multa por inobservância de prazo;
- Abertura de concorrência;
- Classificação e julgamento;
- Contrato;
- Caução;
- Execução dos serviços e multa por inobservância de normas;
- Formas de pagamento;
- Rescisão do contrato;
- Recebimento da obra;
- Foro.

### 1.3 NORMAS E ESPECIFICAÇÕES, CADERNOS DE ENCARGOS

#### 1.3.1 Tubos empregados nos condutos forçados

Os tubos empregados nos condutos forçados são:

##### 1.3.1.1 Tubos de ferro fundido

Têm sido os mais empregados, tanto em obras de captação como em adutoras, principalmente em redes de distribuição.

##### 1.3.1.2 Tubos de cimento-amianto

Têm encontrado uma aplicação cada vez mais extensa em canalizações de diâmetro pequeno a moderado, tanto em adutoras como em redes de distribuição.

##### 1.3.1.3 Tubos plásticos

Têm sido aplicados e tende a aumentar o seu emprego, principalmente nas redes de distribuição com diâmetros menores do que  $\varnothing$  100 mm.

##### 1.3.1.4 Tubos de ferro fundido dúctil

Estão começando a ser empregados nas adutoras e redes de distribuição.

##### 1.3.1.5 Tubos de concreto armado

São indicados principalmente para adutoras de diâmetro grande.

##### 1.3.1.6 Tubos de aço

São empregados na captação como em adutoras principalmente, nos casos de diâmetro grande e de alta pressão interna.

##### 1.3.1.7 Tubos de materiais especiais

São empregados em casos particulares em que intervêm circunstâncias especiais: tubos flexíveis de cobre, tubos de alumínio, tubos de madeira, etc.

#### 1.3.2 Normas e especificações brasileiras

1.3.2.1 EB-43/65 — especificação brasileira, recomendada para tubos de ferro fundido centrifugado (juntas não elásticas) (\*).

1.3.2.2 EB-137/71 — especificação brasileira recomendada para tubos de ferro fundido centrifugado (junta elástica) (\*).

1.3.2.3 MB-65/45 — método brasileiro de ensaio para pressão interna em tubos de ferro fundido centrifugado (\*).

1.3.2.4 MB-66/51 — método brasileiro de ensaio para cisalhamento em tubos de ferro fundido (\*).

1.3.2.5 MB-310/71 — método brasileiro de ensaio para flexão por tração de anel para tubo de ferro fundido centrifugado (\*).

1.3.2.6 MB-311/71 — método brasileiro de ensaio para flexão de corpos de prova em tira para tubos de ferro fundido centrifugado (\*).

1.3.2.7 MB-312/71 — método brasileiro de ensaio para estanquidade de juntas elásticas de tubos de ferro fundido centrifugado (\*).

1.3.2.8 MB-313/71 — método brasileiro de ensaio para anéis de borracha para juntas de tubos de ferro fundido centrifugado (\*).

1.3.2.9 MB-60/58 — método brasileiro de ensaio para dureza Brinell para metais.

1.3.2.10 PB-15/58 — padronização brasileira para conexões para tubos de ferro fundido centrifugado (\*).

1.3.2.11 PB-16/65 — padronização brasileira para flanges de ferro maleável (\*).

1.3.2.12 PB-37/63 — padronização brasileira para válvula de ferro fundido de gaveta única (\*).

1.3.2.13 EB-103/57 — especificação brasileira para tubos de concreto armado de seção circular (\*).

1.3.2.14 MB-113/58 — método de ensaio brasileiro para compressão diametral de tubos de concreto (\*).

1.3.2.15 MB-227/59 — método de ensaio brasileiro para absorção de água em tubos de concreto armado (\*).

1.3.2.16 EB-6/43 — especificação brasileira em revisão para tubos de concreto simples de seção circular (\*).

1.3.2.17 MB-228/59 — método de ensaio brasileiro para permeabilidade em tubos de concreto armado (\*).

1.3.2.18 EB-79/64 — especificação brasileira para eletrodos para soldagem elétrica de aços.

1.3.2.19 EB-109/72 — projeto de especificações de tubos de pressão de cimento-amianto (\*).

1.3.2.20 D-MB-401R — determinação da flecha (retinência) em tubos de cimento-amianto.

1.3.2.21 MB-242/72 — ensaio de ruptura por pressão interna de tubos de pressão de cimento-amianto (\*).

1.3.2.22 MB-243/72 — ensaio de absorção de água em tubos de pressão de cimento-amianto (\*).

1.3.2.23 MB-244/72 — ensaio de solubilidade em ácido de tubos de pressão de cimento-amianto (\*).

1.3.2.24 MB-245/72 — ensaio de flexão longitudinal em tubos de pressão de cimento-amianto (\*).

1.3.2.25 MB-246/72 — ensaio de pressão interna nos tubos de pressão de cimento-amianto (\*).

1.3.2.26 MB-247/72 — ensaio de estanquidade de juntas de tubos de pressão de cimento-amianto (\*).

1.3.2.27 MB-248/72 — ensaio de ruptura por pressão interna em junta de tubos de pressão de cimento-amianto (\*).

1.3.2.28 MB-251/72 — ensaio de dureza de anéis de borracha para juntas de tubos de pressão de cimento-amianto (\*).

1.3.2.29 MB-252/72 — ensaio de deformação à tração de anéis de borracha para juntas de tubos de pressão de cimento-amianto (\*).

1.3.2.30 MB-253/72 — ensaio de deformação permanente à compressão de anéis de borracha para juntas de tubos de pressão de cimento-amianto (\*).

1.3.2.31 EB-183/72 — especificação para tubos de PVC rígido (\*).

1.3.2.32 P-NB-115/64 — norma para execução de tubulações de pressão PVC rígido com junta soldada, rosqueada, ou com anéis de borracha (\*).

1.3.2.33 P-MB-354/64 — método para o ensaio de absorção de água em tubos de PVC rígido (\*).

1.3.2.34 P-MB-355/64 — método para o ensaio de resistência ao calor em tubos de PVC rígido (\*).

1.3.2.35 P-MB-356/64 — método para o ensaio de opacidade de tubos de material plástico (\*).

1.3.2.36 NB-126/66 — projeto e execução de tubulações de ferro fundido centrifugado de ponta e bolsa para conduzir água fria, sob pressão (\*).

### 1.3.3 Assentamento de tubos de aço revestidos com esmalte betuminoso

Os tubos de aço revestidos exigem uma série de cuidados específicos para seu transporte, movimentação no campo, soldagem e retoque do revestimento das juntas, sem os quais de pouco serviriam os esmeros em sua fabricação e testes a que são submetidos antes de seu embarque. A fim de assegurar uma tubulação perfeita, devem ser obedecidas fielmente as instruções que seguem:

#### 1.3.3.1 Transporte

É essencial que todos os tubos cheguem ao longo da vala em perfeitas condições, idênticas às da saída da fábrica. Os caminhões ou "trailers" usados para o transporte, devem conter berços de madeira com acomodações adequadas para os tubos, que consiste em acolchoamentos com material não abrasivo. Este deve proteger, também, todos os pontos de contato entre tubos e as cordas, correntes ou tirantes que envolvem o carregamento no caminhão. Os berços de madeira, quando fornecidos pela fábrica, devem ser devolvidos imediatamente após a descarga, para nova utilização.

(\*) Normas e Especificações reunidas na "COLETÂNEA DE NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS EM SANEAMENTO BÁSICO" publicada pela CETESB através do convênio BNH-ABES-ABNT.

#### 1.3.3.2 Descarga

A descarga deve ser feita, tanto quanto possível, nas proximidades da vala de assentamento, procurando-se eliminar a despesa adicional de nova carga e descarga, e assim reduzir, também, a possibilidade de algum eventual dano, decorrente destas operações. Não é permitido lançar o tubo revestido ao solo, nem manejá-lo de maneira a prejudicar o revestimento. Devem ser utilizados para descarga, sempre que possível, suportes de lona suficientemente largos, com o que se evita marcas de corte no revestimento. Estes suportes devem ter a largura mínima de 8 cm, para tubos pesando menos de 500 quilos, com um aumento de 3 cm para cada 500 quilos de acréscimo, e devem ser aplicados na região de equilíbrio do tubo. Podem ser usados guinchos providos de correntes com patolas nas pontas, desde que estas suspendam os tubos pelas extremidades e não haja qualquer contato com o revestimento, tanto externo como interno. Cabos de aço, correntes, ganchos, barras de metal ou suportes de madeira estreitos, não devem, também, entrar em contato com o revestimento. Para tubos de pequeno peso e pequenos diâmetros, é permitido (quando não é possível obter guinchos), proceder à descarga com correias e madeiras. As cordas podem ser usadas apenas nas extremidades dos tubos, onde não tenha sido aplicado o revestimento, e de tal forma que permitam o rolamento do tubo sem escorregar ou sofrer atrito num ponto determinado. As madeiras para o rolamento devem ser largas e preferivelmente acolchoadas, a fim de evitar marcas no revestimento. Devem ser observados todos os cuidados necessários para evitar choques e eventuais acidentes aos trabalhadores.

É ainda desejável que os tubos revestidos nunca repousem em contato direto com solo pedregoso ou áspero, caso em que peças de madeira devem sustentá-los pelas extremidades não revestidas. Da mesma forma, a empilhagem dos tubos é permitida com a utilização destas peças de madeira, sempre sob as extremidades não revestidas, a fim de que não ocorram pancadas nos tubos da camada inferior, por ocasião do rolamento. As peças de madeira só poderão permanecer em contato com o revestimento, quando devidamente acolchoadas.

### 1.3.3.3 Movimentação de tubos revestidos

É conveniente que toda a movimentação dos tubos (de sua posição de estocagem ou ao longo da vala para a sua posição de soldagem) seja feita com equipamento apropriado (trator com lança, etc.), a fim de evitar quaisquer danos ao revestimento. Quando não se possuir esse equipamento, poderão eles ser rolados sobre peças de madeira dispostas sob as extremidades sem revestimento. Para esse fim não devem ser usadas alavancas, correntes ou cabos de aço, sem proteção de lona.

Em alguns casos, em que é impossível o seu apoio em madeira na forma descrita, permite-se o rolamento do tubo sobre sacos cheios de palha, ou mesmo sobre terra macia, tomando-se a precaução de eliminar qualquer pedra ou saliência do terreno, que possa danificar o revestimento.

Trabalhadores ou outras pessoas não devem ter permissão para andar sobre os tubos revestidos. Quando isso não puder ser evitado, devido à alguma circunstância da obra, permite-se somente o tráfego de pessoas usando sapatos de sola de borracha ou descalças.

O levantamento do tubo para a sua posição de soldagem deve ser feita com os mesmos cuidados citados para a descarga. Devem ser usadas bandas de lona em seu ponto de equilíbrio, ou correntes com patolas para a suspensão pelas extremidades, qualquer que seja o equipamento utilizado (trator com lança, tripés com talha, etc.). De forma alguma se permite o uso de corrente, cordas, cabos de aço, sem proteção com lonas, que possam danificar o revestimento.

Todo o equipamento para a descarga e movimentação deve ser aprovado pelo engenheiro inspetor.

### 1.3.3.4 Soldagem

A soldagem de campo deve ser executada com máquina de solda, acionada por motor a gasolina ou diesel, assentada em conjunto próprio para transporte, reboque, jipe ou caminhão, que facilite sua movimentação.

Cada conjunto é operado por um soldador e deve dispor de cabo com extensão suficiente para permitir um trabalho ao longo de 40 a 50 metros de tubulação, sem necessidade de seu

deslocamento. Quando necessário, pode ser executado no campo qualquer corte de tubo, por meio de maçaricos de oxi-acetileno, tomando-se a precaução de remover, com antecedência, o revestimento interno e externo, cerca de 20 cm de cada lado da linha de corte, para evitar a combustão do esmalte.

É indispensável a recomposição posterior do revestimento. Tubos de 30" ou menores são, geralmente, soldados fora das valas, suspensos por tripés ou sobre travessas de madeira de largura adequada. Tubos com diâmetro superior a 30" são soldados já convenientemente assentados no lugar definitivo. Para executar as emendas nas valas, faz-se alargamentos ou "cachimbos" em torno delas, a fim de se obter espaço bastante para o trabalho do soldador, especialmente no fundo, onde a solda se faz de baixo para cima.

Os eletrodos a serem usados devem obedecer as especificações da A.W.S. (American Welding Society) nas classes E-6.010 (Fleetweld 5), E-6.011 (Fleetweld 35), E-6.013 (Fleetweld 7) e E-6.013 (Fleetweld 47). Os soldadores devem ser qualificados e perfeitos conhecedores do ramo.

Se o engenheiro inspetor julgar conveniente, os soldados devem ser submetidos a testes de aptidão.

As soldas de topo podem ser executadas em chanfro simples ou duplo; em chanfro simples quando não haja especificação contrária do comprador na ocasião da concorrência. Tubos de 30" e menores devem ser soldados somente pelo lado de fora (chanfro simples externo). Tubos acima de 30" podem ser soldados interna e externamente (chanfro duplo), ou apenas externamente (chanfros simples externos) como requeram as especificações do comprador. No caso de tubos de grandes diâmetros, especialmente aqueles utilizados em túneis, ou sob condições outras que dificultem a soldagem externa, as soldas podem ser executadas pelo lado interno (chanfro simples interno).

As superfícies a serem soldadas devem estar isentas de escamas soltas, escória, ferrugem grossa, graxa, tinta, cimento, ou qualquer outro material estranho, exceto escamas de usina, fortemente aderidas.

Resíduos ou respingos de óleo de linhaça, provenientes da aplicação da tinta primária, podem ser desprezados. As su-

perfícies das juntas devem ser lisas, uniformes e isentas de rebarbas ou outros defeitos que afetem soldagens adequadas. Não há necessidade de remover uma película leve de ferrugem, que permaneça nas bordas, após a limpeza com escova de aço. Não devem ser realizadas operações de soldagens quando a temperatura do metal base for inferior a 0°C, a não ser tomando precauções adequadas de aquecimento da superfície, até 8 cm do ponto onde a solda vai ser iniciada. Estas operações de soldagem não podem, também, ser executadas quando as superfícies a serem soldadas estejam umedecidas, ou quando atingidas por chuvas ou ventos fortes. O operador e a obra devem ser devidamente protegidos. Cada passe de metal de solda em soldagem deve ser isento de escórias e outros depósitos estranhos, antes que seja aplicado o passe subsequente.

Dispensa-se remover as soldagens de ponteamto, usadas para ajustar os tubos, desde que elas sejam sólidas e os cordões que as cubram realizem perfeita fusão com elas.

Para impedir distorção indevida, pode-se martelar os cordões de solda (passes). Os cordões superficiais e o primeiro passe, nas soldas em juntas chanfradas, não devem ser martelados. O martelamento, quando exigido, deve ser efetuado com leves batidas de um martelo de bola, usando-se a parte arredondada.

O passe superficial nas soldas em juntas chanfradas deve ser o mais possível central em relação à junta, razoavelmente liso e isento de pressões. Rebaixos (undercuttings) do metal base no tubo adjacente à solda deve ser considerado com defeito, devendo ser reparado se exceder a 1/32" em cada beirada do cordão de solda.

Nas juntas de topo-a-topo, parte alguma da superfície de acabamento na área de fusão deve ficar abaixo da superfície do tubo adjacente.

O reforço de solda não deve ser superior a 1/16" acima da superfície do tubo. Os tubos devem ser alinhados com precisão, de modo que nas juntas acabadas nenhum se projete, além do adjacente, mais de 20% da espessura do tubo.

O inspetor pode exigir que seja cortado um segmento da primeira junta soldada, de cada operador, para testes de qualidade, e se estas não forem aprovadas, pode exigir também

o corte, de segmentos adicionais de trabalho do mesmo operador. A critério do inspetor, caso não aprovados os novos segmentos, pode ele exigir a substituição da soldagem efetuada por este operador. Os locais de corte de segmentos deverão ser adequadamente soldados.

Vazamentos em soldas, quando a tubulação está sob pressão hidrostática, devem ser reparados, removendo-se o material defeituoso que causou o vazamento e procedendo-se à nova soldagem. Vazamento algum deve ser reparado por estaqueamento mecânico. Os defeitos em soldas devem ser removidos por cinzelamento, cortando-se o suficiente dos lugares com defeito. Devem ser novamente soldadas as regiões onde se faz uma remoção. Quando o metal base de uma solda tem excessivo rebaixo, ou a largura da solda é menor do que desejada, deve-se reparar a solda com a adição de metal de solda.

Ao se aplicar o último passe de soldagem em cordões circunferenciais deve-se, no caso de se encontrar cordões longitudinais, prosseguir com aquele passe cerca de 5 cm além do cordão longitudinal, para evitar vazamentos nas interseções das soldas.

Deve-se tomar precaução para reduzir as tensões, em juntas de tubos, causadas por expansão da tubulação, devida a temperatura antes do reenchimento da vala; essa precaução consiste em soldar os trechos finais na hora mais fria do período da manhã.

Os testes de vazamento em juntas topo-a-topo são usualmente realizados testando-se hidrostaticamente a linha.

#### 1.3.3.5 Retoque do revestimento nas juntas

O processo do retoque do revestimento nas juntas de campo, após a soldagem, é considerado como uma das fases do serviço de instalação da tubulação e consiste de limpeza, aplicação da tinta primária, do esmalte de lã de vidro (ou preferivelmente de feltro amianto, devido a sua melhor qualidade para aplicação manual).

O trabalho deverá ser executado de tal maneira que acompanhe o assentamento da tubulação. Normalmente, as seções são soldadas e em seguida revestidas. De acordo com a conveniência da obra, pode-se efetuar de uma só vez o retoque do

revestimento de todas as juntas correspondentes. De qualquer maneira, o esmalte não pode ser aplicado logo após a demão de tinta primária betuminosa. É necessário um intervalo mínimo de 6 horas, nunca podendo ultrapassar de 72 horas. O tempo normal de secagem é de 24 horas, dependendo das condições atmosféricas (umidade e ventilação).

O trabalho de revestimento das juntas de campo, deve ser rigorosamente inspecionado pelos chefes de turma, a fim de assegurar um revestimento de igual composição e com a mesma eficiência protetora que a do corpo do tubo.

É de toda a conveniência que uma inspeção do revestimento do corpo do tubo seja efetuado pelo chefe de turma na ocasião do retoque do revestimento da junta, aproveitando, assim, a oportunidade para o retoque de um eventual dano ocasionado em seu transporte ou movimentação. Uma inspeção final deve ser feita na ocasião da descida do trecho da tubulação à vala. Todos os defeitos no revestimento serão reparados com aplicações adicionais de esmalte, ou esmalte de lã de vidro (ou feltro) de modo que essas áreas fiquem igualmente protegidas, de acordo com o revestimento especificado.

Cada junta será cuidadosamente limpa de ferrugem, graxa, óleo, lama, umidade ou substâncias estranhas e imediatamente se procede a aplicação da tinta primária. Se a tinta primária, aplicada na fábrica, apresenta excessos ou escorridos que ainda não estejam perfeitamente secos, deve-se proceder a raspagem antes da aplicação da tinta primária no campo. Ferrugem, lama, etc., serão removidos por meio de escovas de aço, a fim de ser obtida uma superfície limpa e seca para a aplicação da tinta primária. Graxa e óleo serão totalmente removidos com a lavagem de benzol, ou outro solvente equivalente. Não será permitida a limpeza com querosene. Após a limpeza, a junta e os pontos em que o retoque for necessário, devem receber uma pintura uniforme de tinta primária aplicada no campo, por meio de brochas, não sendo permitida a formação de excessos ou escorridos. A tinta primária não deve ser aplicada em superfície molhada ou úmida, isto é, toda a superfície deve estar seca e limpa antes da sua aplicação. Enquanto a tinta primária não estiver seca, não será permitido o seu contato com terra, folhas ou qualquer substância estranha. Todo excesso de tinta será removido com escovas.

As latas de tinta primária devem ser mantidas sempre fechadas, tirando-se somente o suficiente para o trabalho de um dia e tomando-se o cuidado de misturá-la bem antes de ser retirada das latas originais, e imediatamente antes de sua aplicação à superfície.

A aplicação da tinta primária se fará logo após a soldagem ter sido executada e ter resfriado suficientemente. A tinta primária, adequadamente aplicada, secará num tempo mínimo de 6 horas, em condições de pouca umidade no ar e boa ventilação.

É boa prática aplicar a tinta primária em um número de juntas que possam ser revestidas de esmalte num período de trabalho de um dia. Um teste de campo, para se assegurar da secagem da tinta primária, quando essa tenha sido aplicada com os devidos cuidados, consiste em passar a mão com moderada pressão na superfície pintada. Se a película secou ao ponto da mão deslizar ou desprender, a tinta primária estará suficientemente seca para a aplicação do esmalte. Cuidado particular deve ser tomado na parte inferior do tubo, a fim de que não seja aplicado o esmalte antes que a tinta primária esteja perfeitamente seca. O trabalho de limpeza e aplicação da tinta primária deve ser regulado de acordo com o andamento diário da aplicação do esmalte. Esta só se fará após a secagem da tinta primária, mas antes de decorridas 72 horas de sua aplicação com uma inspeção sobre suas condições.

Todos os baldes e brochas usados na aplicação da tinta primária devem ser mantidos limpos e livres de sujeira, água ou qualquer substância estranha. As brochas podem ser amaciadas pelo mergulho na própria tinta primária, não devendo ser lavadas com querosene. Se necessário, devem ser lavadas com benzol ou outro solvente. Podem ser guardadas e mantidas flexíveis, imersas na própria tinta primária. Não devem ser usados solventes na tinta primária. Tendo ela endurecido em vasilhame aberto, não deve ser usada.

O esmalte betuminoso é um material obtido de um derivado do alcatrão por um processo especial. É geralmente usado para prolongar a durabilidade de tubulações enterradas, principalmente sob condições de grande corrosividade do solo. É altamente resistente às extremas condições do tempo: a

temperaturas acentuadamente baixas, sem perigo de quebra ou descolagem, como também a altas temperaturas, sem amolecimento.

O seu rendimento varia de acordo com a habilidade dos trabalhadores, equipamento usado na aplicação, método de aplicação e outras condições gerais de campo.

É prática aconselhável a aplicação do esmalte em uma espessura média não inferior a 3/32", devido ao fato de que espessuras menores que essa correm risco de não serem perfeitamente uniformes.

O esmalte betuminoso é fornecido em tambores de chapa fina. O peso médio de cada tambor é de 245 quilos. O peso líquido médio é de 238 quilos por tambor.

Toda a superfície exterior da junta deve ser protegida pela aplicação de uma ou mais camadas de esmalte, de acordo com as espessuras especificadas pelo projeto. O esmalte só deve ser aplicado em superfícies limpas e secas, devidamente pintadas com tinta primária, de maneira a obter uma camada de proteção livre de defeitos ou falhas.

O revestimento deve ser aplicado por pessoal treinado para esse fim com o intuito de evitar perdas de material e assegurar uma perfeita aplicação do mesmo. De um modo geral, são necessários três homens para o revestimento das juntas no campo, sob a supervisão do mestre da obra. Um deles ficará encarregado do aquecimento, transporte e derramamento do esmalte no local da aplicação. Os dois auxiliares farão a distribuição do esmalte e a aplicação do feltro (ou lã de vidro) externamente. Na aplicação do esmalte internamente, poderão se revezar. Toda a sujeira, umidade, terra, lama, ou outra matéria estranha deve ser limpa da superfície pintada com tinta primária, imediatamente antes da aplicação do esmalte. Particular atenção deve ser prestada à remoção da poeira, antes da aplicação do esmalte, que poderá ser feita com os tubos ainda sobre os apoios, com alturas suficientes para que não haja contato com o chão. Esse contato só pode ser dado após o seu perfeito resfriamento.

O aquecimento do esmalte deve ser efetuado em vasilhames apropriados, tomando-se os devidos cuidados com os operários, na ocasião de seu derramamento nos baldes menores

de transporte ao local de aplicação. Todos os trabalhadores encarregados do aquecimento, transporte ou derramamento de esmalte devem trabalhar com luvas e com os cuidados devidos para evitar queimaduras.

O esmalte deve ser aquecido a uma temperatura média de 250°C a 260°C, nunca ultrapassando, porém, a temperatura de 270°C. Os baldes para transporte e derramamento de esmalte nas juntas devem ter bicos largos. O trabalhador que leva o balde ao local da junta, deve ter o cuidado de não pisar, com o sapato sujo de terra, sobre a junta pintada com a tinta primária. Deve derramar o esmalte na parte superior da junta, podendo, para maior facilidade, apoiar o bico do baldo sobre o tubo. Dois trabalhadores, um de cada lado do tubo, manterão uma tira de feltro (ou lã de vidro) em posição para sua imediata aplicação. Trinchas de fibra mexicana (tampico) ou, simplesmente, pedaços de madeira com extremidades providas de um entochamento de anagem, ou ainda broxa de meada, das usadas nas impermeabilizações de telhados, farão uma melhor distribuição do esmalte, principalmente nos pontos inferiores do tubo, a fim de assegurar uma espessura mínima desejada.

Aplicarão a tira de feltro, e em seguida farão uma nova aplicação de esmalte, observando os mesmos cuidados anteriores. O esmalte deve recobrir a parte do tubo já revestida de cada lado da solda, a fim de formar uma camada de revestimento externa contínua sem defeitos.

Para revestimento interno os mesmos cuidados devem ser observados: após a limpeza, a aplicação da tinta primária e a sua secagem, o esmalte deve ser levado para dentro em vasilhame apropriado, com todo cuidado para não danificar o revestimento de fábrica. A aplicação interna se faz com trinchas de fibra, até a espessura especificada e deve recobrir a parte do tubo já revestida, de cada lado da solda. Somente após a conclusão do revestimento das juntas e retoques de todos os pontos danificados, poderá ser o tubo recoberto.

#### 1.3.3.6 Descida do tubo à vala

A descida do tubo à vala pode ser efetuada com auxílio de qualquer equipamento, fixo ou móvel, provido de lonas na parte que sustenta o tubo, ou correntes com patolas para a

suspensão pelas extremidades, tomando-se o cuidado necessário para evitar qualquer eventual dano. Cabos de aço, cordas, etc., não devem ser usados, a não ser que providos de lonas, para evitar qualquer dano ao revestimento. A descida da tubulação deve ser processada lentamente, de acordo com o andamento da obra, e em função da flexibilidade do tubo de aço.

#### 1.3.3.7 Reenchimento da vala

As valas são abertas, geralmente com 30 cm mais do que o diâmetro do tubo. A cobertura de terra é fixada em cerca de 60 cm sobre a geratriz superior da tubulação.

O tubo deve assentar em leito uniforme; onde a vala atravessar terreno rochoso, ou contendo materiais duros que possam penetrar no revestimento protetor, deve ser colocada, no fundo da vala, uma camada de 7 a 8 cm de terra fofa (penetrada) ou areia, antes da instalação.

Em casos especiais, onde o engenheiro assim o determine, tratando-se de leitões muito acidentados ou rochosos, será empregado material especial para proteger o esmalte de atrito das rochas (rock-shield), aplicando-se ainda, peças de madeira fixadas com fitas de aço, se for necessário, a juízo do engenheiro fiscal.

O material de enchimento da vala deve ser feito com terra boa, isenta de pedra ou areia, aplicando-se à mão, lateralmente, até a altura da metade inferior do tubo, tomando-se o cuidado de não danificar o revestimento. Completa-se o enchimento à mão até 15 cm acima da geratriz superior do tubo, permitindo-se, em seguida, o enchimento final por qualquer processo usual.

### 1.3.4 Tubos de concreto protendido integral Especificações técnicas

#### 1.3.4.1 Objetivo

Estas especificações destinam-se a estabelecer as condições de cálculo, fabricação, ensaio, transporte e assentamento

dos tubos de concreto protendido sem camisa de chapa de aço, com protensão transversal e longitudinal, tipo protendido integral, destinados a adutoras de água.

#### 1.3.4.2 Definições

Para os fins destas especificações, definiremos:

##### a) Tubo de concreto protendido integral

É um tubo de concreto, sem camisa de chapa de aço, constituído por:

— um tubo núcleo de concreto centrifugado-vibrado, protendido longitudinalmente;

— uma percinta de aço de alta resistência, enrolada sob tensão definida, constante e uniforme, em volta do tubo núcleo de concreto (protensão transversal);

— um revestimento externo de concreto vibrado, impermeável, aplicado por processo mecânico adequado, e destinado a proteger o aço da percinta contra eventual corrosão.

##### b) Peças especiais de concreto (têes, junções, curvas, tocos, fechos, etc.)

São peças constituídas por:

— uma camisa de chapa de aço soldada eletricamente;

— um revestimento interno e externo desta camisa, em concreto armado.

##### c) Juntas

Constituem as ligações entre dois tubos ou um tubo e uma peça consecutivos, devendo ser capazes de assegurar o perfeito funcionamento da adutora. Devem portanto ser estanques, sob as pressões de serviço e de ensaio, e permitir a acomodação da tubulação a pequenos recalques do solo e às variações de temperatura, sem dar origem a vazamentos.

### 1.3.4.3 Dimensões e tolerâncias

#### a) Tubos

As dimensões e respectivas tolerâncias deverão obedecer às seguintes condições:

*Diâmetro* — O diâmetro nominal interno dos tubos deve ser igual, superior ou ligeiramente inferior ao previsto no projeto da adutora. No caso de ser adotado um diâmetro ligeiramente inferior, o fabricante deverá provar por cálculo hidráulico a possibilidade de utilização do tubo proposto, justificando os valores adotados para o coeficiente de vazão.

#### *Espessuras:*

Do núcleo — A sua espessura mínima, sem qualquer tolerância para menos, deverá ser:

$$e = 14 + 4D$$

em que,

e = espessura mínima em mm

D = diâmetro nominal interno em dm

Do revestimento — A espessura mínima de concreto do revestimento será tal que garanta um recobrimento mínimo de 20 mm, sem tolerância para menos, sobre as espirais de aço da percinta.

*Comprimento* — O comprimento útil dos tubos não poderá ser inferior a 5 m. Admite-se uma tolerância de 2 cm por tubo, em relação ao comprimento nominal.

#### b) Peças especiais:

*Diâmetro* — O diâmetro nominal interno das peças especiais deverá ser o mesmo dos tubos, com a mesma tolerância para o diâmetro interno real.

*Espessura* — A espessura da peça especial deverá ser igual à espessura total do tubo, de modo a ser obtido o mesmo diâmetro externo. O recobrimento das armações não deverá ser inferior a 20 mm.

*Comprimento* — O comprimento útil de cada tipo de peça especial deverá ser fornecido por ocasião da apresentação da proposta, admitindo-se uma tolerância de 1 cm, por metro de comprimento, em relação ao comprimento nominal.

#### c) Juntas

As extremidades dos tubos e peças especiais deverão ser dimensionadas e fabricadas de modo a possibilitar a junção de dois tubos quaisquer ou de 1 tubo e uma peça especial e realizar uma junta como definida no item 1.8.4.2c.

### 1.3.4.4 Esforços a considerar

No cálculo do tubo e peças especiais, deverão ser considerados os seguintes esforços:

#### a) Pressões internas

Deverão ser consideradas as pressões abaixo definidas:

*Pressão característica* — É a pressão máxima interna a que irá ser submetido o tubo em serviço; resulta da soma da pressão estática ou piezométrica com as sobrepressões dinâmicas.

Na falta de um projeto hidráulico completo, será admitido que a pressão característica é a pressão interna de serviço, acrescida de 40%, sendo este acréscimo no mínimo de 2 kg/cm<sup>2</sup>.

Poderá ser previsto, para efeitos de economia no valor total de canalização um escalonamento de pressões. Neste caso, os tubos serão estudados para pressões características, variando no mínimo de 1 kg/cm<sup>2</sup>.

*Pressão de ensaio* — É a pressão característica acrescida de 50%; sob a ação desta pressão, o concreto do tubo núcleo não deverá sofrer tensões de tração.

## b) Sobrecargas externas

Deverão ser consideradas as seguintes sobrecargas:

*Peso próprio do tubo* — Para sua determinação admitir-se-á uma densidade do concreto igual a 2,4 t/m<sup>3</sup>.

*Peso da água* — Será considerado o tubo cheio de água, com uma densidade igual a 1,0 t/m<sup>3</sup>.

*Sobrecarga de aterro* — Será calculada com base na teoria de Marston. Na falta de elementos precisos sobre o recobrimento de terra sobre a canalização, adotar-se-á, para efeito de cálculo, recobrimento de 1 metro. Na ausência de elementos sobre a vala, a mesma será considerada como vala estreita, admitindo-se pois o alívio de carga resultante do atrito entre as paredes da vala e a terra do preenchimento. Casos especiais de vala larga, terreno sem coesão, etc., deverão ser estudados à parte.

*Sobrecargas devidas às cargas móveis* — Serão calculadas de acordo com a teoria de Boussinesq, em função do tipo de carga móvel previsto. Na falta de dados a respeito, será considerada, nos trechos sujeitos a tráfego, a passagem de um veículo tipo 12, cujas características constam da NB6 da ABNT, revista em 1960.

No caso de haver ruas com pavimentação, poderá ser levada em conta a distribuição da carga móvel proveniente desta pavimentação.

### 1.3.4.5 Cálculo

Deverá ser apresentada, quando solicitada pelo interessado, uma nota de cálculo suscinta, da qual constarão os seguintes elementos:

#### a) Tubos

Verificação das tensões de concreto sob as várias hipóteses de cargas, como especificado a seguir:

*Protensão transversal* — Para efeito de cálculo, admitiremos:

— módulo de elasticidade do aço, sob as tensões de trabalho

$$E_a = 1.500.000 \text{ kg/cm}^2$$

— módulo de elasticidade do concreto de tubo núcleo

$$E_c = 480.000 \text{ kg/cm}^2$$

— coeficiente de deformação lenta para o concreto

$$10 \times 10 \text{ kg/cm}^2$$

— perda de tensão por retração do concreto e relaxamento da armação

$$2 \times 10 E_c$$

Deverão ser calculadas as tensões de concreto e do aço de protensão logo após a aplicação da protensão transversal (tubo vazio e tubo submetido a pressão de ensaio), e após às perdas de tensão do concreto e do aço (fase final) com tubo vazio, tubo submetido à pressão característica, e tubo submetido às cargas externas e pressão característica.

*Protensão longitudinal* — Deverá ser apresentado o cálculo justificativo da protensão adotada, que deverá ser o maior valor entre os obtidos com as condições de cálculo abaixo:

— O concreto do tubo núcleo (seção transversal) não deve sofrer tração quando o tubo for submetido a um momento fletor igual ao dobro do momento fletor obtido considerando o tubo apoiado sobre dois apoios equidistantes de suas extremidades, e afastados entre si de 0,586 do comprimento total de cada tubo, considerados o peso próprio, peso da água contida, e uma sobrecarga externa uniforme de 2.500 kg/m<sup>2</sup>.

— A compressão da seção transversal do tubo núcleo de concreto deve ser superior ou igual a

$$0,35 N - 0,8 R_c$$

onde,

$N$  = compressão máxima resultante da protensão transversal do tubo núcleo em sua seção longitudinal, em  $\text{kg/cm}^2$ ;

$R_t$  = resistência à tração na flexão do concreto do tubo núcleo, em  $\text{kg/cm}^2$ .

— Esta compressão nunca poderá ser inferior a 20  $\text{kg/cm}^2$ . Por outro lado, o afastamento entre duas geratrizes consecutivas, medido na circunferência de raio médio da seção transversal do tubo núcleo, não poderá ser superior a 2 vezes a espessura do mesmo.

#### b) Peças especiais

A seção de chapa da camisa e a armação do concreto externo das peças especiais deverão ser calculadas de modo a que, considerada unicamente a seção total de ferro, este não trabalhe a uma taxa superior a 12,0  $\text{kg/mm}^2$ , quando a peça for submetida à pressão de ensaio.

#### 1.3.4.6 Fabricação

A fabricação dos tubos e peças especiais deverá obedecer às seguintes condições:

##### a) Tubos

*Protensão longitudinal* — A protensão longitudinal será obtida por meio de geratrizes de aço de alta resistência, tipo patenting, uniformemente distribuídas pela seção transversal do tubo núcleo. Estas geratrizes serão submetidas a uma tração não superior a 80% da taxa de ruptura das mesmas, por meio de macacos; suas extremidades serão fixadas nas extremidades da forma metálica utilizada para a centrifugação, por processo adequado, capaz de evitar qualquer perda de tensão durante a concretagem do tubo núcleo. A tração destas geratrizes será controlada por um manômetro adaptado ao macaco e periodicamente aferido. Após a cura a vapor do tubo núcleo, a tensão destas geratrizes será transmitida a este tubo núcleo por aderência e por meio de peças de ancoragem ca-

pazes de evitar perdas de tensão por escorregamento das geratrizes. Estas peças de ancoragem deverão ser cuidadosamente protegidas contra possíveis corrosões.

*Centrifugação do concreto do tubo núcleo* — Deverá ser utilizado um concreto com as seguintes características:

Consumo mínimo de cimento: 450  $\text{kg}$  por  $\text{m}^3$  de concreto.

Relação — água/cimento: 0,50 litros de água por  $\text{kg}$  de cimento.

Resistência do concreto centrifugado à compressão aos 28 dias — 350  $\text{kg/cm}^2$ .

Serão empregadas formas metálicas estanques. Estas formas serão submetidas a uma rotação em torno do seu eixo longitudinal, por meio de dispositivo que permita variar e controlar a velocidade da rotação e atingir as velocidades necessárias à obtenção de uma aceleração centrífuga necessária e suficiente para o adensamento do concreto. O dispositivo de centrifugação deverá também transmitir ao concreto, simultaneamente com a centrifugação, uma vibração de frequência e amplitude pré-determinadas.

A superfície interna do tubo núcleo deverá ser submetida a um processo de alisamento por dispositivo adequado, de modo a se ter um tubo com bom coeficiente de escoamento.

Após a centrifugação, o tubo núcleo será submetido a uma cura com vapor saturado, a uma temperatura controlada e não superior a 70°C. Esta cura a vapor deverá durar o tempo necessário e suficiente para permitir a obtenção de um concreto capaz de suportar a aplicação da protensão longitudinal, sem sofrer deformações excessivas, e também permitir a desmoldagem do tubo núcleo. A cura prosseguirá então por meio de uma umidificação constante, durante pelo menos 5 dias.

*Protensão transversal* — A protensão transversal será aplicada ao tubo núcleo após a cura completa deste. O dispositivo adotado para a colocação do fio de aço da protensão transversal deverá possuir as seguintes características:

— permitir o enrolamento do fio de aço sob uma tensão de tração uniforme e bem definida, com uma variação admissível máxima de tensão de 3% para mais ou para menos.

Esta tensão será obtida por contrapesos, e deverá ser periodicamente aferida;

— permitir variação e o controle das velocidades de rotação e translação do tubo, de modo a obter uma espiral de passo uniforme e constante, de acordo com o previsto no cálculo.

As extremidades inicial e final do fio deverão ser perfeitamente fixadas ao tubo núcleo, de modo a evitar qualquer perda de tensão da protensão transversal por escorregamento do fio.

Ao ser aplicada a protensão transversal, o tubo núcleo deverá estar seco. A tensão de tração inicial do fio de aço não poderá ser superior a 80% da sua taxa de ruptura por tração. Se no decorrer da aplicação da protensão transversal for necessário emendar dois rolos do fio de aço, deverá esta emenda ser realizada por um dispositivo que confira à emenda uma resistência à tração não inferior a do próprio fio de aço.

Deverá ser utilizado um fio com diâmetro tal que, observada a seção do aço prevista no cálculo, o espaçamento entre duas espirais consecutivas esteja compreendido entre 2 e 8 vezes o diâmetro do fio, não ultrapassando nunca 45 mm.

*Revestimento externo vibrado* — Deverá ser utilizado um concreto com as seguintes características:

Consumo mínimo de cimento: 450 kg por m<sup>3</sup> de concreto.

Relação — água/cimento: 0,50 litros de água por kg de cimento.

Resistência do concreto vibrado à compressão aos 28 dias: 300 kg/cm<sup>2</sup>.

O concreto deverá ser aplicado ao redor do tubo núcleo por máquina especial, capaz de transmitir a este concreto uma vibração a uma frequência não inferior a 6.000 ciclos por minuto, sendo totalmente proibida a aplicação deste concreto por projeção. Antes de aplicar o concreto, o tubo núcleo deverá ser umedecido com água.

É aconselhável, após a aplicação deste concreto, submetê-lo a uma cura a vapor saturado a temperatura não superior

a 70°C. O tubo revestido deverá ser submetido a uma umidificação contínua, durante pelo menos 5 dias.

Este concreto, após sua aplicação, deverá estar totalmente desarejado, ser impermeável, compacto e deverá recobrir perfeitamente o aço da protensão transversal protegendo-o eficazmente contra qualquer possibilidade de corrosão.

#### b) Peças especiais

*Camisa de aço* — A camisa de aço deverá ser constituída por chapa de aço soldada eletricamente. A espessura da chapa empregada deverá ser tal que a seção de aço da camisa corresponda no mínimo a 50% da seção total do aço determinada pelo cálculo (vide item 1.3.4.5b).

A solda das chapas deverá ser estanque; cada camisa terá sua estanqueidade verificada pelo ensaio de querosene.

*Armação* — A armação do concreto das peças especiais será constituída por barras de aço redondo CA37 ou equivalente, endireitadas e enroladas com um diâmetro adequado e colocadas externamente à camisa de aço. A seção total das barras transversais deverá ser a necessária para completar a seção prevista pelo cálculo, descontada a seção correspondente à chapa da camisa. As barras da armação deverão ficar afastadas da camisa de aço, a fim de que o concreto externo da peça possa envolvê-las completamente. Se for necessário, poderá ser colocada uma armação para reforço da camada interna de concreto; entretanto, a seção do aço desta armação não será considerada no cálculo da seção de aço total determinada pelo cálculo da peça.

*Concreto* — Deverá ser empregado um concreto com as seguintes características:

Consumo mínimo de cimento: 400 kg por m<sup>3</sup> de concreto.

Relação — água/cimento: 0,55 litros de água por kg de cimento.

Resistência do concreto à compressão aos 28 dias: 250 kg/cm<sup>2</sup>.

Admitir-se-á aplicação manual deste concreto, desde que sejam tomados os cuidados necessários para se obter um concreto suficientemente compacto e impermeável.

A cura deste concreto será realizada com umidificação permanente durante 3 dias, admitindo-se, entretanto, uma cura a vapor durante 8 horas, para permitir a entrega mais rápida da peça, em caso de absoluta urgência.

#### c) Juntas

Deverão ser tomados todos os cuidados e providências necessários à obtenção das extremidades dos tubos e peças especiais com as dimensões previstas em seu projeto, a fim de se ter certeza do bom comportamento das juntas dos tubos assentados.

No caso de haver partes metálicas, as mesmas deverão ser perfeitamente protegidas contra a corrosão, seja por metalização, seja por meio de pintura especial, aplicadas com os cuidados necessários.

#### 1.3.4.7 Controle de matérias-primas e de fabricação

Deverão ser realizados os seguintes controles das matérias-primas empregadas e das diversas fases de fabricação:

##### a) Matérias-primas

As matérias-primas empregadas deverão obedecer às seguintes especificações:

*Cimento* — Deverá obedecer à especificação EB1 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, sendo submetido aos ensaios de acordo com o método MB-1 da mesma ABNT.

*Agregados* — Deverão obedecer à especificação EB-4 da Associação Brasileira de Normas Técnicas e submetidos aos ensaios de acordo com os métodos MB-6, MB-7, MB-8, MB-9 e MB-10 da mesma ABNT. O diâmetro máximo do agregado graúdo será, para o tubo núcleo, de 40% da sua espessura, e para revestimento, 40% do recobrimento do aço ou 80% do

espaçamento entre duas espiras consecutivas, devendo-se adotar o menor destes valores.

*Água* — A água utilizada na confecção do concreto deverá ser límpida, isenta de teores prejudiciais de sais, óleos, ácidos, alcalis e substâncias orgânicas. Presumem-se satisfatórias as águas potáveis.

Nos casos duvidosos, para verificar se a água é prejudicial, far-se-ão ensaios de pega da pasta e resistência à compressão de argamassa, de acordo com o método MB-1. Serão feitos ensaios comparativos com água reconhecidamente satisfatórias e com água em estudo.

*Aço redondo para protensão* — Deverá ser empregado aço redondo de alta resistência, tipo "patenting", especial para concreto protendido, temperado em banho de chumbo. Não se admite arame claro estirado a frio. O aço empregado deverá apresentar as seguintes características mínimas:

Límite elástico convencional 0,2% .....	120 kg/mm <sup>2</sup>
Resistência à ruptura .....	140 kg/mm <sup>2</sup>

De cada lote de aço recebido deverão ser extraídas amostras para serem ensaiadas à tração (com confecção do diagrama tensão-deformação) e ao ensaio de dobramento, de acordo com os métodos MB-4 e MB-5 da ABNT.

*Aço redondo para armações* — Deverá obedecer à especificação EB-3 da ABNT, sendo cada lote recebido submetido aos ensaios, de acordo com os métodos MB-4 e MB-5 da mesma ABNT.

*Chapas de aço* — As chapas de aço deverão ser do tipo laminado a quente, de baixo teor de carbono, obedecendo às condições da norma A-283, tipo C da ASTM, e ter espessura superior a 1,5 mm.

##### b) Controles de fabricação

Deverão ser realizados os seguintes controles mínimos:

*Concreto* — Deverão ser controlados a cada momento, as quantidades de cimento, agregados e água total empregados,

e os métodos de fabricação (centrifugação e vibração), para verificar se os mesmos correspondem às presentes especificações. Em particular, a cura do concreto deverá ser cuidadosamente observada, tanto na fase de cura a vapor (temperatura) como na de umidificação. Deverão ser feitos corpos de prova do concreto do tubo núcleo e do revestimento, em número suficiente para se ter uma noção exata das características destes concretos, com um mínimo de 6 corpos de prova por dia.

Na medida possível, os corpos de prova de concreto do tubo núcleo deverão ser centrifugados, e os de concreto do revestimento, vibrados, apresentando, pois, características semelhantes às dos concretos dos tubos. Estes corpos de prova serão ensaiados de acordo com o método MB-3 da ABNT.

*Protensão* — A protensão longitudinal e transversal deverá ser cuidadosamente observada, sendo indispensável realizar aferições periódicas dos dispositivos utilizados, e controlar constante e rigorosamente as tensões iniciais de tração do aço.

*Camisas das peças especiais* — Todas as camisas fabricadas deverão ter sua estanqueidade verificada pelo "ensaio de querosene", durante no mínimo 2 horas. No caso de aparecerem manchas externas, a solda deverá ser corrigida nos locais correspondentes às manchas.

#### 1.3.4.8 Ensaios

Os ensaios poderão ser de tipo e de rotina.

##### a) Ensaio de tipo

Será feito sobre um único tubo e somente em casos de fornecimentos superiores a 1.000 tubos. Para fornecimentos inferiores a esta quantidade, poderá ser feito o ensaio, após prévio acordo com o comprador. O ensaio de tipo será realizado com um tubo submetido à protensão transversal, logo após a aplicação da mesma, porém sem o revestimento externo. A pressão será elevada gradualmente. Quando a pressão corresponder à de ensaio (vide item 1.3.4a) dever-se-á observar atentamente o tubo, no qual haverá formação de uma

trinca longitudinal e conseqüente vazamento e queda da pressão.

A seguir, a pressão interna será novamente elevada, até se atingir pressão para a qual a trinca se reabre. Esta pressão, situada entre a pressão de ensaio e a de ruptura, deverá ser anotada, pois definirá o comportamento provável de um tubo, que eventualmente tenha sido trincado por uma pressão acidental excepcionalmente alta e não prevista no projeto.

##### b) Ensaio de rotina

Serão ensaiados um tubo em cada lote de dez. Este ensaio será realizado logo após a aplicação da protensão transversal em tubos não revestidos externamente. A pressão interna será elevada gradualmente até atingir a pressão de ensaio (item 1.3.4.4), a qual será mantida por 5 minutos. Não deverá haver sinais de vazamentos, sendo que serão admitidas manchas de umidade com gotas aderentes, na medida em que for aprovado por ensaio prolongado, que há uma colmatação perfeita. No caso em que o tubo ensaiado não for aceito, será feito novo ensaio com 5 tubos do mesmo lote. Se este ensaio for satisfatório, o lote será aprovado. Caso algum tubo apresente vazamento, o lote poderá ser recusado.

#### 1.3.4.9 Expedição

Deverão ser observados os seguintes cuidados na expedição dos tubos e peças especiais:

##### a) Carregamento

O carregamento dos tubos e peças especiais sobre caminhões ou vagões, deverá ser feito com um dispositivo adequado (talha, guindaste, pórtico, ponte rolante), evitando-se sempre quaisquer choques que possam afetar o tubo ou a peça e suas extremidades.

##### b) Transporte

Uma vez carregado o tubo (ou a peça especial), deverá ser o mesmo perfeitamente calçado, de modo a evitar movimentação durante o transporte. Em casos de transportes a

longas distâncias ou de transporte sobre vagões, convém amarrar os tubos e peças especiais com cordas ou cabos de aço providos de esticadores, e prever dispositivos de proteção de suas extremidades. Durante o transporte, os tubos deverão ficar apoiados sobre caibros de madeira, distantes preferivelmente entre si de 0,586 do comprimento do tubo e simetricamente colocados em relação às extremidades dos tubos.

#### c) Descarga

A descarga dos tubos na obra deverá na medida do possível, ser feita por guindaste ou talha. Quando isso não for possível, deverão ser utilizados dois pranchões de madeira resistentes, que se apoiarão sobre o solo e sobre a carroçaria do caminhão ou vagão; os tubos serão rolados sobre estes pranchões, sendo seguros por corda ou outro dispositivo, de modo a se ter um perfeito controle de velocidade de descida dos tubos.

Em hipótese alguma deverão os tubos ser jogados do caminhão (mesmo sobre colchão de areia ou terra fofa) ou rolados livremente sobre os pranchões. Deverão sempre ser tomados os cuidados necessários para evitar choques no revestimento e nas extremidades dos tubos ou peças especiais.

Na medida do possível, as peças especiais deverão ser descarregadas com guindastes ou talha. Nos casos em que tal não for possível, deverão ser utilizados dois pranchões apoiados ao caminhão ou vagão, e no solo, sobre os quais far-se-á deslizar a peça especial com os devidos cuidados.

#### d) Estocagem na obra

Os tubos descarregados poderão ser rolados com os devidos cuidados até seu local de estocagem, onde deverão ser calçados. Não deverão ser empilhados para estocagem. Em casos de estocagem prolongada deverão ser tomados os cuidados necessários para evitar que os tubos sofram acidentes capazes de afetá-los. As peças especiais deverão, na medida do possível, ser descarregadas no local de sua utilização; se for preciso movê-las, deverão ser tomadas providências para impedir que as mesmas sofram choques prejudiciais.

### 1.3.4.10 Assentamento

Deverão ser observados os seguintes cuidados no assentamento dos tubos:

#### a) Transportes locais

O transporte dos tubos do local em que tiverem sido estocados até à vala deverá ser feito por meio de guindaste ou outra aparelhagem, de modo a evitar choques contra seu revestimento e suas extremidades. No caso de transportes a pequenas distâncias, poderão os tubos ser rolados, evitando-se sempre quaisquer choques ou atritos prejudiciais ao revestimento.

#### b) Vala

A vala, na medida do possível, deverá ser do tipo "vala estreita", com largura normal igual ao diâmetro do tubo, acrescido de 0,30 m. Suas paredes deverão ser verticais e, em caso de terrenos de baixa resistência, escoradas.

A profundidade da vala deverá ser a necessária para que se tenha um recobrimento de terra sobre a geratriz superior do tubo não inferior a 0,80 m em zonas sujeitas ao tráfego de veículos. No terreno rochoso, a vala deverá ter uma profundidade suplementar de 0,20 m no mínimo, para que se possa fazer sob a tubulação um leito de areia ou argila peneirada.

#### c) Condições de apoio do tubo

O tubo dentro da vala deverá, na medida do possível, apoiar-se ao longo de todo seu comprimento. Não sendo isto possível, deverão ser previstos dois apoios preferenciais por tubo, afastados entre si de 0,586 do comprimento do tubo, simetricamente dispostos em relação às suas extremidades; estes apoios poderão ser de terra peneirada, areia ou pedra britada e terão a largura da vala 0,20 m de espessura e 0,60 m de largura. Em casos de terrenos de pouca resistência, deverá ser previsto um colchão de pedra britada de grande diâmetro, com a largura da vala e espessura compatível com a capacidade de suporte do terreno.

#### d) Juntas

As juntas deverão ser executadas de acordo com as instruções que foram dadas pelo serviço de assistência técnica do fabricante, que designará um mestre para orientar a execução das mesmas. No caso de juntas de corda e chumbo rebalidos deverá ser providenciado no local a abertura de um "cachimbo" na vala, a fim de que os operários possam trabalhar de acordo com a boa técnica nas partes inferiores da tubulação. No caso de juntas de borracha, as extremidades dos tubos deverão estar perfeitamente limpas na ocasião do embocamento; deverá neste caso ser utilizada aparelhagem adequada para realizar o embocamento perfeito dos tubos.

#### e) Fechamento da vala

A vala será reaterrada com materiais isentos de pedras, em camadas de espessura não superior a 0,15 m, perfeitamente socadas e apiloadas, no mínimo até a altura do diâmetro horizontal da canalização. Até a altura da geratriz superior da canalização o reaterro será feito com os cuidados necessários para não afetar o concreto da tubulação.

#### f) Casos especiais

No caso de serem absolutamente necessárias estacas (terreno sem nenhuma capacidade de suporte ou tubulação aérea), deverão ser feitos dois berços de concreto por tubo, distantes simetricamente dispostos em relação às extremidades dos tubos com um ângulo de apoio de 90° com a superfície externa da canalização, a largura de 0,80 m.

Os demais casos especiais, tais como assentamento em valas largas, canalização exposta, obras de arte, etc., deverão ser estudados em comum acordo com o fabricante, em função das características especiais de cada caso.

#### g) Ancoragem

Deverão ser previstas ancoragens para as peças especiais, calculadas para cada peça em função de seu tipo, das pressões máximas que a solicitarão, e das características do terreno. O empuxo passivo do terreno não deverá ser levado em conta

no dimensionamento das ancoragens, a menos que o mesmo seja perfeitamente conhecido e que sejam adotadas todas as medidas necessárias para sua mobilização ao ser construída a ancoragem.

#### 1.3.4.11 Propostas

As propostas de fornecimento de tubos de concreto protendido integral deverão conter para cada diâmetro e pressão característica os seguintes elementos:

- comprimento útil e total do tubo;
- diâmetro interno nominal de tubo;
- espessuras do tubo núcleo, revestimento e cobertura do aço da protensão transversal;
- diâmetro externo do tubo revestido;
- peso de tubo;
- desenho do tubo e de sua junta;
- consumo de cimento por m<sup>3</sup> de concreto no tubo núcleo e no revestimento;
- fator água/cimento destes concretos;
- diâmetros e características dos aços de protensão;
- tensão inicial de tração do aço da protensão longitudinal, bem como o número e seção total dos fios de aço de protensão;
- tensão inicial de tração do aço de protensão transversal, bem como o número de espiras por metro do tubo e a seção total por metro de tubo dos fios de protensão transversal;
- características das juntas;
- desenho das peças especiais;
- listas de referência de obras executadas com tubos fabricados pelo proponente.

### 1.3.5 Caderno de encargos para execução das redes de distribuição de água sob regime de empreitada

#### EXEMPLO

#### 1.3.5.1 Observações gerais

##### a) Orientação seguida

O presente caderno de encargos serve para execução das redes de água sob regime de empreitada, visando facilitar o controle dos serviços, principalmente no que se refere à medição e pagamento do que foi executado, classifica-os em dois grupos distintos: serviços de assentamento da tubulação e serviços complementares.

No que se refere ao assentamento da tubulação, abandona-se o sistema tradicional, de se medir e classificar toda a escavação efetuada, de se contar o número de tipo de juntas executadas, de se contar o número de registros ou válvulas assentados, substituindo-se tudo isso pela medição única de metro de tubo assentado, medida essa que poderá também posteriormente ser confrontada com o cadastro apresentado e quantidade de material entregue na obra.

Embora esse critério possa apreçar pequenas distorções em função de condições peculiares a cada trecho, o volume médio de serviços necessários ao assentamento de cada tipo de tubulação, pode ser fixado com precisão bem razoável, de vez que de uma forma geral as condições básicas, como dimensões das valas, altura de recobrimento e forma de execução das juntas poderão ser fixadas de antemão pela empresa de saneamento.

Quanto aos outros serviços necessários à execução da obra e não compreendidos no item referente a assentamento da tubulação, foram denominados de forma genérica de serviços complementares, e sua medição é feita individualmente.

##### b) Forma de execução dos serviços

A execução dos serviços foi considerada sem o uso de maquinários, pois verificou-se que para pequenos diâmetros o serviço manual é mais econômico, salientando-se ainda que em

vários trechos é tecnicamente impraticável o uso de equipamentos.

##### c) Incidência dos vários encargos

Foram considerados como diluídos na taxa de benefícios e despesas indiretas (B.D.I.), a ser aplicada sobre o preço de custo, os encargos de ordem geral, como serviços de topografia, transporte de materiais, instalação do canteiro de serviço, guarda da obra, instalação e fornecimento de energia elétrica, abastecimento de água, expediente, bem como a depreciação de equipamentos, e outros.

As Leis Sociais em vigor no local onde se executa a obra, deverão ser incluídas no valor do homem/hora a ser aplicado sobre as quantidades constantes do Caderno de Encargos.

Deve também merecer uma atenção especial a parte referente a Reajustamento e Preços, que em São Paulo é regulado por legislação própria.

#### 1.3.5.2 Assentamento da tubulação

##### a) Serviços compreendidos no assentamento

Na parte referente ao assentamento da tubulação, estão compreendidos os serviços de mão-de-obra para escavação, alinhamento de tubos e peças especiais, confecção de juntas elásticas e de chumbo, reposição das valas, colocação de caixas de parada para registros e transporte dos materiais dentro do local da obra. Não estão computados os serviços que chamamos de complementares e que constam do respectivo tópico.

##### b) Critério para fixação das quantidades

É evidente que o tempo gasto para a execução de um determinado serviço pode sofrer variações, principalmente em função de qualidade da mão-de-obra e das condições de trabalho.

Assim sendo, o critério adotado foi de usar os valores médios obtidos em São Paulo para o assentamento dos vários tipos de tubulação.

### 1.3.5.3 Caderno de encargos referente ao assentamento da tubulação

Os serviços aqui compreendidos constam do tópico anterior, e as quantidades referem-se a metro linear de tubulação assentada.

a) Tubos de $\varnothing$ 75 mm	
Oficial .....	0,17 h
Trabalhador .....	1,70 h
b) Tubos de $\varnothing$ 100 mm	
Oficial .....	0,19 h
Trabalhador .....	1,90 h
c) Tubos de $\varnothing$ 150 mm	
Oficial .....	0,22 h
Trabalhador .....	2,20 h
d) Tubos de $\varnothing$ 200 mm	
Oficial .....	0,27 h
Trabalhador .....	2,70 h
e) Tubos de $\varnothing$ 250 mm	
Oficial .....	0,33 h
Trabalhador .....	3,30 h
f) Tubos de $\varnothing$ 300 mm	
Oficial .....	0,39 h
Trabalhador .....	4,00 h
g) Tubos de $\varnothing$ 350 mm	
Oficial .....	0,48 h
Trabalhador .....	4,80 h
h) Tubos de $\varnothing$ 400 mm	
Oficial .....	0,58 h
Trabalhador .....	5,80 h

i) Tubos de $\varnothing$ 450 mm	
Oficial .....	0,69 h
Trabalhador .....	6,90 h
j) Tubos de $\varnothing$ 500 mm	
Oficial .....	0,81 h
Trabalhador .....	8,10 h
l) Tubos de $\varnothing$ 550 mm	
Oficial .....	0,93 h
Trabalhador .....	9,30 h
m) Tubos de $\varnothing$ 600 mm	
Oficial .....	1,10 h
Trabalhador .....	10,60 h

### 1.3.5.4 Serviços complementares

#### a) Considerações de ordem geral

Chamamos de serviços complementares àqueles não compreendidos no preço do assentamento da tubulação.

Na execução destes serviços todo o material é fornecido pela empreiteira.

Nos itens referentes a escoramento de valas e formas de madeira para concreto, quando da elaboração do orçamento para avaliação do custo da obra, deve-se levar em consideração o número de vezes que pode ser aproveitado o madeiramento.

Em média, o reaproveitamento é da seguinte ordem:

Tábuas de 3. <sup>a</sup> , pontaltes de 8 x 8 cm e sarrafos de 10 x 2,5 cm, de pinho, para formas de concreto	3 vezes
Tábuas de peroba de 16 x 2,7 cm e estroncas de eucalipto de $\varnothing$ 16 cm, para escoramento de valas	7 vezes
Longarinas de peroba de 6 x 16 cm, para escoramento de valas	9 vezes

Para os serviços relativos a ancoragens, construção dos vários tipos de caixas de alvenaria, embasamento para caixas de parada, confecção de vigas de concreto e outros, cujo dimensionamento varia em função das condições locais, o caderno de encargos prevê apenas a composição para os elementos básicos desses serviços, como concreto, formas de madeira, ferro, alvenaria, etc. Em função das quantidades dos elementos básicos será feita a apuração do serviço executado.

O presente caderno de encargos abrangerá os serviços mais comuns existentes na execução de redes de água, sendo que os menos frequentes ou especiais deverão ser objeto de orçamentos próprios. Quando estes serviços compreenderem apenas mão-de-obra, poderão ser executados por hora, devendo para isso ser feito no contrato da obra a necessária reserva.

#### 1.3.5.5 Caderno de encargos referente aos serviços complementares

a)	Rompimento de pavimentação, incluindo remoção até 20 metros .....	por m <sup>2</sup>
—	Asfalto com base de pedra britada	
	Trabalhador .....	2,5 h
—	Paralelepípedo	
	Trabalhador .....	1,0 h
—	Passeio	
	Trabalhador .....	0,7 h
b)	Escoramento de madeira para valas .....	por m <sup>2</sup>
—	Escoramento contínuo comum, inclusive retirada posterior	
	Tábuas de 16 x 2,7 cm .....	6,25 ml
	Longarinas de 6 x 16 cm .....	1,10 ml
	Estroncas de $\varnothing$ 16 cm .....	1,00 ml
	Escorador .....	0,85 h
	Servente .....	0,85 h

—	Escoramento descontínuo, inclusive retirada posterior	
	Tábuas de 16 x 2,7 cm .....	8,15 ml
	Longarinas de 6 x 16 cm .....	1,10 ml
	Estroncas de $\varnothing$ 16 cm .....	1,00 ml
	Escorador .....	0,65 h
	Servente .....	0,65 h
c)	Ancoragem de caps com vigas de madeira ....	por ml
	Viga de 6 x 12 cm .....	1,00 ml
	Servente .....	0,30 h
d)	Escavação de terra para recobrimento acima de 1,50 m, inclusive aterro e remoção do excesso	por m <sup>3</sup>
	Trabalhador .....	3,00 h
	Caminhão .....	0,40 h
e)	Esgotamento de valas .....	por hora
—	Com bomba a motor	
	Depreciação e conservação da bomba ....	1,00 h
	Combustível .....	0,50 h
	Operador .....	1,00 h
	Ajudante .....	0,20 h
—	Com bomba manual	
	Depreciação e conservação da bomba ....	1,00 h
	Servente .....	1,40 h
f)	Concreto para lastros, ancoragens simples, etc.	
	Traço 1:4:8 — Aplicação incluída .....	por m <sup>2</sup>
	Cimento .....	211 kg
	Areia .....	0,58 m <sup>3</sup>
	Pedra .....	0,94 m <sup>3</sup>
	Servente .....	17,00 h
	Pedreiro .....	2,50 h

g) Concreto armado para vigas, lajes, etc.	
— Concreto no traço 1:3:4, inclusive aplicação	por m <sup>2</sup>
Cimento	315 kg
Areia	0,65 m <sup>3</sup>
Pedra	0,71 m <sup>3</sup>
Pedreiro	4,50 h
Servente	18,00 h
— Formas de madeira	por m <sup>2</sup>
Tábuas de 3. <sup>a</sup>	1,00 m
Pontalotes de 8 x 8 cm	3,00 ml
Sarrafos de 10 x 2,5 cm	1,00 ml
Pregos	0,2 kg
Carpinteiro	1,10 h
Ajudante	1,10 h
— Ferro redondo, cortado, amarrado e colocado	por kg
Ferro	1,05 kg
Arame fio 18	0,08 kg
Armador	0,11 h
Ajudante	0,11 h
h) Alvenaria de tijolos com argamassa de cimento e areia 1:3	
Tijolos de 23 x 12 x 6 cm	540 unid.
Argamassa 1:3	0,80 m <sup>3</sup>
Pedreiro	9,00 h
Servente	14,00 h
i) Revestimento com cimento e areia 1:3	
Argamassa de 1:3	0,025 m <sup>3</sup>
Pedreiro	0,55 h
Servente	0,80 h
j) Reposição de pavimentação	
— Asfalto com base de pedra britada	por m <sup>2</sup>
Pedra n.º 4	0,20 m <sup>3</sup>
Pedra n.º 3	0,030 m <sup>3</sup>

Pedra n.º 2	0,020 m <sup>3</sup>
Concreto asfáltico	0,090 t
Rolo compressor	1,00 m <sup>2</sup>
Pavimentador	2,00 h
Servente	5,30 h
— Paralelepípedo, admitindo o reaproveitamento	
Areia	0,15 m <sup>3</sup>
Calceteiro	1,70 h
Servente	2,50 h
— Passeio	
Cimento	21 kg
Areia	0,04 m <sup>3</sup>
Pedra	0,06 m <sup>3</sup>
Ripa	1,50 m
Pedreiro	1,20 h
Servente	2,20 h
l) Cadastro	
Cadastrista	0,09 h
Auxiliar	0,09 h
Desenhista	0,03 h

## 1.4 LOCAÇÃO DE CONDUTOS EM PLANTA E PERFIL

### 1.4.1 Apresentação de plantas de execução (e cadastro)

#### 1.4.1.1 Formato das folhas

A largura da planta deve ser  $\leq 980$  mm, tendo em vista a capacidade do arquivo. Quanto ao tamanho do comprimento, este depende da extensão do desenho.

#### 1.4.1.2 Papel vegetal

Recomenda-se que a planta deverá ser desenhada sobre papel vegetal resistente (90/120 gr) à tinta nanquim (preta) e suas agendas normografadas.

#### 1.4.1.3 Escalas

Para projetos e plantas cadastrais em planta, a escala adotada é de 1 : 2.000.

Para a planta de execução ou "croquis de execução" as escalas adotadas em perfil horizontal e vertical correspondentes são em geral:

Perfil H = 1 : 2.000

V = 1 : 200

Perfil H = 1 : 1.000

V = 1 : 100

Por conveniência, muitas vezes, adota-se outras escalas.

Para melhor elucidar sobre a apresentação da planta anexamos um "croquis de execução", da rede de distribuição (fig. 1), uma planta cadastral (fig. 2).

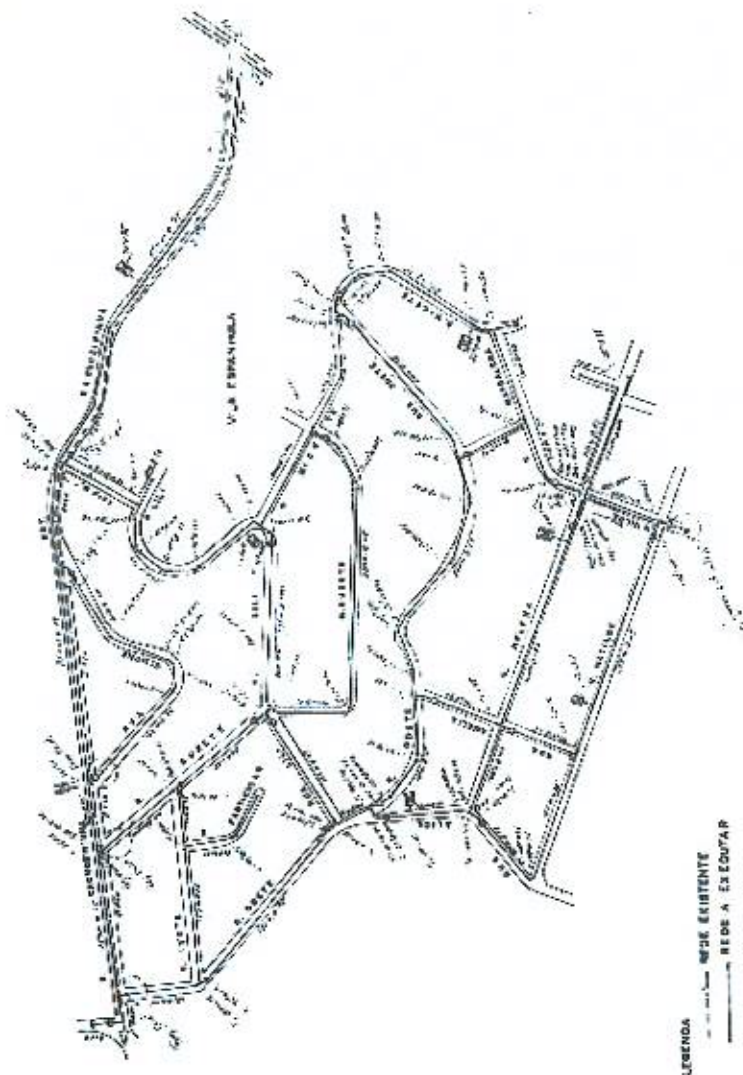
#### 1.4.2 Especificações para o cadastro

— Acompanhando, diariamente, a execução da tubulação, deverá ser elaborado o cadastro.

— O modelo do caderno adotado, assim como os elementos a serem discriminados deverão atender às normas que vêm sendo adotadas pela empresa.

— As folhas do caderno de cadastro deverão ser autenticadas, na forma a ser estabelecida pela Chefia do Serviço, no final do dia.

— O desenho do cadastro deverá ser elaborado pelo contratante na escala de 1:2.000 e rigorosamente ao mesmo ritmo da coleta dos dados nas cadernetas já referidas.



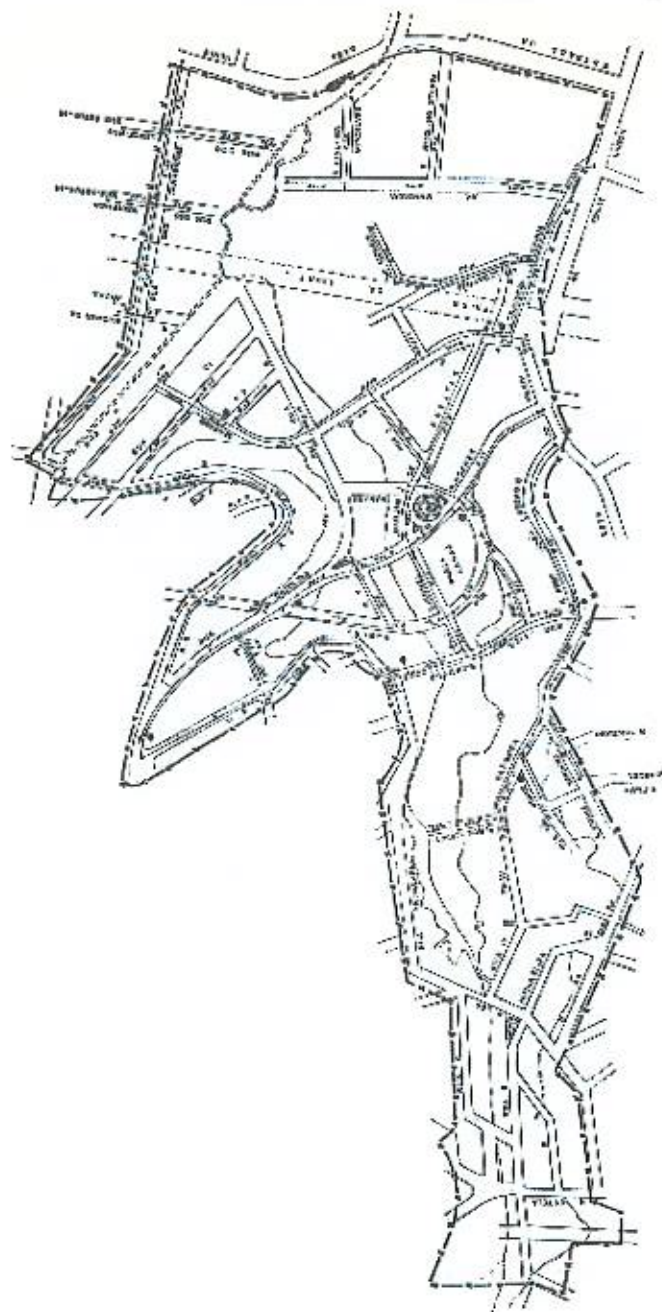


Fig. 2 — Planta Cadastral de uma rede de distribuição

— Além do desenho citado no item anterior, será organizado um índice (fichário) para o conhecimento imediato da localização das peças em relação às vias públicas.

— As anotações nas cadernetas deverão ser feitas mediante desenho ilustrativo dos elementos a serem cadastrados (croquis).

— Os elementos a serem cadastrados são, de modo geral: as tubulações com os respectivos diâmetros e toda e qualquer peça especial.

— Esses elementos serão localizados, em relação às vias públicas, mediante amarrações dos acidentes permanentes, de maneira que a qualquer momento a empresa possa reestabelecer a sua posição.

— As amarrações serão feitas mediante indicações das distâncias do centro da peça ao cruzamento dos alinhamentos dos prédios e outros pontos desses alinhamentos, formando, assim, triangulações.

— Na falta de pontos de referência bem determinados, a peça deverá ser amarrada a outros acidentes, a juízo da fiscalização.

— Os pontos de referência escolhidos não devem ultrapassar de 20 metros das respectivas peças.

— Além dessas amarrações deverá constar das anotações a profundidade das peças em relação ao nível do terreno.

#### 1.4.3 Locação de condutos em planta

##### a) Tubulação dupla (tubulação no passeio)

Será empregada tubulação dupla (uma em cada passeio) nos seguintes casos:

— quando a largura da rua for tal que resulte em conveniência econômica o emprego de tubulação dupla;

— nas ruas de tráfego intenso;

— nas ruas onde exista ou seja prevista pavimentação de concreto ou de outro tipo de difícil rompimento e recomposição;

— quando os regulamentos oficiais assim o exigirem.

Neste caso, a tubulação será localizada, sempre que possível, com o afastamento de 1 metro em relação ao alinhamento dos prédios.

Neste caso, a tubulação deve ser localizada a uma distância de pelo menos 1 metro da rede coletora de esgotos existentes ou do local previsto para a mesma e sempre em cota altimétrica superior (pelo menos 0,40 m).

b) *Tubulação no leito carroçável*

A tubulação a ser assentada no leito carroçável das ruas, deve ficar a uma distância de 1,20 m do meio-fio dos passeios.

Neste caso, a tubulação deve ser localizada a uma distância de pelo menos 1 metro da rede coletora de esgotos existente ou do local previsto para a mesma e sempre em cota altimétrica superior (pelo menos 0,50 m).

c) *Registros (válvulas de parada)*

Os registros quando assentes nas esquinas, devem ficar nos pontos que correspondam ao cruzamento da diretriz da tubulação com o prolongamento do alinhamento das casas.

d) *Hidrantes (válvulas de incêndio)*

Devem ser assentes no passeio, de preferência na esquina, e o tampão de saída deve distar de 20 a 30 cm do meio-fio.

#### 1.4.4 A profundidade da tubulação

A profundidade da tubulação deverá ser fixada no projeto, levando-se em conta as características do solo, da pavimentação, do tipo do tráfego superficial, do diâmetro e da natureza da tubulação.

No entanto, tratando-se de tubos de ferro fundido em terreno normal e de diâmetros até 600 mm, as seguintes profundidades, acima da geratriz superior da tubulação, podem ser adotadas:

a) *tubulação no passeio*

- mínimo de 30 cm (junta flexível e tomada flexível)
- mínimo de 50 cm (junta rígida ou tomada rígida)

b) *tubulação no leito carroçável*

- mínimo de 50 cm (junta flexível, tomada flexível e tráfego normal)
- mínimo de 70 cm (junta flexível, tomada flexível e tráfego pesado ou no caso de, junta rígida ou tomada rígida e tráfego normal)
- mínimo de 1 m (junta rígida ou tomada rígida e tráfego pesado)

#### OBSERVAÇÕES

Nunca esquecer da colocação conveniente de registros de parada, ventosas, descargas e ancoragens.

Quando se trata de um terreno plano, não esquecer de assentar a tubulação obrigando-a a formar um ponto alto para colocar a ventosa e um ponto baixo para colocar a descarga.

A título de esclarecimento quanto à locação das tubulações, anexamos um trecho do trabalho do Eng.º Camal A. S. Rameh sob título: "Problemas dos Serviços de Manutenção de Rede de Água".

#### 1.4.5 Problemas dos serviços de manutenção de redes de água

##### *Interdependência dos vários serviços de utilidade pública*

Os órgãos que administram os serviços de água, gás, energia, telefone, águas pluviais, para considerar apenas os que dizem respeito às cidades brasileiras, utilizam para seu decurso a via pública.

Essa utilização tem sido até agora desordenada e sem um critério geral que pudesse, pelo menos na maioria dos casos, evitar os inconvenientes da interferência de um sistema no outro.

São muitos, em verdade, os casos em que o serviço público a instalar-se primeiro na via, o fez de forma quase a impedir o aproveitamento da mesma pelos demais.

Esta situação caótica acaba por prejudicar a todos os órgãos interessados e principalmente aos próprios usuários dos serviços.

Em São Paulo, várias tentativas já foram efetuadas, visando regulamentar de vez o problema, com a adoção de normas rígidas fixando um plano de distribuição de dutos, sob o passeio e pistas, em função da largura de ambos. Reproduzimos, em separado, a tabela que traduz esse plano de utilização.

Entretanto, até o momento, não foi posta em prática nenhuma regulamentação. As dificuldades, para o estabelecimento de acordo entre os vários órgãos interessados, residem no fato de existirem em funcionamento os diversos sistemas.

Todavia, ao abordar mais uma vez o problema, não nos norteia o desejo de vê-lo regulamentado rígida e imutavelmente.

Mas estamos convencidos de que o estabelecimento de certas normas, a par de um plano diretor e planejamento múltiplo, fará com que todos sejam beneficiados.

Urge, pois, delimitar faixas na via pública, passeio e pistas, cuja utilização seja prioritária para determinado serviço público.

Com isso queremos sejam estabelecidas normas gerais, podendo ser mudadas em casos particulares, tendo em vista um ou outro fato preponderante.

Como idéia inicial a ser discutida entre os vários órgãos, propomos as seguintes faixas para cada duas finalidades de utilização (ver desenho em anexo).

Os órgãos contemplados na mesma faixa harmonizariam seus planos e projetos para melhor aproveitamento do terreno.

Essa divisão proposta pode evidentemente ser alterada quando a largura de ruas ou a declividade do terreno o exigirem, mas o fundamental é evitar que um serviço dificulte ou mesmo elimine de vez a possibilidade do aproveitamento da via para os restantes.

O que nos propomos é evitar casos como:

- caixas de inspeção tomando todo o passeio e, às vezes, toda a rua;
- tubulações de grande diâmetro em passeios estreitos;
- ancoragens gigantescas que poderiam ser evitadas com a adoção de outra concepção estrutural para as mesmas;
- várias tubulações (adutoras) de grande diâmetro na mesma via;
- proximidade excessiva entre a rede de água e a de esgoto, com maior probabilidade de contaminação da água ou danos para a rede coletora de esgoto;
- proximidade excessiva entre tubulações metálicas e cabos de alta tensão, de modo a provocar correntes induzidas;
- pavimentação de ruas com o cobrimento de tampos de inspeções ou manobras.

Nos aspectos apontados, merecem destaque para os serviços de abastecimento de água os seguintes tópicos:

#### 1.4.5.1 Interferência da rede de água com a de esgoto, importando em perigo à saúde pública

Vejamos como todos os fatores concorrem para possibilitar a contaminação da rede de água pela de esgoto, quando ambas forem localizadas numa mesma vala de construção.

Exemplifiquemos com o seguinte caso:

Já existindo rede de água, como é o caso geral, constrói-se então a rede de esgoto ao longo da primeira.

Durante a construção do esgoto, a rede de água fica suspensa, e o aterro da vala, mesmo bem executado, provoca, com o tempo, o recalque da tubulação de água e o conseqüente vazamento. Esses vazamentos, por seu turno, podem provocar rupturas nas tubulações de esgoto.

Assim, na próxima manobra da rede local pode-se provocar sucção na rede de água com a inevitável penetração de esgoto na tubulação de água.

Vemos, pois, que para ocorrer a penetração de esgoto na rede de água são necessários vários fatores simultâneos, cuja incidência é mais acentuada ao interferirem as duas redes numa distância de quilômetros.

Esse perigo potencial é o melhor argumento para a adoção de critérios que dificultem a situação acima abordada.

#### 1.4.5.2 Adoção de ancoragens para peças especiais de rede de água

É desaconselhável, nas cidades, a utilização de ancoragens simplesmente de peso ou daquelas que utilizam a resistência lateral do terreno.

As ancoragens de peso conduzem, via de regra, a dimensões exageradas, incorrendo na falha de utilizar grande área da via pública para os demais serviços públicos.

As que são dimensionadas contando com a resistência lateral do terreno, apresentam o inconveniente de, no ensejo de escavação nas cercanias das mesmas, entrar em colapso por ser elidida aquela resistência.

É aconselhável a adoção de tipo estrutural que provoque o engastamento no solo ou soluções com tirantes.

O principal, entretanto, é a escolha do caminhamento das tubulações principais (adutora, subadutora) com o fito de evitar curva em baixadas, nas proximidades de cursos de água, situações em que, além de maiores pressões, nos defrontamos com terrenos de baixa consistência.

#### 1.4.5.3 Dificuldade na manobra de registros

Tal dificuldade é motivada pela rapidez com que a tampa de registro é encoberta pela terra ou pavimentação, quando do calçamento da rua.

Para contorná-la, além dos serviços de cadastro da rede (sempre atualizado), há necessidade de colaboração de outros órgãos públicos e de firmas empreiteiras na preservação da aparência das tampas de registro.

O esboço acima feito tem a finalidade de orientar os serviços de abastecimento de água de forma conjunta com os demais serviços de utilidade pública.

Requer-se, em nossa opinião, um órgão coordenador dos serviços de utilidade pública, principalmente nos grandes centros urbanos.

A esse órgão, com representação de todos os interessados, competiria a adoção de normas de utilização das vias, além de lhe ser afeto o regular, de modo conjunto, a expansão dos vários serviços públicos.

Com o planejamento global da expansão e a melhoria de todos os serviços públicos, evitar-se-ia o esburacar constante de uma via, ora pelos serviços de água ora pelos demais serviços.

Essa coordenação geral reuniria esforços e preservaria, em condições tecnicamente recomendáveis, a atuação de todos os órgãos, com a conseqüente melhoria dos serviços, de um modo geral, e redução dos gastos operacionais em benefício da coletividade.

## 1.5 VALA

### 1.5.1 Largura e profundidade da vala

Nas canalizações circulares, a largura da vala é função, principalmente de:

- profundidade da vala;
- diâmetro da tubulação;
- material da tubulação;
- natureza do terreno;
- possibilidade de executar os serviços necessários na vala.

No entanto, para tubos circulares de diâmetros inferiores a 600 mm, nos terrenos normais, o seguinte critério pode ser adotado:

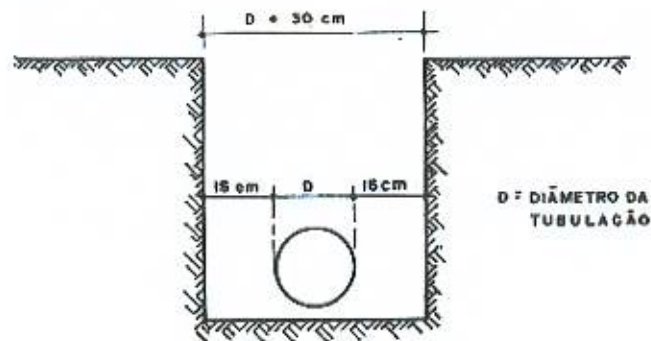


Fig. 3

#### OBSERVAÇÕES

A largura da vala nunca deve ser inferior a 60 cm.

Quando se trata de juntas de chumbo, nos locais de junta, a largura da vala deve ser maior (cachimbo) para que o chumbador possa executar bem a chumbagem, principalmente o rebatimento.

A profundidade da vala é função, principalmente de:

- posição da tubulação em relação à "linha de carga";
- características do solo;
- pavimentação;
- tipo do tráfego superficial;
- diâmetro da tubulação;
- natureza do material da tubulação.

No entanto, para tubos circulares de diâmetro inferiores a 600 mm, nos terrenos normais, o seguinte critério pode ser adotado:

- $p \geq 30$  cm (junta flexível e tomada flexível e no passeio).
- $p \geq 50$  cm (junta ou tomada rígida no passeio; junta e tomada flexíveis no leito carroçável de tráfego leve).
- $p \geq 70$  cm (junta e tomada flexíveis e tráfego pesado; junta ou tomada rígida e tráfego leve).
- $p \geq 1$  m (junta ou tomada rígida e tráfego pesado).

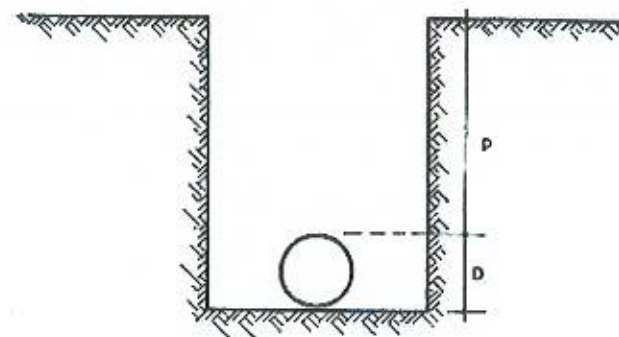


Fig. 4

#### OBSERVAÇÃO

Quando se trata de tubos de diâmetros maiores, de aço e de concreto armado, a profundidade da vala deve ser pré-determinada a fim de entrar no cálculo da espessura da parede do tubo.

#### 1.5.2 Escavação manual e mecânica

Na abertura de vala, dois processos podem ser utilizados:

- escavação manual;
- escavação mecânica.

#### a) *Escavação manual*

Ainda é o mais empregado entre nós, onde a força propulsora é a musculatura humana, tendo em vista, principalmente, os seguintes fatores:

- mão-de-obra barata;
- maioria dos solos admitem escavação manual;
- no passeio, escavação mecânica é quase impossível;
- na maioria das ruas já existem melhoramentos, tais como galerias de águas pluviais, gás, cabos telefônicos, cabos de força, etc.

As ferramentas mais utilizadas são:

- picareta (cabeça-parte pontiaguda e corte);
- alvião (é uma picareta em que a parte do corte foi substituída por uma enxada);
- chibanca (é um alvião em que a parte pontiaguda foi substituída por um machado);
- pá de bico e pá quadrada;
- enxada;
- enxadão;
- balde.

Na escavação manual existem dois tipos em relação à retirada do material escavado para fora da vala:

— *simples tiro* — corresponde a uma escavação de profundidade até 1,50 m. O operário entra na vala e vai atirando a terra com pá, só em um dos lados;

— *tiro múltiplo* — exige um escalonamento da escavação. Escava-se até a profundidade de 1,50 m e a terra é retirada e colocada ao lado da vala. A cada novo lance de 1,50 m corresponde uma plataforma auxiliar para a elevação do material escavado.

#### b) *Escavação mecânica*

A escavação mecânica só é justificável em:

- obras de certo vulto;
- terreno desimpedido que permita o desenvolvimento do serviço compatível com o elevado custo inicial de aquisição das máquinas.

Os equipamentos freqüentemente utilizados para valas são as escavadeiras e as valetadeiras. Estes equipamentos possibilitam grande rendimento e mobilidade, a baixo custo, quando o terreno for desimpedido, que permite o desenvolvimento do serviço com a eficiência desejada para os mesmos.

A grande desvantagem da escavação mecânica, repetimos, se encontra nos locais de trabalho onde já existem outros melhoramentos e nos passeios.

Podemos dizer que existem dois tipos de equipamentos:

- escavadeiras;
- valetadeiras.

#### *Escavadeiras*

As escavadeiras podem ser montadas sobre rodas pneumáticas ou sobre lagartas. O emprego de uma ou outra depende da resistência do solo e das condições de mobilidade desejada.

As escavadeiras podem ser equipadas com "dragline", "cranshell" e "retro-shovel" — retroescavadeira.

Um fator importante na escolha de uma escavadeira é a determinação prévia da capacidade da caçamba que dependerá, principalmente, dos seguintes fatores:

- material a escavar;
- condições de trabalho;
- tempo de conclusão da obra;
- dimensões da frente de ataque.

A produção de uma escavadeira depende de:

- material a escavar;
- ângulo de giro;
- profundidade do corte.

O rendimento de uma escavadeira expresso em m<sup>3</sup>/h é dado pela fórmula:

$$R = \frac{3\ 600 \times Q \times f \times E \times K}{T}, \text{ onde}$$

Q, é a capacidade da caçamba em m<sup>3</sup> (valor catalogado);

f, é o fator de conversão do solo (tabelado);

E, fator de eficiência da escavadeira (média 80%);

K, fator de eficiência da caçamba (tabelado);

T, tempo de uma operação completa da escavadeira em segundos (medir na obra).

#### OBSERVAÇÕES

Recomendamos a leitura do livro "Terraplanagem Mecanizada" do autor — Eng.º Cândido do Rego Chaves.

A escolha da escavadeira deve ser feita consultando os fornecedores especializados.

Hoje existem escavadeiras que têm 8,30 m de alcance dentro do solo e 14,30 m de alcance horizontal.

#### Valetadeiras

As valetadeiras podem ser montadas sobre rodas pneumáticas ou sobre lagartas.

Deixam em geral o material escavado ao lado da vala.

Sua produção é contínua, pois ao mesmo tempo que escava, se movimenta.

#### OBSERVAÇÕES

A escolha da valetadeira deve ser feita consultando os fornecedores especializados.

Hoje existem valetadeiras que executam os seguintes serviços:

- 3 m de largura por 3,90 m de profundidade;
- 1,90 m de largura por 1,50 m de profundidade, com velocidade de operação de 3 m por minuto;
- 0,60 m de largura por 1,80 m de profundidade, com velocidade de operação de 8 m por minuto.

#### c) Escavação sob estrada de ferro

A escavação sob estrada de ferro deve ser executada com a permissão prévia, no dia e hora marcados e com a presença de um fiscal da estrada. O tipo de escavação deve ser executado de acordo com a orientação técnica a ser dada pela estrada de ferro.

A travessia da tubulação sob as linhas férreas pode ser executada de duas maneiras:

- a céu aberto;
- em túnel subterrâneo:
  - escoramento normal;
  - cravando-se a tubulação.

#### OBSERVAÇÕES

Para melhor esclarecimento da travessia a céu aberto, anexamos uma planta (fig. 5).

No caso em túnel subterrâneo é absolutamente necessário colocar a tubulação condutora de água dentro de outra tubulação protetora de diâmetro maior, que permite qualquer reparação futura.

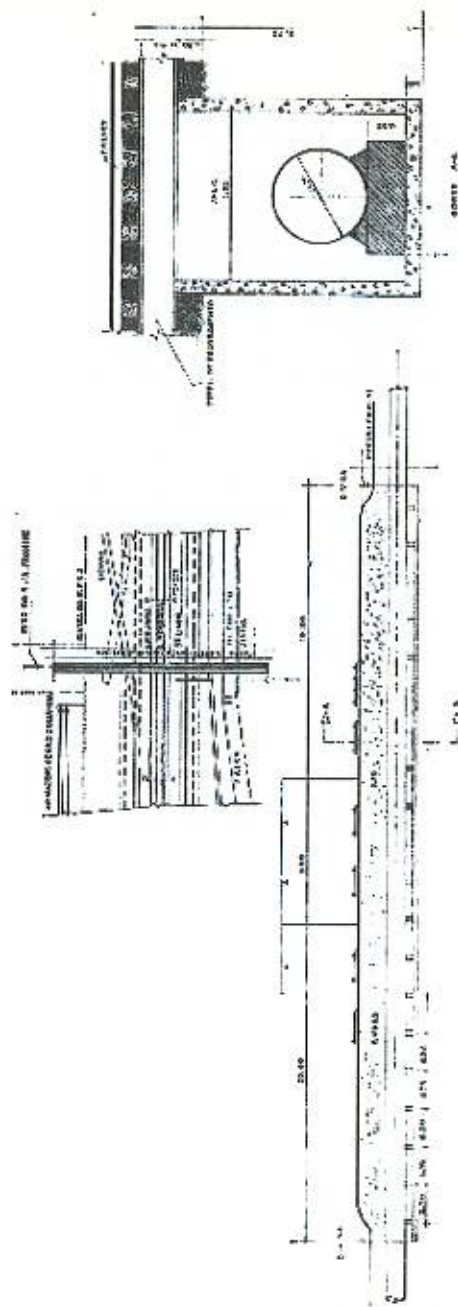


Fig. 5 — Anteprojecto da travessia de uma subentutora sob estrada de ferro

### 1.5.3 Classificação do material

Várias classificações são dadas aos materiais a escavar. Há dois critérios para a classificação do material que será escavado:

- critérios adotados por cada um dos órgãos governamentais tendo em vista o grau das dificuldades na escavação;
- análise dos solos através de sondagens de reconhecimento para determinação dos perfis e classificação pelas normas da ABNT.

*Exemplo* — O Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo adota a seguinte classificação:

Terra solta, areia média ou grossa, argila vermelha de espigão, argila vermelha de encosta, argila amarela, argila branca, turfa, areia fina seca (material de fácil escavação).

Piçarra, taguá, terra compacta, areia com predominância de pedregulhos, pedregulho, aterro compacto, barro, lama, areia fina molhada (material de difícil escavação).

Pedra ferro, arenito e aterro de lixo (escavação mais difícil).

O Departamento de Saneamento da Guanabara adota a seguinte classificação:

Solos (argilas, areias, silte, solos com matéria orgânica, etc.).

Moledo ou rocha decomposta.

Rocha viva.

### OBSERVAÇÃO

Em qualquer tipo de material a ser escavado, pode ser utilizada a escavação manual ou mecânica com equipamentos apropriados já citados e com o acréscimo de marteletes, perfuratrizes e espoleta.

#### 1.5.4 Tipos de valas

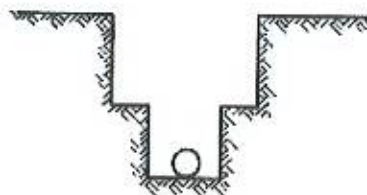
Valas podem ser classificadas:

a) *quanto à forma:*

— com parede vertical de



DE UM ÚNICO LANCE



DE DOIS OU MAIS LANCES



COM TALUDE INCLINADO

Fig. 8

b) *quanto ao escoramento:*

- vala escorada;
- vala não escorada.

#### OBSERVAÇÃO

A escolha do tipo de vala a ser executada depende de:

- natureza do terreno;
- natureza do serviço;
- processo de escavação;
- profundidade;
- principalmente, segurança dos trabalhadores.

#### 1.5.5 Reposição de terra

O reaterro é um fator muito importante na construção de condutos. Pois, boa ou má reposição de terra tem influência direta:

- na qualidade da reposição da pavimentação;
- na segurança do conduto.

a) *Compactação*

Para tal finalidade, o reaterro deve ser feito com compactação conveniente.

A compactação pode ser:

- manual;
- mecânica.

#### *Compactação manual*

Na compactação manual utiliza-se o socador ou maço, que conforme o peso pode ser manejado por um ou dois homens. É constituído de madeira, concreto ou ferro. Este último é preferível. O uso do maço fornece compactação por impacto. O peso do maço é muito variável.

### Compactação mecânica

Na compactação mecânica utiliza-se o equipamento de:

- impacto (empregam-se os soquetes mecânicos comumente chamados de "sapos mecânicos". Muito útil no caso de fazer a compactação de valas);
- vibração (emprega-se este equipamento para solos sem coesão, como os de areia);
- pressão (empregam-se os rolos compressores).

### OBSERVAÇÃO

No caso de solos arenosos, obtém-se uma excelente compactação utilizando-se um reaterro hidráulico. No entanto, o reaterro hidráulico não deve ser utilizado para solos de granulometria muito fina, como no caso de argila.

#### b) Cuidados a serem tomados para garantir a segurança da tubulação

Completado o assentamento da tubulação, esta deve ser logo que possível coberta com terra.

Para garantir a segurança da tubulação, o reaterro deve ser feito em três fases distintas:

Colocar o material escolhido, sem pedras ou outros materiais que possam atacar a tubulação, aplicando-o convenientemente para formar o berço até a metade da tubulação. Em seguida, coloca-se o material escolhido até à geratriz superior do tubo, compactando-o lateralmente.

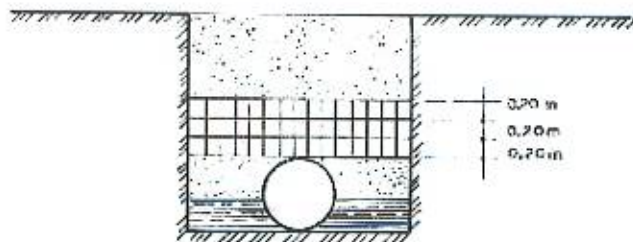


Fig. 7

Colocar em seguida, 0,20 m de material escolhido, compactando-o lateralmente e em seguida, mais 0,20 m de material com compactação lateral e mais 0,20 m de material com compactação lateral e central.

Colocar a camada final até a cota desejada, fazendo-se a compactação desejada.

### OBSERVAÇÕES

É conveniente fazer a compactação de tal forma que a vala reaterrada tenha a mesma consistência anterior à abertura da vala.

Dependendo da natureza do terreno, a tubulação pode ser assente:

- diretamente no fundo da vala (terreno firme);
- sobre o fundo preparado com materiais convenientes, por exemplo, colchão de areia;
- sobre o berço contínuo — sem estacadas; com estacas;
- sobre o berço descontínuo — sem estacadas; com estacas.

## 1.6 ESCORAMENTO. SEGURANÇA DOS TRABALHADORES E DOS EDIFÍCIOS. TIPOS DE ESCORAMENTO

### 1.6.1 Escoramento. Segurança dos trabalhadores e dos edifícios

Escorar é todo e qualquer processo que se destina a manter alguma coisa na posição desejada, quando esta não se pode manter sozinha, pelo tempo que necessitamos.

É um dos mais importantes problemas de construção, tendo em vista os seguintes fatos:

o escoramento é o fator de segurança para os trabalhadores e em muitos casos, o escoramento, é o fator de segurança de estabilidade dos edifícios, pontes, árvores, tubulações já existentes, etc.

#### OBSERVAÇÃO

O escoramento exerce sobre os trabalhadores uma influência muito grande sob dois aspectos:

- o fator físico da segurança;
- o fator psicológico de segurança.

Quando se trata de uma vala muito profunda, mesmo que o terreno seja firme e sem perigo de desmoronamento, a existência de escoramento produz no espírito do trabalhador uma sensação de segurança. Este efeito psicológico tem como consequência o acréscimo de rendimento no serviço e no caso contrário, haverá decréscimo sensível no rendimento.

O emprego do escoramento depende de:

- profundidade da vala;
- tipo de solo;
- água de infiltração;
- intervalo de tempo durante o qual a vala fica aberta;
- peso da terra colocada ao lado;
- existência de prédios, postes etc. na vizinhança;
- vibração e pesos adicionais produzidos por veículos que passam na vizinhança.

Tendo em vista um estudo cuidadoso desses fatores e, quando existe a possibilidade de desmoronamento da vala, ela deve ser escorada.

O escoramento consiste em proteger as paredes verticais da vala contra possíveis desmoronamentos. Esta possibilidade de desmoronamentos poderia ser anulada com o talude inclinado, em vez de utilizar o escoramento.

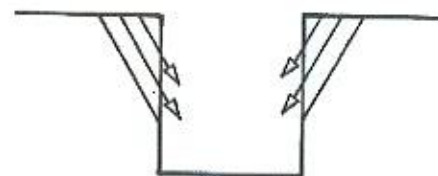


Fig. 8

A escolha de escoramento ou do talude inclinado, depende dos seguintes fatores:

- natureza do terreno que possibilita a execução do talude e torna a vala segura;
- qual dos métodos é o mais econômico.

O fator econômico dará a decisão final.

#### OBSERVAÇÃO

Mesmo no terreno firme, a vala sendo profunda é obrigatório o escoramento.

#### 1.6.2 Tipos de escoramento

##### a) Tipos de escoramento quanto ao material

Existem dois tipos:

- madeira;
- metálico.

Entre nós é comum o escoramento de madeira. São cravadas tábuas (de pinho ou de peroba), com 16 cm de largura e 2,7 cm de espessura) nos dois lados. Para fixação destas tábuas são empregados filas de longarinas de seção 6 cm x 16 cm (peroba). Para manter longarinas (vigas) na posição desejada são colocadas estroncas (comumente de eucalipto de

Ø 16 cm). Para se evitar que as longarinas se desloquem verticalmente, é normal a colocação de calços chamados chapuz.

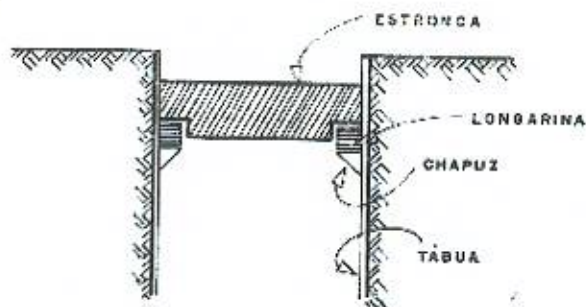


Fig. 9

#### OBSERVAÇÃO

Em valas muito profundas pode-se fazer um escoramento duplo ou triplo, etc.

b) *Tipos de escoramento quanto ao espaçamento entre tábuas*

Existem dois tipos:

- descontinuo;
- contínuo.

O *escoramento descontinuo* — é aquele que não cobre toda superfície lateral da vala.

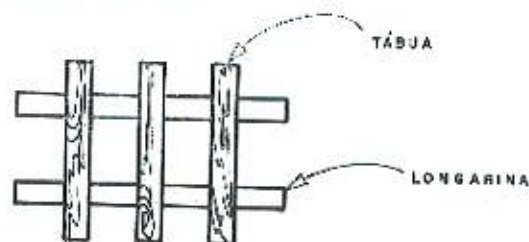


Fig. 10

O *escoramento contínuo* — é aquele que cobre toda a superfície lateral da vala.

Pode ser:

- de encaixe, tipo macho e fêmea;
- sem encaixe ou apenas tábuas justapostas.

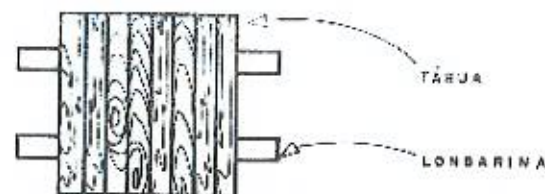


Fig. 11

#### OBSERVAÇÕES

A escolha do tipo de escoramento depende da natureza do solo, da profundidade da vala e dos fatores exteriores sobre a vala.

Tratando-se de escoramento contínuo, é importante que as estacas ou tábuas ou ensecadeiras penetrem pelo menos 0,30 m abaixo da cota do "grade" desejado, assim evitando a saída do material por baixo do escoramento.

Existem vários tipos de longarinas e estroncas (madeiras, metálicas de várias modalidades).

Existem várias maneiras e equipamentos para a cravação das tábuas ou estacas.

A título de ilustração, anexamos "croquis" de escoramentos (figs. 12, 13, 14 e 15).

O escoramento só pode ser retirado juntamente com a operação de reaterro.

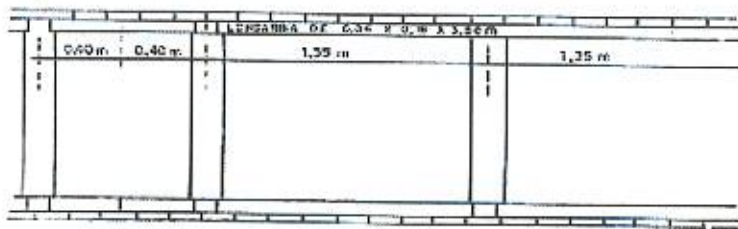
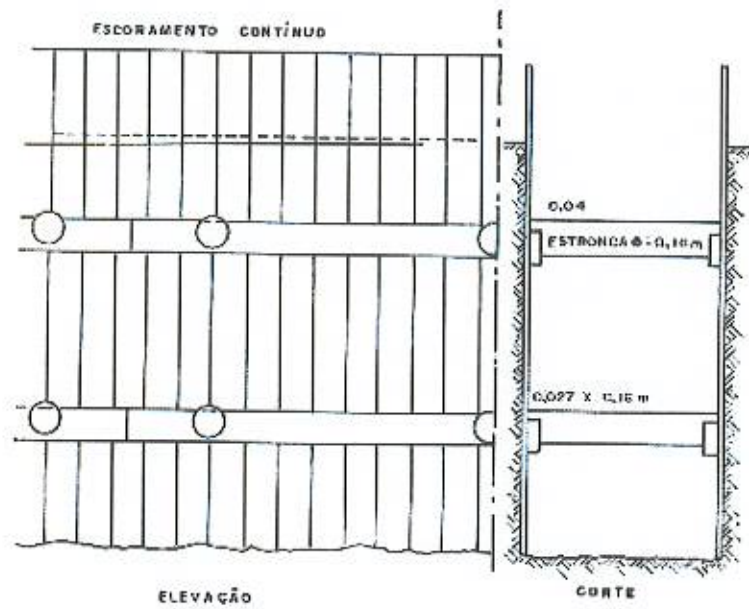


Fig. 12

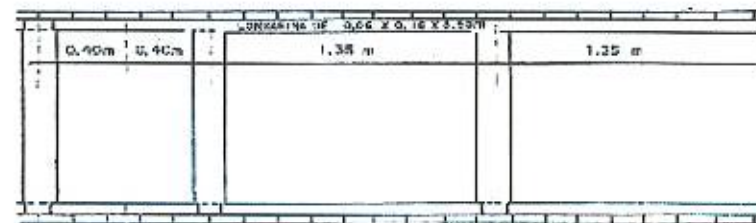
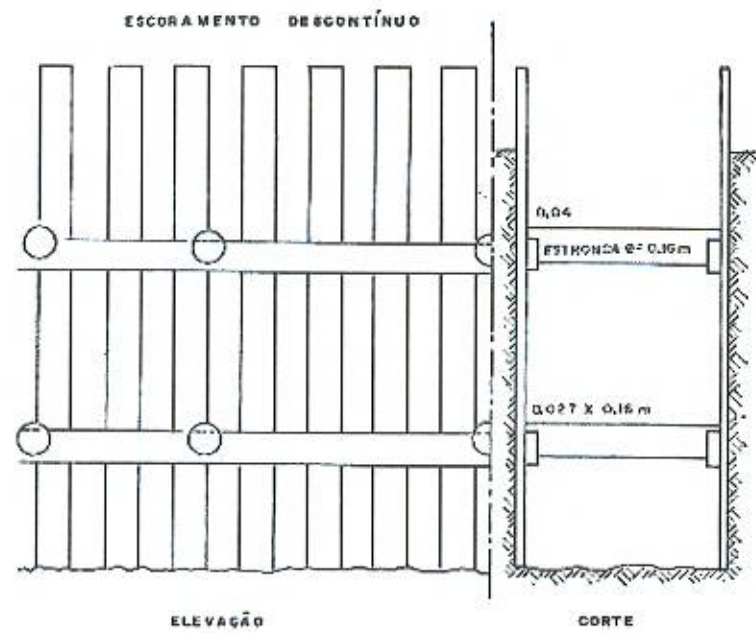


Fig. 13

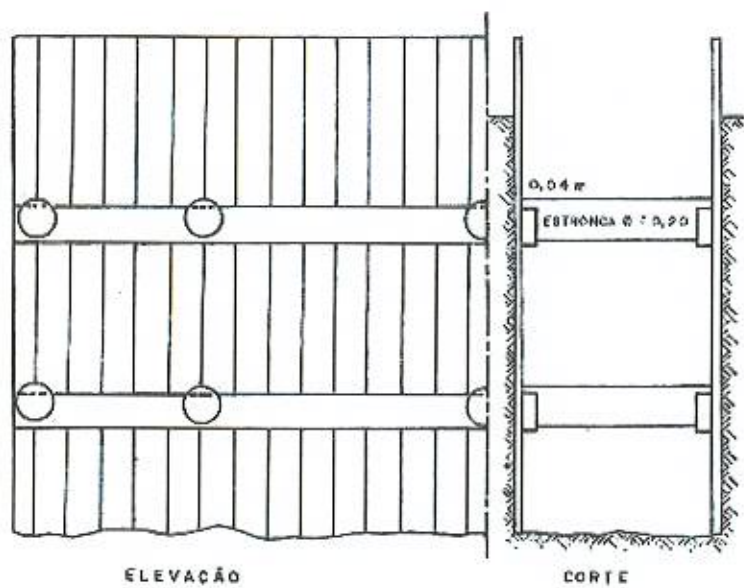


Fig. 14

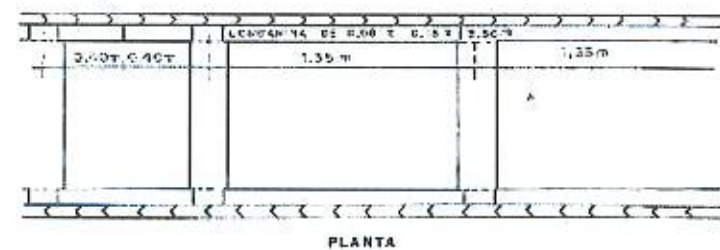
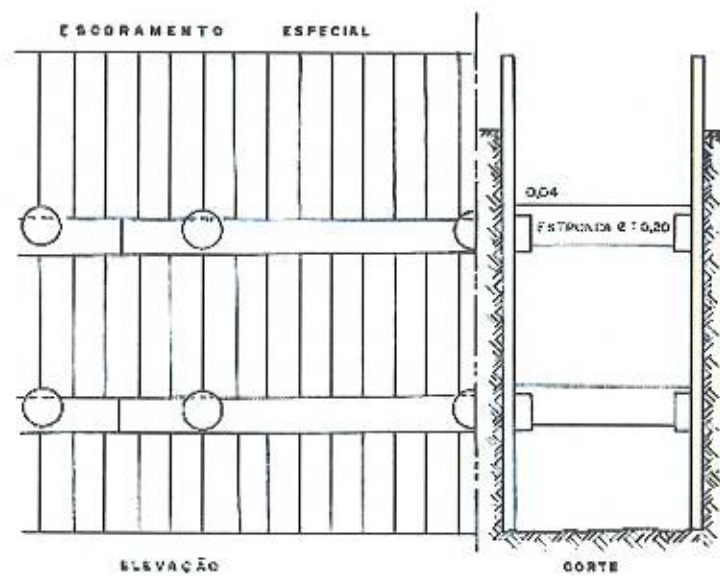


Fig. 15

## 1.7 ESGOTAMENTO E DRENAGEM DAS VALAS

A água encontrada em valas, quanto à sua origem, pode ser:

- de chuva;
- de vazamento de outras canalizações;
- de lençol freático.

Qualquer que seja a origem, a vala deve ficar isenta de água, pelo menos durante o assentamento e reaterro da vala, tendo em vista que sua presença:

- dificulta os trabalhos de assentamento;
- impossibilita fazer a junta de chumbo a quente;
- impede a confecção de juntas perfeitas;
- em muitos casos, o empuxo d'água tende a flutuar os tubos.

### a) *Água de chuva*

A água de chuva não apresenta muito problema, uma vez esgotada deixará a vala seca.

Quando o volume de água for pequeno, o esgotamento d'água por meio de balde resolve o caso.

Quando o volume de água for grande, o esgotamento será feito através de bombas.

### b) *Água de vazamento de outras canalizações*

A primeira providência a tomar é acabar com o vazamento. Se for impossível esta medida, o esgotamento se fará com baldes ou com bombas. Neste último caso, é interessante fazer pequeno canal ao longo da vala e no ponto mais baixo, um pequeno poço de sucção.

### c) *Água de lençol freático*

Este caso é que dá maior trabalho.

A solução consiste numa das seguintes, dependendo da natureza do assentamento e da vazão de água de infiltração:

*Vazão relativamente pequena* — construir uma pequena canaleta e um pequeno poço de sucção no ponto ou nos pontos convenientes e retirar a água com bomba.

*Vazão relativamente grande* — construir uma canaleta em um ou nos dois lados do leito da vala, para coletar a água e transportá-la aos pontos baixos onde existem poços de sucção, e daí será bombeada. Se for o caso, pode-se fazer um lastro de brita número 2 ou 3 como mostra o seguinte esquema:

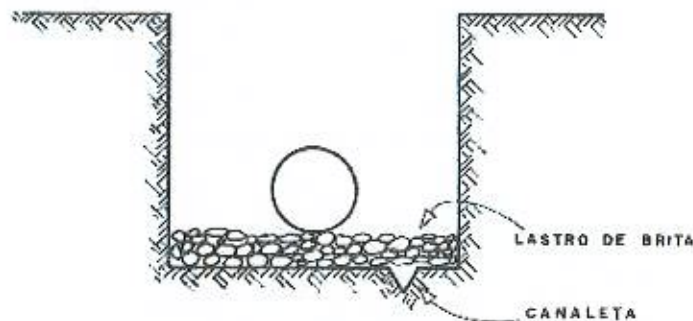


Fig. 16

### *Caso excepcional com rebaixamento do lençol freático*

Neste caso deve-se utilizar as técnicas de rebaixamento do lençol freático com um sistema de ponteiros filtrantes. No caso, devemos tomar cuidados especiais para garantir a segurança da vala a ser comprometida por recalques diferenciais.

### *Drenagem permanente*

No caso de terreno muito permeável, se o lençol d'água estiver muito próximo da superfície do terreno é necessário estabelecer uma drenagem permanente. (Quase nunca quando se trata de condutos forçados de água e mais frequente quando se trata de coletora de esgotos).

A técnica empregada é a de drenagem comum. O esquema seguinte esclarece o caso:

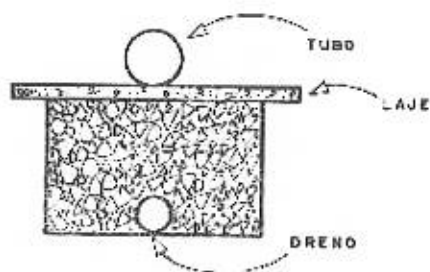


Fig. 17

d) *Equipamentos utilizados para esgotamento*

- balde;
- bomba tipo "sapo":
  - manual;
  - acionada por um motor a explosão;
- bomba centrífuga:
  - acionada por um motor a gasolina;
  - acionada por um motor elétrico.

**OBSERVAÇÃO**

Tratando-se de água de esgotamento, a bomba tipo "sapo" é muito aconselhável para pequenas vazões.

Tratando-se de utilizar a bomba centrífuga é aconselhável a de rotor aberto.

Tratando-se de água de esgotamento, é aconselhável sempre utilizar a bomba auto-escorvada ou "bomba d'água suja".

e) *Observação geral*

Sempre que houver esgotamento, devemos estar atentos a um fator preponderante, que é o solapamento das bases da vala, com o posterior desmoronamento do talude.

**1.8 SEGURANÇA DOS PEDESTRES, TRABALHADORES E VEÍCULOS. DESVIO DO TRÂNSITO E SINALIZAÇÃO**

É óbvio que em qualquer natureza de serviços a serem executados nas vias públicas, o órgão executor deve garantir a segurança dos pedestres, trabalhadores e veículos. Para atingir tal objetivo são necessários:

- espírito de compreensão e cooperação entre os órgãos executores, trabalhadores e usuários de vias públicas;
- desvio do trânsito, se for necessário;
- sinalização adequada.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1 — ARMCO Industrial e Comercial S/A Rio de Janeiro — *Manual de Hidrotécnica* — Rio de Janeiro, 1943.
- 2 — ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas — *Normas s.d.*
- 3 — DELLA NINA, E. — *Construção de redes urbanas de esgotos* — Rio de Janeiro, 1968.
- 4 — GARCEZ, L. N. & MARTINS, J. A. — *Construção de condutas forçadas. Construção de canalizações de esgotos e de águas pluviais.* In: GARCEZ, L. N. — *Construções hidráulicas.* São Paulo, Edgard Blücher, 1962, v. 2, p. 277-354.
- 5 — LEIFERTH, H. — *Assentamento, sob regime de empreitada, de redes para distribuição de água potável.* Trabalho apresentado no *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*, 5.ª. Recife, 1969.
- 6 — MARTINS, J. A. — *Canalizações de água: materiais, condições hidráulicas e sanitárias. Construção e proteção.* In: *Curso por correspondência sobre técnica de abastecimento e tratamento de água.* São Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública, s.d.
- 7 — MISAWA, T. & LEIFERTH, H. — *Normas, especificações e cadernos de encargos para assentamento de redes de distribuição de água.* Trabalho apresentado no *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*, 2.ª. Porto Alegre.
- 8 — MORAND, E. — *Texto base de norma a ser apresentado ao convênio ABNT-CEDAG. Assentamento de tubos de ferro fundido.* Trabalho apresentado no *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*, 5.ª. Recife, 1969.

- 9 — RAMEH, C. A. S. — Problemas dos serviços de manutenção de rede de água. Trabalho apresentado no *Simpósio de Engenharia Sanitária*, 1.º, São Paulo.
- 10 — ROSA, F. A. — Coordenação de obras situadas nas vias públicas urbanas: experiência realizada em São Paulo. Trabalho apresentado no *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*, 4.º, Brasília, 1966.
- 11 — REIS, E. G. — Tubulações de concreto protendido. Trabalho apresentado no *Simpósio de Engenharia Sanitária*, 1.º, São Paulo.
- 12 — SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Esgotos. *Arquivos* s.d.
- 13 — TUBOS "BRASILIT" S/A São Paulo — *Catálogos*.
- 14 — YASSUDA, E. R. & MARTINS, J. A. — *Abastecimento de água e sistemas de esgotos*. São Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública, s.d.

## Capítulo 2

### ASSENTAMENTO DAS TUBULAÇÕES DADOS SOBRE ASSENTAMENTO DE TUBULAÇÕES DE ÁGUA POTÁVEL

Eng.º ELYSIO AMÉRICO MOREIRA DA FONSECA (\*)

#### 2.1 SERVIÇOS PRELIMINARES

Uma vez executado um projeto, compete ao órgão executor proceder a uma vistoria preliminar ao longo do caminhamento de tubulação para verificação imediata dos problemas que encontrará quanto ao tipo de pavimentação e trânsito, podendo solicitar uma alteração do caminhamento por logradouros de menos movimento.

Uma vez escolhido o caminhamento, deve procurar levantar o cadastro das ruas a serem escavadas, junto às companhias de serviços públicos que utilizam o subsolo (galerias de luz, força, telefone, tubulações de gás, água potável, água pluvial e esgotos) para que, quando da locação da vala, não se utilize uma faixa já previamente ocupada.

##### 2.1.1 Escavação

Locada a vala, pode-se escolher qual a forma de escavação adequada. Em locais de pouca utilização do subsolo, havendo possibilidade, deve-se abrir a vala por intermédio de equipamento especial. Existem vários tipos de valetadeiras que

(\*) Engenheiro da Companhia Estadual de Águas da Guanabara.

dão um rendimento excepcional na escavação. No caso de tubulações de grande diâmetro, é praticamente imprescindível o uso de escavadeiras na abertura da vala.

Em locais de subsolo congestionado é mais prático utilizar-se a escavação manual, que reduz o risco de afetar uma das tubulações existentes.

### 2.1.2 Escoramento e largura da vala

As valas de profundidade superior a 1,20 m, devem sempre ser escoradas, pois é muito difícil aquilatar-se, na obra, a resistência do terreno. No caso de valas inferiores a 1,20 m, se não for um terreno muito fraco, não há necessidade de escoramento.

A vala deve ser, pelo menos, 30 cm mais larga que o diâmetro externo do tubo, para permitir o seu manejo. No caso de juntas chumbadas é necessário que se abra uma escavação maior, a que chamamos "cachimbo", para permitir a execução da junta. Neste caso deve haver alargamento e rebaixo, de pelo menos 40 cm, para dar possibilidade ao rebatedor de executar seu serviço.

O cachimbo deve ser aberto, quando da escavação da vala, de vez que a posição das juntas é conhecida.

Nos casos em que há necessidade de escoramento, a largura da vala deve ser ampliada, a fim de permitir a instalação do madeirame. Utilizam-se diversos tipos de escoramento, que podem ou não ser contínuos, dependendo do terreno, sendo os mais usuais os de tábuas cravadas, que são unidas por calbros e estrangadas de um a outro lado da vala.

Utilizam-se também pranchões com um anel de ferro, os quais permitem a cravação por intermédio de um pilão ou com um bate estaca de ar comprimido. Este tipo de escoramento, assim como o de estacas pranchas de aço, pode ser totalmente recuperado quando a vala é reaterrada.

Em valas de profundidade superior a 2 m, escavadas manualmente, são necessárias plataformas, já que não se pode lançar a terra com pá a uma altura maior que esta. Neste caso, a terra lançada numa plataforma é jogada por outro trabalhador para fora da vala.

A terra retirada deve ser amontoada de um mesmo lado da vala, a fim de permitir melhor acesso dos equipamentos necessários, pelo lado oposto, bem como facilitar para colocação dos tubos.

### 2.1.3 Esgotamento e rebaixamento do lençol de água

Normalmente em valas um pouco mais profundas, é necessário o esgotamento de água. Neste caso, o mais prático é que se aprofundem pequenos poços a determinadas distâncias, para que aí sejam colocadas bombas.

Pode-se também utilizar o sistema de drenos. Aprofunda-se a vala num dos seus cantos, colocando-se aí a tubulação perfurada de drenagem e cobre-se com brita ou cascalho. Estes drenos poderão descarregar em um curso d'água ou chegar a um poço de onde se bomba a água.

Em alguns casos de valas mais profundas torna-se necessário efetuar um rebaixamento de lençol d'água por intermédio de equipamento especial.

De qualquer maneira, deve-se garantir que o fundo da vala não esteja lamacento, nem tenha água empoçada, o que irá atrapalhar o assentamento da tubulação.

Nunca se deve deixar a vala ir além da distância equivalente a dez ou doze tubos, porque, no caso de grandes chuvas, há a possibilidade de se perder toda a vala, o que acarretará maior gasto de material de escoramento, maior necessidade de bombeamento, inclusive em dias de folga e maior possibilidade de acidente.

Quanto à profundidade da vala, não me parece interessante que seja excessiva. No caso de tubulações para água potável é suficiente uma cobertura de 60 cm, a não ser em locais de trânsito pesado, onde é conveniente uma cobertura de até 1,20 m. A vala profunda, além de mais dispendiosa, ocasiona maiores dificuldades para manutenção.

### 2.1.4 Preparo do fundo da vala

O fundo da vala deverá ser preparado para receber a tubulação que se apoiará inteiramente no solo, exceção feita a um espaço de aproximadamente 40 cm, na parte mediana do

tubo, necessário para amarração de corda ou cabo utilizado para se arrear o tubo.

A existência de pedras ou pontas de rocha, a uma distância inferior a 20 cm do tubo, é condenável. As pedras soltas devem, pois, ser retiradas, e as pontas de rocha cortadas.

Para um bom embasamento da tubulação consideremos três tipos de solo:

Solo firme;  
Solo rochoso;  
Solo fraco.

a) Solo firme

Com referência a valas escavadas em solo firme, basta que se cuide de obter um leito uniforme na profundidade prevista, garantindo o apoio integral da tubulação no fundo. Neste caso podemos utilizar o mesmo terreno escavado para reaterro, desde que se garanta uma boa compactação, em cada 20 cm.

b) Solo rochoso

Quando o terreno é rochoso, torna-se necessário aprofundar a vala, bem como alargá-la de aproximadamente 20 cm, bem como estabelecer um embasamento com material desagregado, de boa qualidade, o qual deverá ser devidamente socado em camadas de 10 cm, a fim de se formar um leito adequado.

c) Solo fraco

Em solo instável, contendo entulho de cinza, lixo, materiais orgânicos ou refugo geral, a vala deve ser aprofundada e alargada a um ponto suficiente, o qual deve ser estabelecido para cada caso particular, sendo a vala reenchida com material desagregado, de boa qualidade, procedendo-se da forma descrita no item anterior.

Nos casos em que o solo apresenta uma instabilidade excessiva, o simples preparo do leito não é suficiente, sendo então necessária a execução de fundações que, de acordo com o projeto, poderão ser diretas, em forma de sapatas, ou mesmo profundas, com estaqueamento.

Neste caso deve-se colocar o apoio de cada tubo próximo à bolsa, sendo normalmente suficiente um apoio por tubo.

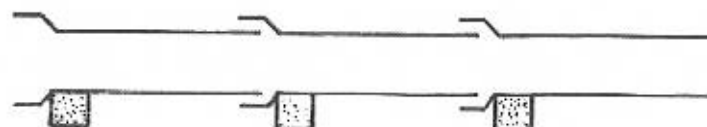


FIG. 1

Nos casos abordados nos itens b e c, não se deve usar o material escavado para reaterro, e sim utilizar material de boa qualidade, vigorosamente socado, para evitar o abatimento posterior da superfície da vala.

Pode-se apenas admitir que, a partir de 30 cm de geratriz superior do tubo, se utilizem, no material de reaterro, pedras que tenham no máximo 20 cm como dimensão máxima.

## 2.2 ASSENTAMENTO E MANUTENÇÃO

Tendo em vista os diversos materiais utilizados para tubos de água potável, dividiremos o assunto em diversos itens, a saber:

- Ferro fundido;
- Aço;
- Concreto;
- Plástico.

### 2.2.1 Ferro fundido

A tubulação de ferro fundido é a mais largamente utilizada, não só no Brasil, como em todo o mundo.

Devido à facilidade de execução dos serviços de assentamento, bem como por sua comprovada durabilidade e resistência é, provavelmente, a única espécie de tubulação economicamente recuperável, no caso de abandono de uma linha.

Antigamente utilizavam-se diversos tipos de tubos de ferro fundido com diferentes tipos de juntas. Posteriormente passou-se a adotar quase exclusivamente o tubo de ponta e bolsa, que é o único que nos interessa neste trabalho.

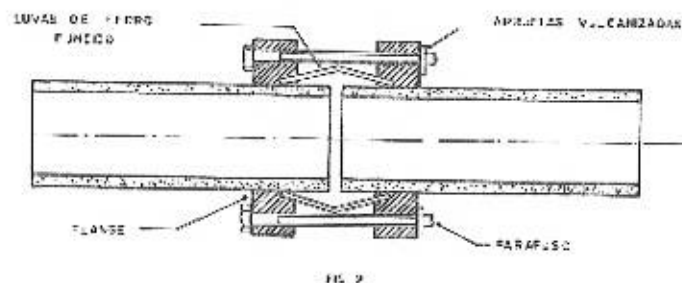
As indústrias que fornecem tubulações de ferro fundido, fabricam-nas em diversas classes, de acordo com a pressão que essas deverão suportar, quando em funcionamento.

Para tubulações de pressão utilizam-se as classes LA, A e B, sendo a LA testada para 25 kg/cm<sup>2</sup> e as outras duas para 80 kg/cm<sup>2</sup>.

Tais tubos são fabricados pelo processo da centrifugação e podem ser fornecidos pixados ou cimentados internamente.

Além dos tubos centrifugados de ponta e bolsa são fabricados tubos lisos (sem bolsa) para serem ligados por intermédio de luvas. Tais tubos são usados nos casos em que são necessárias juntas mais flexíveis ou maior folga para dilatação.

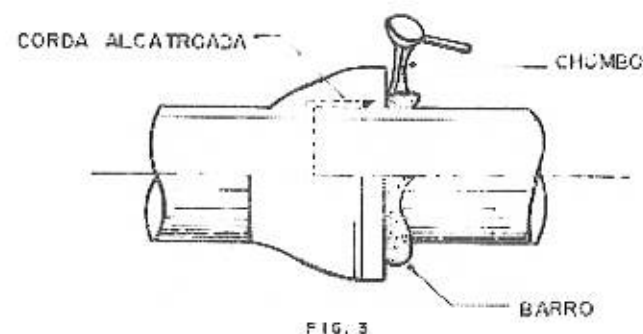
Utilizam-se dois tipos de luva: *Luva comum* — semelhante a um pequeno tubo com duas bolsas, o que, conseqüentemente, dá o dobro de folga. *Junta "Gibault"* — são juntas flexíveis, utilizadas quando há perigo de grandes deformações devido a movimento do terreno ou quando da existência de grandes vibrações. Entre outras qualidades apresenta a de ser facilmente desmontáveis, e poder ser colocada sem fusão de chumbo, fato este que permite sua montagem dentro d'água.



### 2.2.1.1 Assentamento de tubulação de ponta e bolsa

#### a) Junta de chumbo

Os tubos de ponta e bolsa com junta de chumbo são fornecidos em comprimento de 6 m.



A ciência de um bom serviço reside na execução de uma boa junta, para evitar possíveis vazamentos.

Os seguintes cuidados devem ser tomados:

- perfeita limpeza de ponta e bolsa;
- perfeita centralização;
- nunca chumbar uma junta antes de assentar, pelo menos, mais três ou quatro tubos, a fim de evitar o deslocamento da junta.

Uma vez estando a ponta e bolsa perfeitamente limpas, a execução de junta é feita da seguinte forma:

— Deixa-se uma folga entre a ponta e o fundo da bolsa de aproximadamente 1 cm, para permitir a dilatação.

— Passa-se, então, à colocação de corda ou estopa alcatroada, ou corda de juta, de asbesto ou de papel tratado. A corda não é usada como vedação e sim com a finalidade de impedir que o chumbo derretido entre na tubulação ao invés de ficar na junta. Como a corda serve de batente para o chumbo, deve ser colocada com ferramenta especial a que damos o nome de estopadeira, devendo ser bem socada. Cada anel depois de colocado deve ser socado separadamente, devendo ocupar, aproximadamente, um terço do volume da bolsa. Se a estopa ou corda não for muito bem socada quando do rebatimento do chumbo, não será possível obter uma junta perfeita.

— Para a chumbada utiliza-se um chumbo com pureza mínima de 99,75%. Este chumbo deve ser aquecido a uma temperatura tal que não se resfrie até a colocação na junta.

Coloca-se ao redor da bolsa uma corda que deve ser tomada com barro ou tabatinga e deixa-se na parte superior uma abertura por onde se derrama o chumbo derretido. A junta deve ser cheia sem interrupções.

Uma vez cheia a junta, retira-se a corda com barro e soca-se ou rebate-se a junta. Este serviço deve ser feito com mão-de-obra especializada e ferramentas compatíveis. Para este serviço utiliza-se marreta de 1 1/2 kg até 2 1/2 kg, ferro de rebater, de dimensões adequadas para a largura de chumbada. Existem, normalmente, cinco tipos de ferros:



Diâmetro do tubo	Material empregado para junta	
	Peso em kg	
	Chumbo	Estopa
75	1,50	0,10
100	2,00	0,12
150	2,50	0,15
200	3,25	0,30
250	6,00	0,65
300	8,00	0,80
400	12,00	1,20
500	16,00	1,60
600	22,00	2,20

Para o assentamento de tubulações até 400 mm pode-se prescindir de equipamentos especiais, porém, acima deste diâ-

metro, a fim de que se tenha uma produção razoável, e não haja perigo de acidentes, é aconselhável que se use um guindaste ou, em falta deste, uma talha ou tirfor armados num tripé ou mesmo num quadro.

Deve-se amarrar o tubo no meio e só soltá-lo quando estiver em sua posição definitiva.

Para assentamento de peças especiais como tês, curvas ou registros, procede-se da mesma forma. No caso de se usar peça em flange, utilizam-se peças de extremidade ponta-flange e bolsa flange, para ligação com a tubulação.

No flange pode-se usar uma ou mais lâminas de chumbo, cortadas de um lençol de chumbo; lâmina de borracha, ou, quando o flange for maior que 1,50 m, um cano de chumbo amassado, já que não existe lençol de chumbo ou borracha maior do que 1,50 m.

No aperto do flange deve-se ter o máximo cuidado, já que um mau aperto provocará um vazamento de difícil recuperação. Devem-se apertar os parafusos alternadamente, de maneira semelhante à de colocação de uma roda de automóvel.

As curvas e tês devem ser escoradas convenientemente, por intermédio de blocos de concreto, para evitar que sejam deslocadas posteriormente.

Como muitas vezes, devido a obstáculos não previstos, há necessidade de colocação de curvas, é interessante lembrar uma maneira rápida e segura de se calcular o volume do bloco.

Consideremos pois uma mudança de direção, teremos como esforço resultante:

$$R = 2 (A.P.) \text{ sen } \alpha/2, \text{ sendo:}$$

R — resultante

A — seção da tubulação em m<sup>2</sup>

p — pressão em metros de coluna d'água

$\alpha$  — ângulo da curva

$$\text{Temos: } = TN$$

$$F_a = TN$$

Onde N é o peso do bloco

T = taxa admissível do terreno

F<sub>a</sub> = força de atrito

Para equilibrar a resultante A consideremos:

$$R = F_a$$

$$N = \frac{F_a}{T} = \frac{R}{T}$$

para termos o volume:

$$V = \frac{R}{2,2 \times T} \text{ peso específico de concreto } 2,2 \text{ g/cm}^3$$

Tabela dos valores de T

Lodo: T = 0,0 kg/cm<sup>2</sup>

Argila úmida: T = 0,25 kg/cm<sup>2</sup>

Terra vegetal: T = 0,50 kg/cm<sup>2</sup>

Argila arenosa: T = 0,75 kg/cm<sup>2</sup>

Argila compacta: T = 1,00 kg/cm<sup>2</sup>

Saibro: T = 1,50 kg/cm<sup>2</sup>

Rocha: T = 5 kg/cm<sup>2</sup>

#### b) Junta elástica

O assentamento de tubulação com junta elástica é mais rápido, mais seguro, e menos dispendioso.

Se for feito com cuidado é praticamente impossível o posterior aparecimento de vazamentos.

A montagem da junta é feita da seguinte forma:

— Limpar perfeitamente a ponta e o interior da bolsa do tubo, retirando inclusive o excesso de piche, porventura existente.

— Colocar o anel de borracha na canaleta existente na bolsa do tubo, de maneira a que fique perfeitamente instalado.

— Aplicar uma camada da pasta lubrificante sobre a parte visível da junta e na ponta do tubo, numa extensão de 6 a 8 cm.

— Colocar a ponta do tubo a assentar junto do tubo já instalado, encostando-a ao anel.

— Em seguida, empurrar o tubo até que atinja o fundo da bolsa, puxando-o então para fora, cerca de 1 cm, a fim de permitir uma folga para mobilidade e dilatação da junta.

Em tubos até 300 mm faz-se esta operação apenas empurrando o tubo a ser instalado com uma alavanca. Em tubos de maior diâmetro, é necessário o auxílio de um aparelho de tração. Uma perfeita centralização da ponta e da bolsa é imprescindível.

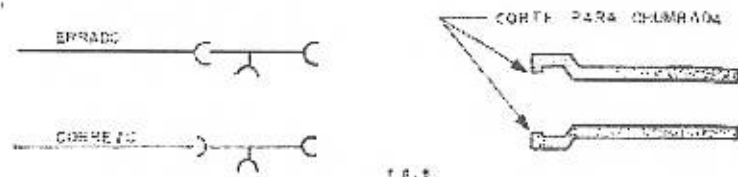
Quando um tubo precisa ser cortado, o corte deve ser perpendicular ao seu eixo, devendo a ponta ser chanfrada, para evitar que dilacere a borracha.

Um tubo de ferro fundido pode ser cortado manualmente, com buril e talhadeira, o que não dá um corte perfeito; ou por intermédio de uma máquina de cortar. Atualmente, existem diversos tipos destas máquinas.

O assentamento de tubulação com junta de borracha pode apresentar alguma dificuldade quando da instalação de peças especiais (\*). Nestes casos deve ser evitada a montagem da ponta da peça na bolsa do tubo, de vez que esta bolsa não é própria para chumbada. Não sendo possível inverter a posição da peça, ou cortar a bolsa do tubo para utilização de uma peça com duas bolsas, a melhor solução consiste em cortar a borda do ressalto de ranhura que exista na bolsa para colocação da borracha, procedendo-se, então, à chumbada. Contudo, este procedimento enfraquece a bolsa, que pode vir a rachar, quando se for rebater a junta.

(\*) Ocorre que às vezes as peças fornecidas não são para junta de borracha e sim para junta de chumbo. Só recentemente foi iniciada a fabricação de peças com junta elástica.

O ideal seria ter sempre tubos de junta de chumbo, cuja ponta seria chanfrada para utilização nos casos referidos.



Para a montagem de peças com junta de borracha, procede-se da mesma forma que para os tubos, porém nas curvas, embora o procedimento seja simples, é preciso que se tenha especial cuidado.

As curvas têm um apoio de montagem, ao qual se prende uma corda de onde se traciona para embocar.

Atualmente, para diâmetros superiores a 250 mm, vêm sendo fornecidos tubos de ductil. Segundo informações colhidas junto aos fabricantes, todos os diâmetros, em breve, passarão a ser fabricados. Provavelmente, até novembro de 1978, estarão sendo fornecidos tubos de até  $\varnothing$  1.000 mm, bem como de diâmetros menores.

O ferro ductil apresenta uma série de vantagens, em relação ao ferro cinzento pois, devido à sua constituição, para uma mesma pressão, necessita de menor espessura de parede, sendo, portanto, mais leve. Além disso, graças a suas características, oferece maior resistência a impactos e é mais flexível.

O assentamento é semelhante ao do ferro fundido cinzento com junta de borracha.

Com relação ao ductil, o maior problema prende-se à execução do corte, de vez que as ferramentas e equipamentos normalmente utilizados para o ferro fundido cinzento mostram-se inoperantes para o corte do ductil, pois apenas ocasionam o seu amassamento. Assim, para o corte de ductil, é necessário o uso de serra ou esmeril de nylon, sendo aconselhadas pelos fabricantes as seguintes especificações:

Marca Norton — disco TBNA A24 RPM 4366  
 Marca Carborundum — disco ABOT SBFW RPM 4365

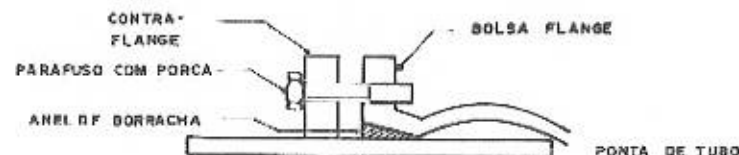
O corte com disco é perigoso para o operador, dada a facilidade com que foge da posição, podendo, com isso, ocasionar sérios ferimentos.

O corte com oxí-acetileno tem sido utilizado, mas não é aconselhado pelos fabricantes.

Outra vantagem do ferro ductil é a possibilidade que apresenta de ser soldado por intermédio de solda elétrica, devendo ser usado um eletrodo especial que pode ser o de ferro fundido comum para solda à baixa temperatura.

As peças para utilização em assentamento de ferro ductil são fabricadas com junta mecânica.

Como os tubos de ferro ductil não devem ser chumbados, pois como no aço a sua grande elasticidade impede que a chumbada seja bem rebatida, uma vez que a ponta vai se amoldando, impedindo assim que a junta fique firme, para as peças especiais são fabricadas conexões de junta mecânica.



Estas conexões consistem no seguinte: uma bolsa de formato especial dotada em um flange (fundido com a própria bolsa), um contra-flange de ferro fundido, um anel de borracha que deve ser colocado na posição inversa da usada nos tubos, isto é, com a face mais larga para fora e parafusos com porcas.

### c) Montagem da junta mecânica

— Antes de iniciada a montagem, a ponta e o interior da bolsa de conexão devem ser cuidadosamente limpos, removendo-se os excessos de piche, porventura existentes.

Observar a posição do anel de borracha, em relação à bolsa com flange.

— Enfiar o contraflange e, em seguida, o anel de borracha na ponta do tubo, observando a posição correta do anel em relação à bolsa de conexão.

— Introduzir a ponta, deixando entre ela e o fundo da bolsa o espaço de 1 cm para livre dilatação e mobilidade da junta. Puxar o anel, até encaixá-lo no alojamento do interior da bolsa.

— Puxar o contraflange, até que este encoste no anel, e colocar os parafusos.

— Apertar, gradualmente, os parafusos, como se procede em qualquer flange, isto é, apertar um parafuso e, em seguida, o que lhe fica diametralmente oposto.

No caso de faltarem peças de junta mecânica, é preciso chumbar peças comuns, para o que, torna-se necessário cortar com oxi-acetileno o reforço interno da bolsa do tubo. Como tal procedimento enfraquece a bolsa, é conveniente que se proceda cuidadosamente à especificação das peças a serem utilizadas num assentamento, para que este recurso não precise ser usado.

Para os diversos tipos de ferro fundido há certas recomendações comuns, como a verificação à percussão para certificar-se da inexistência de rachaduras. Cuidados especiais devem ser dispensados na descarga, a qual só deve ser feita por intermédio de guindastes ou, caso não seja possível, com a utilização de pau de cargas ou monta cargas, a fim de impedir que os tubos se choquem, ou que o revestimento seja danificado.

Apresentamos a seguir tabela da deflexão permitida nas juntas.

É permitida a deflexão nas juntas, quando se fizer necessário. Esta deflexão não deve ultrapassar os seguintes valores:

Com junta não elástica		
Diâmetro (mm)	Deflexão	Máxima
50 a 100	2.º 52'	5%
125 a 175	1.º 44'	3%
200 a 350	1.º 26'	2,5%
400 a 600	1.º 10'	2%
Com junta elástica		
300 a 400	6.º 10'	9%
400 a 450	4.º 2'	7%
500 a 600	3.º 44'	6%

No caso das juntas elásticas, para diâmetros inferiores a 250 mm, as deflexões podem ser feitas de acordo com a possibilidade de execução, sem forçar os tubos.

Uma vez pronto o assentamento, devemos proceder aos testes e também à desinfecção.

#### 2.2.1.2 Testes e desinfecção

A linha deve ser testada à pressão hidrostática, após ter sido cheia e o ar expelido.

Todos os defeitos que aparecem durante este teste, devem ser corrigidos antes de se colocar a linha em serviço.

O enchimento da linha deve ser processado de maneira a tornar impossível a contaminação da rede de abastecimento utilizada como supridora.

A linha deve revelar estanqueidade. Admite-se, para uma pressão de teste de 70 metros de coluna d'água, o valor máximo de vazamento indicado na tabela seguinte, para 100 juntas:

Pressão de teste M.C.A.	Vazamento máximo tolerado por 100 juntas (em l/h)											
	Diâmetro nominal (mm)											
70	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
	4.1	6.1	8.1	11.9	16.3	19.9	23.9	27.9	35.8	31.8	39.9	49.0

A linha deve ser devidamente desinfetada, por técnica aprovada, antes de ser ligada à rede de distribuição e definitivamente colocada em carga.

Quando do assentamento devemos sempre cuidar para que a linha não seja contaminada, nem que fiquem pedaços de pau, ferramentas, etc., esquecidos dentro dos tubos. Todos os dias, ao serem suspensos os serviços deve ser tapada a ponta livre da tubulação para que não entrem animais ou se encha de material, no caso de uma paralisação mais prolongada, ou no caso de chuvas.

Para maior controle dos serviços é interessante que se proceda logo à ligação, que se vá progressivamente dando carga à linha em trechos que podem ser devidamente testados e desinfetados. Assim, quando do término da obra, pode-se utilizar imediatamente a nova tubulação.

#### 2.2.1.3 Manutenção de tubos de ferro fundido

Os diversos tipos de vazamentos em tubulações de ferro fundido podem ser agrupados da seguinte forma:

##### a) Ruptura ou arrebentamento

Assim considerado quando o tubo se inutiliza, ou por falta de fundição, efeito de golpe de aríete ocasionado principalmente por bolsas de ar, ou por má operação de rede, ou por algum fator externo como deslocamento do terreno, afetado por máquina de escavação, etc.

No caso de ruptura o tubo avariado deve ser substituído por um tupo liso e uma luva de correr.

O primeiro problema enfrentado numa ruptura é o de que o tubo avariado muitas vezes é de fabricação antiga, não centrifugado, tendo portanto a parede mais grossa que a dos atuais, chegando a ponto de, algumas vezes, ser necessária a utilização de luva para diâmetro superior.

Tomemos para exemplo o caso de uma ruptura em linha antiga de 500 mm com 2,5 cm de espessura de parede. Neste caso teremos externamente um diâmetro de 550 mm. Como a luva fornecida pelas fábricas tem diâmetro interno de 551 mm, ficaríamos com folga de 1 mm apenas, o que não permite a chumbada. Daí a necessidade de se utilizar uma luva para tubo de 550 mm, que nos dá 604 mm de diâmetro interno, ficando uma chumbada de 25 mm no lado do tubo de parede grossa e de 37 mm no lado do tubo novo. Como na junta larga em demasia não permite uma vedação perfeita, certamente surgirá um vazamento.

Para solucionar este problema, encomendamos luvas especiais, de acordo com a tabela abaixo, para serem utilizadas quando da ocorrência de rupturas em tubulações antigas.

D. tubulação (mm)	D. interno (mm)
75	120
100	140
150	200
200	260
250	320
300	360
350	420
400	470
450	520
500	570
550	620
600	670
800	880
900	990

b) Vazamento de junta por deslocamento de peça

Muitas vezes, devido a mau escoramento, uma curva ou tê se desloca.

Quando o deslocamento for pequeno, basta que se rebata novamente a junta, executando um escoramento conveniente.

Se o deslocamento for grande, teremos que derreter a junta. O mais prático é derretê-la com maçarico de oxigênio e acetileno e embocar corretamente a peça, para tornar a junta e escorar convenientemente.

Ocorre porém que, na maioria das vezes, não se consegue colocar mais a peça na posição correta, sendo necessário retirar um tubo e refazer todo o serviço, completando com luva.



O mesmo ocorre quando, por deslocamento do terreno, um tubo se desloca, provocando vazamento da junta.

c) Vazamento de junta por deficiência de chumbada

Este é o vazamento mais comum. Uma junta mal feita certamente provocará um vazamento. Poderemos repará-lo rebatendo novamente a junta, porém, quando a pressão é elevada, é necessário tirar ou, pelo menos, diminuir a carga.

Muitas vezes há afundamento do chumbo, o que acarreta a necessidade de se rechumar a junta, com prejuízo temporário do abastecimento.

No Rio de Janeiro temos 5 linhas adutoras de ferro fundido, sendo 3 de  $\varnothing$  800 mm e 2 de  $\varnothing$  900 mm. Estas linhas trazem água dos grandes mananciais do Estado do Rio para a elevatória e reservatório do Acari na Guanabara, e foram construídas no final do século passado e início deste.

Com estas adutoras ocorre um fenômeno interessante. Devido à acomodação dos terrenos onde estão assentes, princi-

palmente após o saneamento da Baixada Fluminense, e também devido à trepidação do trem que passa a seu lado, apresentam um número incomum de vazamentos de junta, na base de 15 juntas por adutora ao dia.

Logicamente é impossível tirar todas as adutoras de carga diariamente para rebatimento das juntas, algumas das quais com até 100 m de coluna d'água, pois, se assim procedermos, já não teríamos as linhas em funcionamento, há alguns anos.

A solução adotada foi a de se reparar os vazamentos com cunhas de madeira feitas a partir de ripas que são introduzidas nas juntas com a linha em carga.

Inicialmente é feita uma vedação precária, com a colocação de ripas de peroba do campo, uma junto à outra. A seguir forçam-se estas cunhas, imprensando-as com novas cunhas. Este procedimento vem sendo adotado com êxito, já tendo ocorrido o caso de se reparar, desta forma, um vazamento de 1.000 l/h, sem tirar a linha de carga. Atualmente temos certas juntas todas de madeira, com total estanquidade.

Este sistema, embora teoricamente absurdo, na prática é válido e tem-se mostrado eficiente há mais de meio século.

Quando da ocorrência de vazamento em junta de borracha não é possível chumbar devido ao formato de bolsa. Neste caso pode-se fazer a vedação com chumbo frio em forma de cordoalha ou mesmo com um cano de chumbo amassado, o qual é introduzido na bolsa e vai-se rebatendo e colocando mais chumbo até obter uma vedação perfeita.

Quando a bolsa apresenta-se rachada, ou corroída pelo próprio vazamento, não se pode mais chumbá-la. Neste caso, o mais prático é aplicar-se uma peça especial, que é a luva bipartida para bolsa. Esta peça também pode ser usada no caso de vazamento em junta de borracha.

Para casos de furos na tubulação pode-se também aplicar uma luva bipartida lisa.

Com as luvas bipartidas ocorre problema idêntico já visto em relação aos tubos antigos. Por este motivo, encomendamos luvas de dimensões semelhantes às luvas de correr, que podem ser aplicadas em qualquer tubulação.

### 2.2.2 Tubulações de aço

Utiliza-se para tubos, aço de qualidade comum, chapa grossa com limite de resistência variando entre 35 e 53 kg/mm<sup>2</sup>, e teor de carbono máximo de 0,35%; esta chapa não é da melhor qualidade estando em projeto uma norma que defina qual a chapa permissível para execução de tubos de pressão.

As tubulações de aço apresentam uma série de qualidades, porém, devido à facilidade com que são atacadas pela corrosão, não têm grande durabilidade.

Só levaremos em conta tubulações de aço soldadas, que são as mais utilizadas, pois, embora se façam tubos de aço para junta flexível, sua utilização é ainda muito restrita. Os cuidados a serem tomados são idênticos aos recomendados para tubulações de ferro fundido.

A tubulação de aço tem sido usada principalmente nos diâmetros de  $\varnothing$  800 mm a  $\varnothing$  1.500 mm, pois nesta faixa não havia fabricação de tubos de ferro fundido, e, num cotejo de preços, o tubo de concreto se apresenta mais caro.

A utilização de tubos de aço em diâmetros inferiores só é recomendada em casos especiais, quando a declividade acentuada ou um excessivo número de mudanças de direção tornam desaconselhável o uso de ferro fundido.

Também em travessias de pistas de grande trânsito, quando não se puder aprofundar a vala, deve-se usar aço revestido com concreto.

No caso de travessias, quando se necessita de extensos vãos sem apoio, o aço é a solução, já que admite grande vão livre.

O tubo de aço quando estocado deve ter suas pontas escoradas, a fim de evitar a ovalização que ocorre devido à sua grande flexibilidade.

Para o assentamento há de fato facilidade, porque o tubo é realmente leve em comparação com os demais.

Os tubos podem ser fornecidos com diversos tipos de revestimento de acordo com o especificado.

### TIPOS DE REVESTIMENTO PARA TUBOS

#### Tipo I — Revestimento interno e pintura externa

Séries	Interno	Externo
(101)	Coal-tar	1 demão zarcão
(106)	Coal-tar	1 demão zarcão 1 demão alumínico
(121)	Asfalto	1 demão cromato de zinco
(126)	Asfalto	1 demão cromato de zinco 1 de alum.

#### Tipo II — Pintura interna e revestimento externo

Séries	Interno	Externo
(207)	T & O	2 camadas coal-tar e vidrasfalt
(212)	T & O	2 camadas coal-tar e juta
(217)	T & O	2 camadas coal-tar e feltro de algodão
(227)	T & O	2 camadas de asfalto e vidrasfalt
(232)	T & O	2 camadas de asfalto e juta
(237)	T & O	2 camadas de asfalto e feltro de algodão

#### Tipo III — Revestimento interno e externo

Séries	Interno	Externo
(308)	Coal-tar	2 camadas coal-tar e vidrasfalt
(313)	Coal-tar	2 camadas coal-tar e juta
(318)	Coal-tar	2 camadas coal-tar e feltro de algodão
(338)	Asfalto	2 camadas de asfalto e vidrasfalt
(343)	Asfalto	2 camadas de asfalto e juta
(348)	Asfalto	2 camadas de asfalto e feltro de algodão

#### Tipo IV — Pintura

Séries	Interna	Externamente
(404)	T & O	T & O
(409)	T & O	Zarcão
(414)	T & O	Cromato de zinco
(419)	Cromato de zinco	Cromato de zinco
(424)	Zarcão	Zarcão

As séries (101), (308), (106) e (318) atendem às especificações A.W.W.A. No (318) usamos, entretanto, feltro de algodão em vez de feltro de amianto, que não se fabrica ainda no Brasil. As séries (121), (126), (338), (343) e (348) atendem às Normas Holandesas.

Destes, o melhor é o que apresenta revestimento de coal-tar externa e internamente.

Coal-tar é um revestimento de betume com base de carvão.

Modernamente tem se usado com bastante sucesso o revestimento com resinas anticorrosivas com base de epoxi, quando a tubulação vai ser assentada em terrenos agressivos.

Nos Estados Unidos há preferência pelo uso de revestimento, externo e interno, de cimento que, indiscutivelmente, é o ideal. No Brasil, porém, como este revestimento é muito dispendioso, tem sido dada preferência à utilização de tubos de concreto protendido, nestes casos.

Quando o tubo de aço é comprado para estoque, para ser usado numa eventualidade, e tendo de ficar exposto ao tempo, o revestimento betuminoso não é aconselhável já que, com variação de temperatura, o revestimento quebra, ocorrendo o aparecimento de diversas rachaduras, que vêm a inutilizá-lo. Neste caso, é preferível que se use o revestimento tipo I, com pintura externa de zarcão, o qual deve ser refeito quando da utilização dos tubos.

No caso do tubo vir a ser concretado, o uso de revestimento betuminoso é condenável, porque prejudica a aderência do concreto.

O revestimento betuminoso interno é aplicado em fábricas, centrifugamente, numa espessura de  $\pm 2$  mm, formando um esmalte resistente que não racha nem amolece com as grandes temperaturas.

O revestimento externo é também aplicado enquanto o tubo gira, sendo coberto com papel, ou tecido de aniagem ou juta para proteção.

Os tubos quando transportados devem ter suas pontas protegidas e escoradas, além dos cuidados na arrumação, a fim de não prejudicar o revestimento. Devem ser amarrados com

corda, e não com cabo de aço, que fere o revestimento. Para descarregar, no caso de se usar guindaste, os cabos devem ser protegidos com lona, pelo mesmo motivo.

Se a descarga for manual, é necessário o uso de paus de carga, devendo ser evitado todo e qualquer choque.

Não se deve empilhar mais do que três tubos, para evitar que se ovalizem.

Os tubos não devem, em hipótese alguma, ser arrastados. Por este motivo, quando da execução de uma obra, devem ser descarregados ao lado da vala.

Para maior produção, e desde que se tenham recursos para assentar, pode-se soldar fora da vala, assentando a linha em partes de 20 a 30 m. Tal procedimento facilita a solda, evita a abertura de cachimbo e permite uma maior possibilidade de se revestir.

Para que se tenha um assentamento em boas condições é necessário que, junto à equipe de soldadores, se tenha um bom montador, porque, apesar de todos os cuidados, muitos tubos poderão estar ovalizados, sendo pois necessário ajustá-los para soldar.

As curvas podem ser feitas na hora para um grau inferior a 15°, por intermédio de cortes adequados com maçaricos de oxigênio acetileno.

Para graus maiores, caso não haja curva encomendada, pode-se também fazer no canteiro da obra, ou em oficina, utilizando-se pedaços de tubo.

O tubo, quando de diâmetro superior a 800 mm, deve ser arriado na vala, com equipamento especial. Até 60 mm pode ser arriado a mão, desde que se tomem os cuidados adequados, evitando que caia no fundo da vala.

Uma vez arriado, deve ser imediatamente ponteadado no anterior, podendo-se admitir que se ponteiem até 8 a 10 juntas para depois soldar.

A solda é um serviço demorado e delicado e a escolha do soldador deve ser cuidadosamente feita. No caso de tubulações, a solda deve ser perfeitamente estanque, o que requer um eletrodo de muito boa qualidade, inclusive porque, fazendo-se a

solda internamente, que é o mais comum, temos toda a parte superior da junta a ser soldada sobre-cabeça, não podendo pois o eletrodo respingar.

É de ser ressaltado o fato de que um bom eletrodo permite maior rapidez no serviço, o que não deve ser desprezado.

Uma solda em junta de 800 mm com eletrodo de boa qualidade leva aproximadamente 3 horas e com eletrodo não apropriado, 5 horas.

Uma junta deve ser soldada externa e internamente, porém, com o avanço da técnica de soldar, para tubulações de água atualmente já se permite que a solda seja feita de um só lado. Em linhas de diâmetro superior a 800 mm, sendo a solda feita na vala, é perfeitamente possível obter uma boa junta soldando só por dentro.

No caso de mais de uma solda interna, deve-se colocar um exaustor que permita a circulação do ar e retire a fumaça, a fim de assegurar boas condições de trabalho para o soldador. Quando esta precaução não é tomada, pode ocorrer o envenenamento por gases.

Utilizamos para solda os eletrodos para aço carbono com grande penetração, nas classes E-6010, E-6011 e E-6013 da classificação de AWS.

TABELA COMPARATIVA

Armeo Lincoln	K&SAB	Fredo HI	GE	Ilime-Aetore Sodarc	Torsima	Uniter
Fleetweld	OK 2245	XL.610	W.21F	Super braco Soldarc 10	Celosima	B-16

Todos estes eletrodos podem ser utilizados, sendo que a bitola depende da chapa a ser soldada e, de acordo com o eletrodo, tem-se a amperagem necessária para uma boa soldagem.

### ELETRODOS

Utilizamos principalmente o eletrodo Fleetweld 5p, que tem as seguintes características:

Resistência a tração — 44-51 kg/mm<sup>2</sup>.  
 Limite de escoamento — 50-60 kg/mm<sup>2</sup>.  
 Revestimento — vermelho tijolo.  
 Polaridade — CC (+).

Amperagem — 1/8" — 75-130  
 5/32" — 90-175  
 3/16" — 140-225

Utiliza-se este eletrodo, ou outro qualquer, que tenha as mesmas características.

Produção de soldas lisas, em qualquer posição, livres de poros e sem retenção de escória nos cantos.

Arco suave e com características, estável em baixa corrente, penetração profunda.

Bom para soldas ascendentes e sobre-cabeça.

Composição material depositado no eletrodo Fleetweld 5p:

Carbono .....	0.10
Manganês .....	0.44
Silício .....	0.21
Enxofre .....	0.19
Fósforo .....	0.03

Para a solda, podem-se usar grupos motor-gerador de solda ou conversores para soldagem, os quais trabalham ligados à rede ou a geradores de força.

A escolha do tipo de equipamento, o qual deve ser de muito boa qualidade, de vez que se trata de máquina delicada que necessita de manutenção constante, depende não só dos recursos disponíveis como da localização do serviço.

Numa solda com eletrodo de boa qualidade, sendo o gerador compatível, pode-se soldar, praticamente, de forma contínua cordões de 20 a 30 cm, que devem ser convenientemente escovados e batidos para a retirada de escória.

Uma solda bem feita não deixa qualquer porosidade, sendo perfeitamente estanque.

Uma vez soldada a junta deve-se revesti-la imediatamente no campo. Para um revestimento de coal-tar, deve-se proceder da seguinte forma:

Primeiramente pinta-se a junta com primer especial, depois cobre-se com um lençol de lã de vidro para, finalmente, aplicar-se o coal-tar derretido.

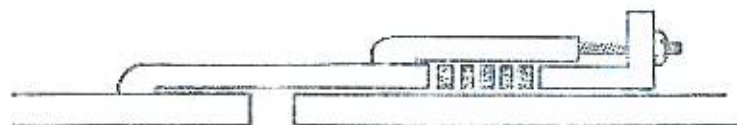
No revestimento interno muitas vezes isto é impraticável, passando-se só o primer.

Em tubos com menos de 600 mm não se pode fazer o revestimento interno.

Quando se assenta uma linha em terreno com passagem de corrente elétrica ou em solos agressivos, o que pode ser verificado medindo-se a resistividade do terreno, é necessário proceder-se à proteção catódica da tubulação.

As peças de aço devem também ser escoradas como as de ferro fundido, pois, embora não haja juntas, sendo a linha uma peça monolítica, aparecem na tubulação uma série de esforços não previstos.

Para evitar os esforços provocados pela variação de temperatura, utilizam-se juntas de dilatação de acordo com a figura.



Outras juntas também podem ser usadas, como a junta dresser.

No caso da colocação de registros em flanges é interessante usar uma junta de desmontagem que, no caso de retirada de peça, evita que se corte o tubo.



É interessante frisar que na conexão da linha de aço com o ferro fundido deve-se usar uma peça de extremidade, ponta ou bolsa flange, a fim de não chumbar o aço, o qual se amolda, não permitindo assim uma junta estanque.



#### *Linhas aparentes*

No caso de linhas aparentes, há três aspectos a salientar:

*Revestimento* — A atmosfera é ambiente corrosivo, principalmente na orla marítima, e a única proteção contra a corrosão é o revestimento, já que não se pode usar proteção catódica.

Existem diversos tipos de revestimento, de vez que as indústrias de tintas estão sempre se aprimorando, e o assunto tem sido motivo de estudos profundos e constantes.

Ocorre, porém, que para uma pintura anticorrosiva funcionar, é preciso que se prepare convenientemente a superfície, de nada adiantando a pintura sobre ferrugem.

Para limpeza, existem três métodos principais:

- limpeza manual;
- limpeza com ferramentas mecânicas — escovas mecânicas, lixadeiras, esmerilhadeiras, marteletes pneumáticos, pistolas de agulhas, etc.;
- limpeza por jateamento abrasivo — os mais empregados são a areia e a granalha de aço.

A limpeza por jateamento é o sistema mais eficiente, sendo usado em quatro graus de limpeza:

- limpeza ligeira;
- jateamento comercial;
- jateamento ao metal quase branco;
- jateamento ao metal branco.

Ao se especificar uma pintura, é importante que se indique a base (primer) e o acabamento adequados um ao outro, pois, em caso contrário, é bem provável que se inutilize o revestimento.

A pintura bem especificada, embora aparentemente cara, torna-se econômica porque dura longo período, sem que precise ser refeita.

A seguir, apresentamos uma especificação para pintura de linhas aparentes, a título de exemplo:

#### *Jato ao metal branco*

— Areia tipo construção civil (angulosa e isenta de sal) lavada.

— Granulometria

— 100% passando 16 meshes
— 100% passando 40 meshes
— pode-se aceitar 100% retida em 80 meshes

Uma demão de tinta epoxi catalizada, sem ester, rica em zinco, espessura de película seca 50 micro.

— Tolerância 10% para menos.

— Máxima ou 20% para mais.

— Aplicar no mesmo dia do jato de areia.

Uma demão de epoxi, alta espessura, catalizada sem ester com pigmentos inertes, espessura de película seca 125 micro.

— Mesma tolerância.

— Aplicar com intervalo mínimo de 24 horas e máximo de 72 horas.

Uma demão de borracha clorada, em cor a escolher.

— Espessura entre 25 e 85 micro.

— Aplicar com o mesmo intervalo de tempo.

#### *Berços*

As linhas aparentes, normalmente, são assentes sobre berços, e alguns cuidados devem ser tomados:

Junto ao berço, ou se aumenta a espessura da chapa, ou se enrijece o tubo com anéis de reforço.

O ângulo de contato do berço com o tubo deve ser de 90° a 120°.

No caso de se reforçar a espessura da tubulação junto aos apoios, este reforço deve ter comprimento igual a duas vezes o diâmetro.

Se o diâmetro do tubo for muito grande em relação à sua espessura, numa relação igual ou superior a 300:1, devem-se usar anéis para enrijecer, evitando, com isso, a ovalização.

O raio do berço deve ser 1% maior que o raio externo do tubo.

A largura do berço não deve ser menor que 30 cm, nem que um quarto do diâmetro do tubo.

#### *Juntas de dilatação*

Nas linhas aparentes, as juntas de dilatação são imprescindíveis, devido às grandes variações de temperatura, e devem, sempre, ser colocadas junto aos apoios.

#### *Execução de peças*

As peças de aço podem ser executadas no campo, cortando-se tubos e soldando os segmentos do modo desejado.

Para a execução de curvas, usam-se as seguintes regras:

Deflexão de 0° a 30° — 2 segmentos

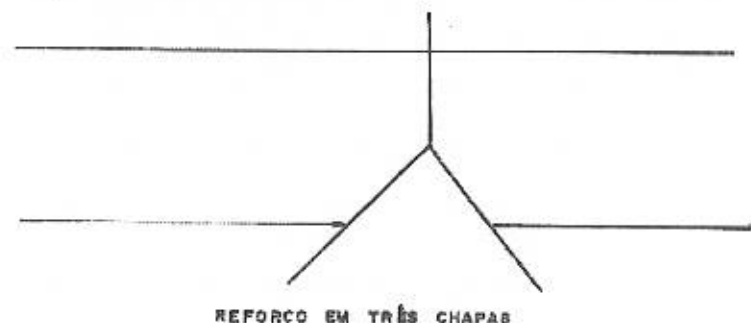
Deflexão de 31° a 60° — 3 segmentos

Deflexão de 61° a 90° — 4 segmentos

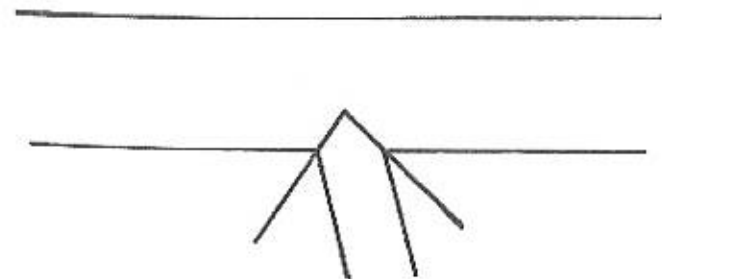


Na execução de tês, é necessária a colocação de reforços, os quais são calculados em função do diâmetro e da pressão existentes.

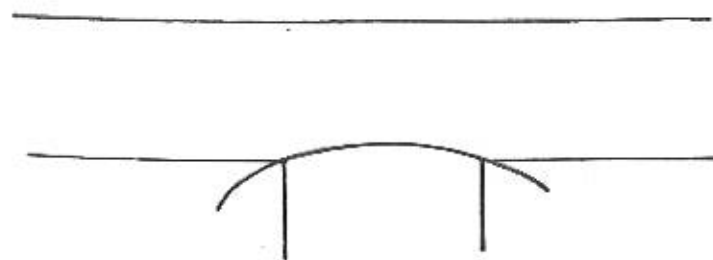
Estes reforços são necessários em virtude do furo da derivação enfraquecer o tubo.



REFORÇO EM TRÊS CHAPAS



REFORÇO EM DUAS CHAPAS



REFORÇO EM UMA CHAPA

Em anexo, seguem normas para o assentamento de tubulações de aço, que já foram utilizadas pela CEDAG, em especificações fornecidas a firmas empreiteiras.

### 2.2.3 Tubulações de concreto

Nesta categoria temos: tubulações de cimento amianto, tubulações de concreto armado, tubulação de concreto protendido integral e tubulações de concreto protendido com camisa de aço.

#### 2.2.3.1 Cimento-amianto

Características: maior durabilidade — devido às propriedades de seus componentes, cimento e amianto, os tubos de pressão não sofrem os efeitos das correntes elétricas errantes e apresentam, devido à sua compactidade, uma resistência aos agentes químicos superior à do cimento.

Inalterabilidade — Sua resistência à oxidação evita as incrustações e, conseqüentemente, mantém constante, no correr do tempo, seu diâmetro interno.

Menor perda de carga — Devido à estrutura de sua parede e conforme experiências já realizadas, pode-se adotar o valor de 140 para coeficiente na fórmula de Williams-Hazen para cálculo de perda de carga.

Maior leveza — O peso reduzido dos tubos permite economia no transporte, rapidez de manuseio e facilidade de assentamento.

Economia — Considerando-se sua grande durabilidade aliada a seu custo menos elevado, pode-se afirmar que os tubos de pressão têm alta rentabilidade.

No Rio de Janeiro, estes tubos têm muito pouco uso, porém não devem ser desprezados, pois, para pequenos diâmetros (até 400 mm), podem competir com o ferro fundido, principalmente devido à sua leveza.

Como estes tubos são fabricados em diversas classes, é preciso verificar sempre se a especificação foi feita corretamente.

Classe	Pressão de serviço (kg/cm <sup>2</sup> )
10	5,0
15	7,0
20	10,5
25	12,5
80	15,0

Hoje em dia, praticamente, só se usa junta flexível, o que torna seu assentamento semelhante ao do ferro fundido.

Em cidades já desenvolvidas deve ser levado em conta o fato de que cada novo tipo de tubulação requer novo estoque de peças, o que, na maioria das vezes, é impraticável, não só devido ao alto custo, como à exigüidade de espaço.

### 2.2.3.2 Tubos de concreto

As linhas de concreto armado são usadas principalmente na construção de adutoras de diâmetro superior a 800 mm, com grande predominância para linhas de diâmetro superior a 1.500 mm.

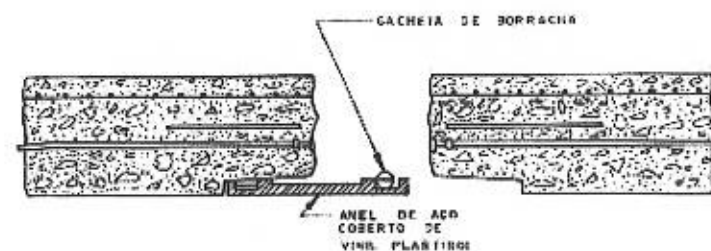
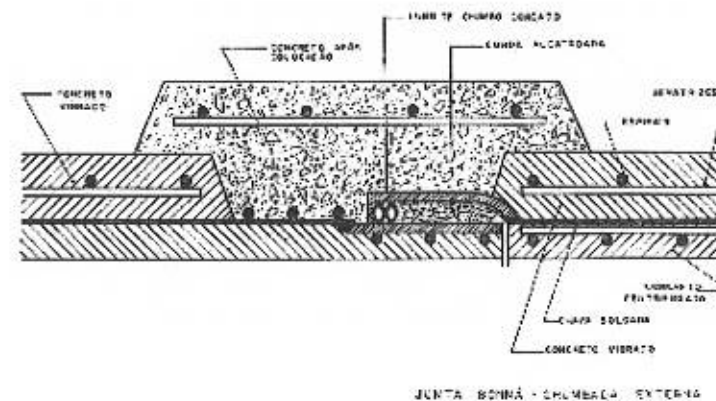
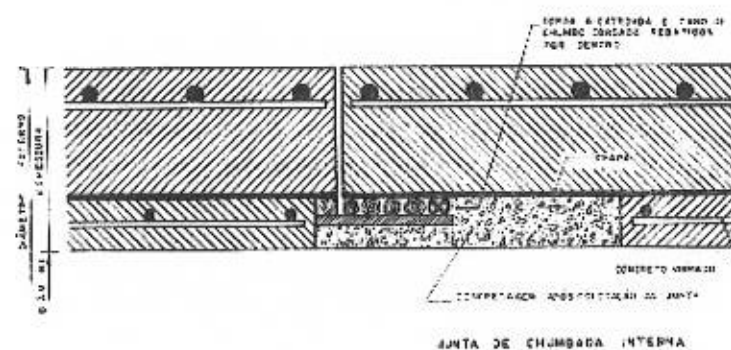
Embora haja diversos tipos de tubos, como já vimos, para efeito de assentamento e manutenção, o mais importante é o tipo da junta, que pode ser de anel de borracha, externo ou interno de chumbo.

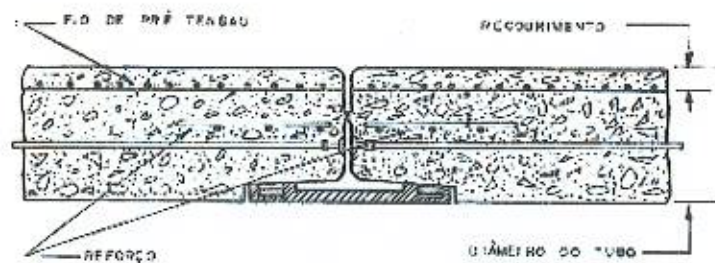
O assentamento de uma adutora de concreto requer todas as precauções para evitar ao máximo a manutenção posterior.

O tubo de concreto, embora pesado e de difícil manuseio, é um tubo frágil, principalmente nas suas pontas e bolsas, o que se constitui num sério problema.

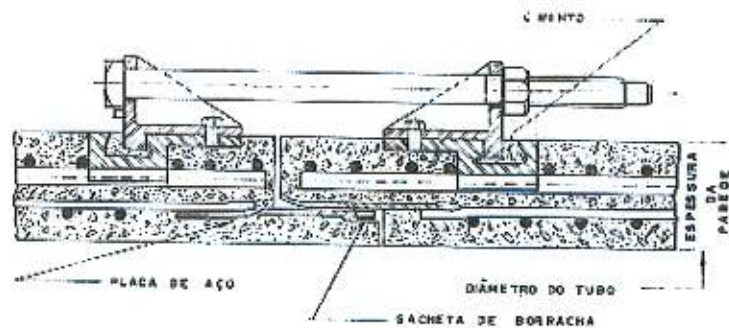
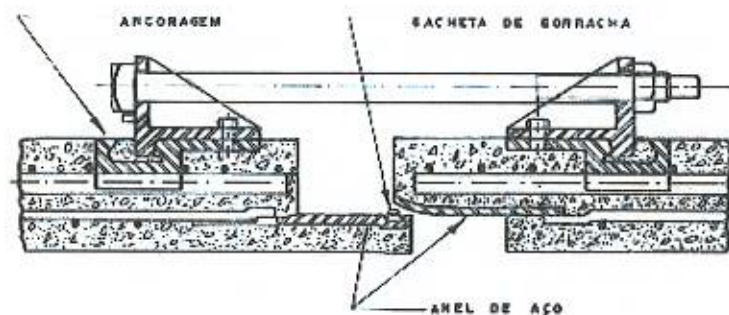
Os tubos devem ser transportados apoiados em ripas de madeira e escorados, para que não se choquem entre si. Também não podem ser empilhados e devem ter as extremidades protegidas.

Para descarga é necessário o uso de escavadeira como guindaste. Como o tubo não pode ser rolado, nem sofrer choques de qualquer espécie, a fim de não fissurar o concreto nem amassar as pontas, pode-se usar também um pórtico munido de talha.

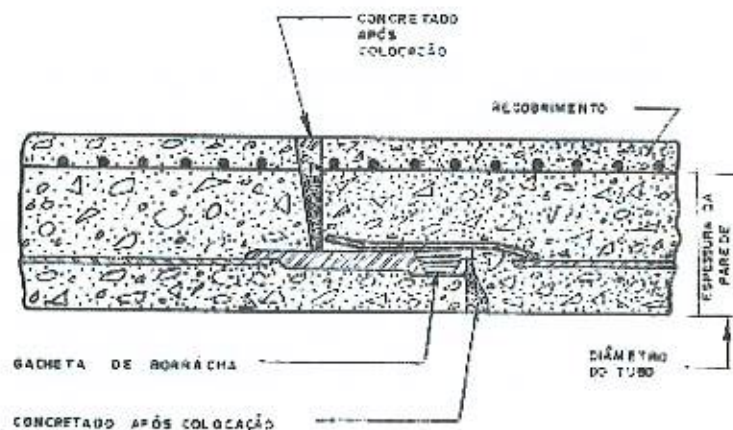
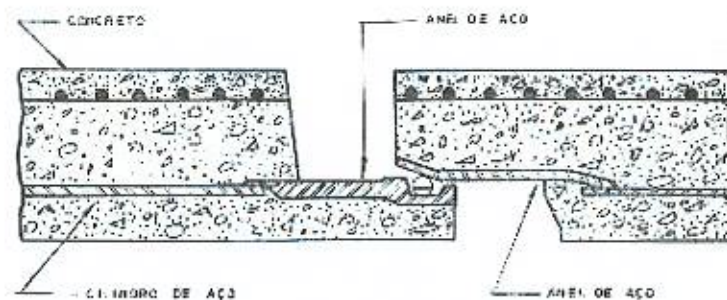




JUNTA LOCK JOINT



JUNTA LOCK JOINT

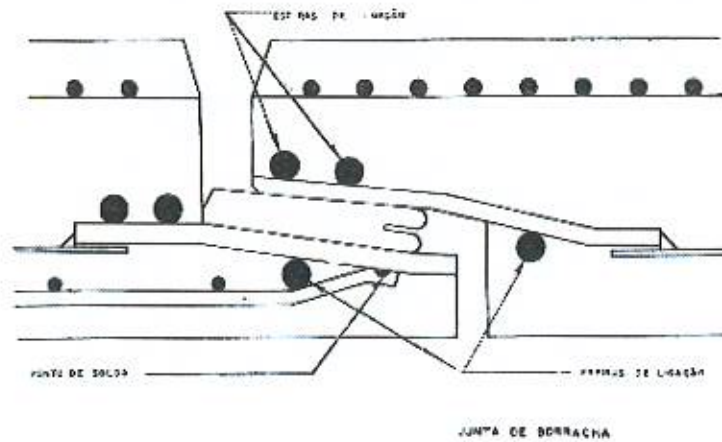


JUNTA LOCK JOINT

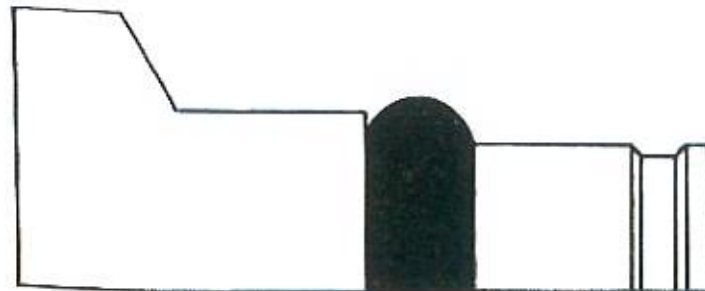
O tubo deve ser entregue, de preferência no local de serviço e, se possível, ao longo da vala. Este tipo de tubo não pode ser empilhado, sob pena de se ovalizar, o que viria a inutilizá-lo por completo porque, não estando perfeita a junta, o tubo não pode ser centrado, não sendo então viável uma boa vedação.

Para descarga do tubo, a amarração deve ser feita no seu centro, nunca nas pontas, tomando-se o cuidado de proteger o cabo de aço, para não destruir o concreto.

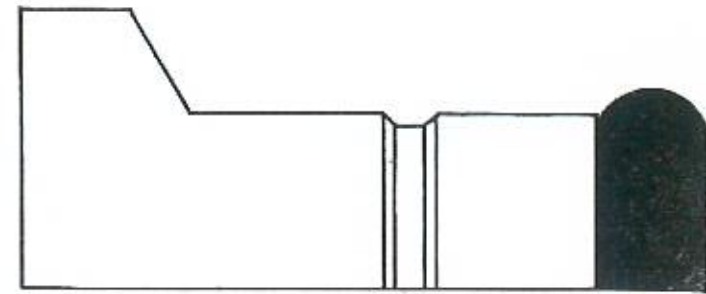
No caso de assentamento de adutora, deve ser considerada a possibilidade de sua passagem pela zona rural onde é preferível que fique apreente, ficando cada tubo apoiado em dois berços próximos à ponta e à bolsa, os quais deverão ter fundações adequadas a fim de evitar recalques. Muitas vezes, em terrenos fracos, torna-se necessária a execução de fundações profundas.



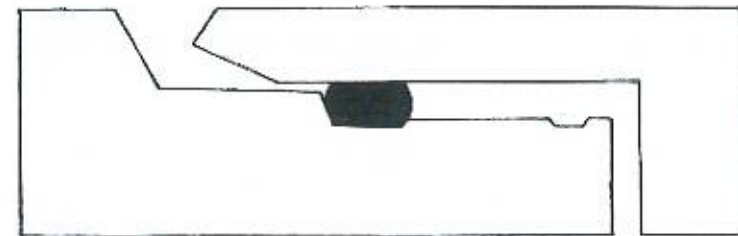
#### MONTAGEM EM TRÊS TEMPOS



COLOCAR O ANEL COMO INDICA O DESENHO  
NÃO DEIXÁ-LO TORCIDO



ROLAR O ANEL ATÉ OCUPAR O ENCAIXE NA PONTA



ENCAIXAR PONTA NA BOLSÃO  
CENTRAR OS DOIS TUBOS

TUBO DE CONCRETO  
PROTENDIDO INTEGRAL

JUNTA DE BORRACHA

Quando dentro de cidades, a linha deve ficar coberta. Daí a necessidade de abertura de uma vala que, devido às dimensões, terá que ser escorada.

No caso considerado, a não ser que se encontre terreno de muito boa qualidade para assentamento, é necessário que se coloque um lastro de material de boa qualidade e desagregado, podendo se usar inclusive para britada n.º 1. Em terreno fraco, a linha deve ter berços com fundações apropriadas.

O fundo da vala deve ficar muito bem nivelado, devendo-se, inclusive, usar aparelhos de topografia, para garantia de um bom serviço.

Para assentamento de adutora, o caminhamento deve ser perfeitamente definido e todas as peças especiais, como curvas, tês, registros, descargas e ventosas, devem ser locadas com exatidão.

Para um bom andamento do serviço, não se deve usar a mesma escavadeira para abertura de vala e assentamento. Não havendo possibilidade de se usar mais de uma escavadeira, pode-se construir um pórtico móvel para o assentamento.

O assentamento de tubos deve ser acompanhado, se possível, com aparelhos de precisão.

Os tubos devem ser encaixados com todo cuidado, devendo ficar a ponta perfeitamente centrada na bolsa.

No caso de junta de chumbo, uma vez o tubo centrado, ainda preso à escavadeira, emboca-se por intermédio de tifor. Centra-se o tubo colocando-se pequenas cunhas para que a junta fique toda igual.

Uma vez a junta certa, colocam-se imediatamente dois anéis de corda para fixação. Assim, pode-se escorar o tubo, usando pranchões de madeira. Neste ponto pode-se liberar a escavadeira para o próximo tubo, uma vez colocados dois ou três tubos, passa-se à confecção da junta, colocando-se mais dois ou três anéis de corda muito bem socadas. Posteriormente completa-se o enchimento da junta com chumbo cordado ou mesmo tubo de chumbo amassado.

Deve-se colocar pelo menos metade da junta com chumbo. As juntas são rebatidas anel por anel, devendo este serviço ser feito por pessoal especializado.

Uma vez terminada a junta, concretiza-se um anel para protegê-lo.

Para junta de borracha procede-se de maneira semelhante, colocando-se o anel de borracha em ranhura existente na ponta do tubo, estando este bem centrado; puxa-se com um tifor até que esteja perfeitamente embocado. Para maior facilidade passa-se uma graxa na bolsa.

Se o tubo não estiver muito bem centrado, ou se estiver ovalizado, a borracha não ficará igualmente comprimida em toda a junta, podendo ocorrer um vazamento.

Numa adutora devem-se colocar dois registros em cada derivação, manobrando-se apenas com o segundo e ficando o primeiro apenas para ser usado em caso de necessidade do esgotar a derivação e haver passagem de água pelo segundo. Tal prática evita a retirada de uma adutora de carga, numa emergência.

A experiência de ventosas em todos os pontos altos, para facilidade, especialmente, da manobra de enchimento da linha, é outro ponto a ser considerado.

Devem ser colocadas descargas em todos os pontos baixos, evitando-se assim que fiquem colos chelos d'água no caso de ser necessário o esgotamento da linha.

Se não houver lugar para lançar a descarga, pode ser feita uma caixa de concreto armado, de onde se bombeia a água quando a descarga for aberta.

Uma vez a linha assente devem ser feitos testes, antes de trabalho, para se providenciar algum reparo que se faça necessário.

As adutoras devem ter visitas de pelo menos 600 mm cada 200 m, no máximo, para permitir que sejam vistoriadas e feito bombeamento no caso de se esgotar a linha e também para manutenção.

Quando se assenta uma adutora de concreto, com as extremidades reforçadas em aço, é perfeitamente válido soldar as peças especiais, principalmente as curvas, a fim de dar maior rigidez e diminuir a ancoragem.

Usa-se, também, soldar a arco elétrico as juntas que aparentemente não estão em boas condições. Muitas vezes, a própria fiscalização exige do empreiteiro que determinadas juntas sejam soldadas.

Estas soldas são feitas com a mesma técnica e eletrodos que se usam para tubos de aço.

Evidentemente, quando se utilizam tubos de concreto pretendido integral, ou qualquer outro tipo que não tenha as extremidades reforçadas em aço, tal recurso não pode ser usado.

A seguir, apresentamos algumas normas adotadas pela CEDAG em editais para fabricação e assentamento de tubu-

lações de concreto protendido  $\varnothing$  1.750 mm, com alma de aço e extremidades reforçadas com chapa, junta tipo "lock joint" ou similar.

#### 2.2.3.2.1 Manutenção de linhas de concreto

As linhas de concreto apresentam grandes dificuldades na manutenção. Por sua constituição (grande diâmetro e tipo de junta), são projetadas de molde a não permitir vazamentos, porém quando mal executadas, ou devido à utilização de tubos fabricados fora de especificação, podem apresentar uma série de problemas que requerem solução.

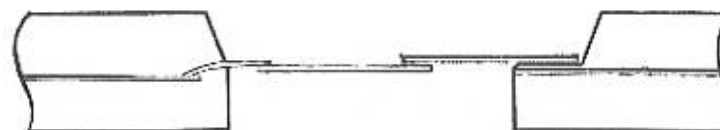
No Estado da Guanabara temos uma longa experiência neste tipo de manutenção, o qual não pode ser esquematizado como no caso de tubo de ferro fundido, de vez que requer uma série de providências, diferentes para cada tipo de acidente. De qualquer forma procuraremos agrupar os diversos tipos de vazamentos.

- Rutura;
- Vazamento no corpo do tubo;
- Vazamento em junta de chumbo externa;
- Vazamento em junta de chumbo interna;
- Vazamento em junta de borracha;
- Tubos fracos.

##### a) Rutura

A rutura ou destruição do tubo pode se dar pelos seguintes motivos: má operação da linha; falta de ventosas, permitindo golpes de ariete; pequeno vazamento na junta que corrói a alma do tubo e, no caso do protendido, suas percintas; má qualidade do tubo, principalmente o tubo de protendido de má confecção, com pouca cobertura das percintas que podem ser atacadas por agentes agressivos do terreno, rompendo-se e provocando a rutura do tubo.

Neste caso a única solução é a substituição do tubo. Para isso usamos tubos de aço telescopado, os quais são soldados na ponta e na bolsa dos tubos de concreto, de aço ou de ferro batido.



Estes telescopados devem ser calculados para cada tipo de concreto.

É serviço trabalhoso e demorado, e que requer boa cobertura de equipamento, de bombeamento e de guindaste, pois, devido ao peso das peças, a substituição de tubo de adutora quando feita manualmente leva um tempo enorme. Não havendo uma escavadeira disponível, é preferível alugar uma do que fazer trabalhos manualmente.

O serviço consiste no seguinte: completar a escavação com escavadeira, terminar a destruição do tubo, limpar as juntas, arriar o tubo de aço já acoplado por intermédio de instrumento de tração, abrir o telescopado até que se encaixe na ponta e na bolsa dos tubos de concreto, soldar as três juntas (ponta, telescopado e bolsa). O ideal é trabalhar com três máquinas de solda ao mesmo tempo, caso não seja possível é preciso esperar terminar uma junta para iniciar a outra, trabalho este que, num tubo de  $\varnothing$  1.750 mm, leva de 4 a 5 horas. Terminada as soldas retira-se todo o material de dentro do tubo e fecha-se a abertura (manhole). Posteriormente reveste-se o tubo por fora, sendo preferível concretá-lo.

##### b) Vazamento no corpo do tubo

Ocorre principalmente quando a alma de aço é perfurada (corrosão provocada por corrente elétrica quando não se faz proteção catódica). Este vazamento, em tubo de protendido, não sendo descoberta provoca a rutura.

Este tipo de vazamento é feito por dentro da linha. Após esgotá-la, quebra-se o concreto interno do tubo, descobrindo-se a chapa e faz-se uma lanternagem ou remendo com outro pedaço de chapa, através de soldagem. O remendo deve ser feito em local ainda não atingido pela corrosão.

Uma vez soldada a chapa reconstitui-se o cimento interno. Tratando-se de linha enterrada, este serviço torna-se traba-

lhoso porque o terreno fica cheio da água do vazamento e, quando a linha sai de carga, a água retorna pelo furo, impedindo a execução da solda. Para se fazer o serviço é necessário que se escave, fazendo esgotamento por fora.

c) *Vazamento em junta de chumbo externa*

Juntas mal feitas ou recalques existentes no terreno provocam vazamentos.

Em linhas aparentes deve-se quebrar o anel, rebater e rechumar a junta, para o que é necessário tirar a linha de carga.

Muitas vezes o recalque do terreno é tão grande que a junta fica demasiado larga de um lado e de outro tão apertada que não permite chumbar. A solução consiste em soldar toda a junta.

Uma vez reparado o vazamento refaz-se o anel.

Algumas vezes os vazamentos se repetem tanto que o reparo se torna impraticável, de vez que a retirada de uma adutora de carga acarreta grande prejuízo ao abastecimento. Neste caso, a medida adotada tem sido a retirada do anel, taliscando a junta com cunhas de pinho. Feita a vedação, solda-se.

Quando se trata de adutora enterrada, passando pela cidade, o problema é muito maior. Se o número de vazamentos é pequeno, procede-se como acima, escavando-se.

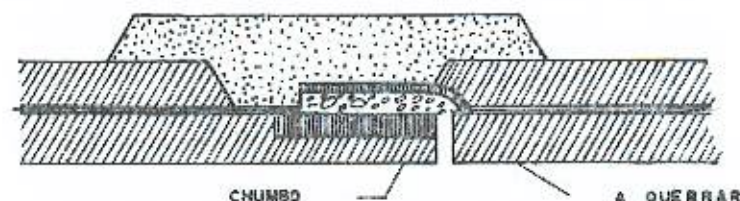
Há casos, porém, de adutoras que apresentam muitos vazamentos, devido a má execução do assentamento. Sendo praticamente impossível abrir-se uma escavação por vazamento, o serviço terá que ser executado internamente.

Fazer por dentro uma junta que, normalmente, deve ser executada por fora, não é uma boa solução. Embora tenhamos grande prática neste tipo de serviço, não o aconselhamos como ideal.

Três possibilidades podem ser consideradas:

— Quebrar o cimento do tubo e chumbar a junta de dentro para fora. Esta prática apresenta dois inconvenientes:

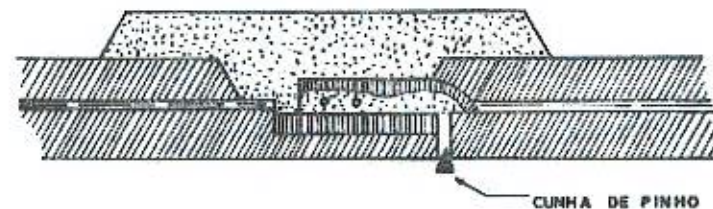
1) Quando se quebra o cimento há o perigo de se furar a chapa com o ponteiro, provocando um pequeno furo que passa despercebido e, mais tarde, dará origem a um novo vazamento. 2) A junta feita de fora para dentro não oferece facilidade para chumbar, havendo, pois, o risco de afrouxar-se mais ainda a chumbada.



*Soldar a junta por dentro* — Para isto é também necessário quebrar o cimentado. Ocorre, ainda, que a caloría da solda derrete o chumbo, obrigando a soldagem da junta inteira, o que é muito demorado.

Se o vazamento for grande, inevitavelmente voltará água para o tubo, impedindo que se solde sem fazer escavação externa.

O terceiro sistema usado, aparentemente o pior, é no entanto o único que não estraga o tubo. Consiste em se encaixar com teliscas de pinho a abertura entre os dois tubos. Posteriormente, com cunhas de peroba, comprime-se o pinho, impedindo que se solte.



Como se vê, não existe realmente um bom sistema, apenas recursos que são usados, visando manter uma adutora mal instalada.

#### d) Vazamento em junta de chumbo interno

Faz-se o vazamento por dentro, quebrando-se a argamassa de proteção à junta, a seguir chumba-se e rebate-se novamente. Se a junta estiver muito ruim, por ovalização ou má centralização, solda-se e refaz-se a argamassa.

#### e) Vazamento em junta de borracha

Uma adutora bem assente com junta de borracha não deve vazar, porém, algumas vezes, isto ocorre devido à má execução de assentamento.

Neste caso a solução é soldar a junta, por fora ou por dentro, para o que é necessário que se destrua o concreto nas proximidades da junta.

De qualquer maneira, é preciso tirar a linha de carga. O mais aconselhável é fazer o serviço por dentro, já que por fora pode se atingir a armação do tubo.

Ocorre que, com o calor da solda, a borracha se derrete, impedindo o serviço. Torna-se, então, necessário arrancar o anel. Outras vezes não se consegue soldar, sendo necessário chumbar a junta. Esta prática é desaconselhável porque, não sendo a junta feita para ser chumbada, não se consegue dar a necessária firmeza.

Utiliza-se também o recurso da colocação de cunhas de pinho, fazendo a vedação entre os dois corpos de concreto dos tubos, de forma já vista.

#### f) Tubos fracos

Quando se nota um grande número de ruturas numa adutora, principalmente tratando-se de concreto protendido, deve-se verificar se os tubos não estão fora de especificação, mal especificados, ou mesmo com defeito de fabricação.

Há casos de tubos com pouco cobrimento das percintas. Estes tubos, quando assentes em terrenos quimicamente agressivos, sofrem uma corrosão das percintas, o que provoca a sua rutura.

Neste caso há que reforçá-los. Para isto usamos o sistema de cintas de aço aparafusadas, com posterior concretagem.

#### 2.2.4 Tubos de plásticos

Diversos tipos de tubos plásticos têm surgido, porém o que melhores condições tem demonstrado é o PVC rígido.

Para linhas de pequenos diâmetros, até 150 mm ou 200 mm, estes tubos têm sido usados com sucesso, embora nada se possa ainda dizer quanto à durabilidade.

Os tubos de PVC rígido são separados por classe de pressão, temos:

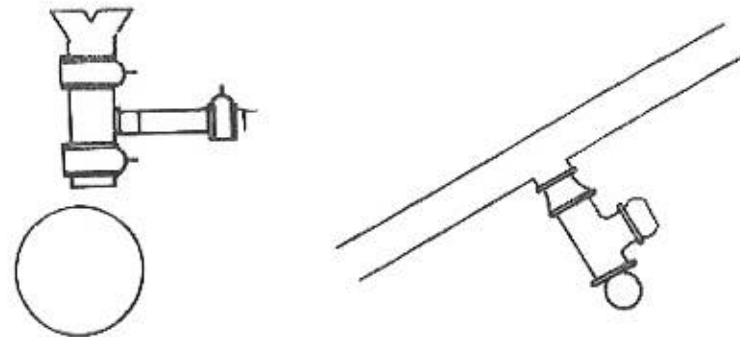
Classe	Pressão serviço (kg/cm <sup>2</sup> )
12	6
15	7,5
20	10

Os tubos de plásticos podem ser usados com junta flexível, junta soldada, ou mesmo rosqueadas.

A junta soldada vem tendo grande aceitação, pois seu emprego torna cada junção um ponto forte da tubulação, a estanqueidade é absoluta e sua instalação muito simples.

#### 2.3 INSTALAÇÃO DE PEÇAS ESPECIAIS

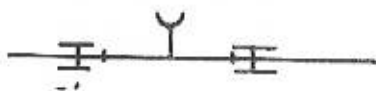
Consideremos aqui as linhas de ferro fundido, já que as linhas de concreto não podem ser cortadas nem furadas. Quando se quer fazer uma ligação de pequeno diâmetro numa adutora de concreto, o mais prático é aproveitar uma saída de descarga ou ventosa.



No caso de uma ligação de grande diâmetro é necessário destruir o tubo e substituí-lo por um tê de aço telescópado, procedendo-se da mesma forma que numa rutura.

Para linhas de ferro fundido, a maneira tradicional é o corte do tubo, manualmente ou por intermédio de equipamento especial, e a instalação de um tê, com saída apropriada, e de uma luva.

Dois problemas principais devem ser enfrentados: a) A água — Muitas vezes, devido à má vedação dos registros, a água continua a se escoar, fazendo com que o serviço se prolongue enormemente, dada à impossibilidade de chumbar a junta, o que, comumente, leva à necessidade de se fazerem manobras em troncos e até mesmo em adutoras. b) a Diversibilidade de peças — Em virtude dos tubos antigos não terem espessura da parede igual a dos novos, algumas vezes, a bolsa do tê que está sendo aplicado não recebe a ponta do tubo antigo. Em certas ocasiões, até a luva tem de ser trocada. Nestes casos a solução é chumbar-se à bolsa do tê um pedaço do tubo e colocar o tê com duas luvas.

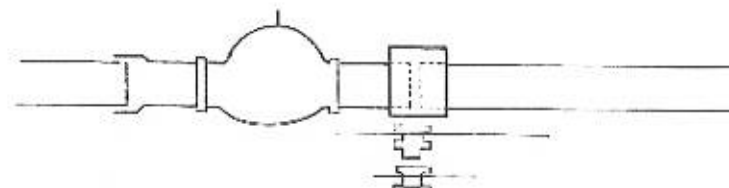


Há quem prefira destruir o tubo e substituí-lo por um pedaço, um tê e uma luva, para evitar cortes.

Quando há necessidade de colocação de um registro, considerando que esta peça quando fechada recebe um grande esforço que tende a deslocá-lo, deve-se tomar o cuidado de colocar-se a peça à jusante, bem embocada, ficando a luva à montante.



Como muitas vezes o sentido do escoamento pode variar, usa-se ocupar o espaço vazio, que será coberto pela luva, com parafusos ou com pedaços de chapa, devidamente cortados.

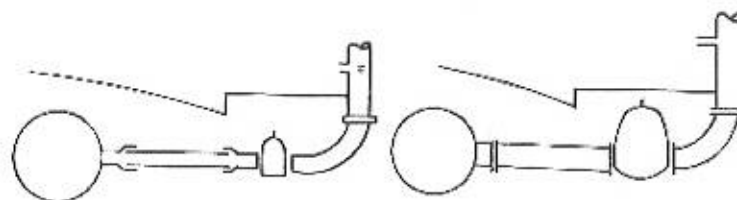


Em qualquer caso o registro tem que ser escorado, construindo-se uma base de concreto para ancorá-lo.

Vejam agora quais os recursos existentes para ligações de pequeno diâmetro (abaixo de 300 mm).

Neste grupo estão os hidrantes, ventosas e distribuidores.

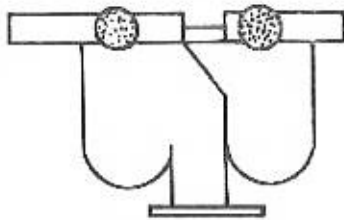
Hidrantes, peças normalmente de 100 mm, que devem ser colocadas a distâncias estipuladas por regulamento, de modo a que se tenha, em qualquer ponto da cidade, água com pressão suficiente para combate a incêndios.



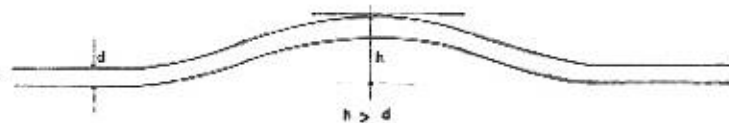
Pode ser usado para instalação um dos esquemas mostrados. Parece-me mais aconselhável a instalação em flange, porque auxilia muito na ancoragem.

Ventosas, peças destinadas a expurgar o ar da linha. Devem ser colocadas em todos os pontos altos, sendo indispensáveis ao bom funcionamento. É a maior defesa que temos contra ruturas em linha de grande diâmetro. Quando a linha está sendo cheia, é necessário que se acompanhe seu funcionamento, pois uma ventosa que fecha devido à pressão do ar pode provocar uma rutura.

Há diversos tipos de ventosas. As melhores são ventosas duplas, com bolas, que permitem que todo ar seja expurgado, e são de fácil manutenção.



Quanto maior o número de ventosas melhor, principalmente quando do enchimento da linha, porém, não sendo possível, adotamos como regra colocar uma ventosa cada vez que há uma elevação maior do que um diâmetro.



Em linhas adutoras esta regra não é válida, sendo imprescindível a instalação de ventosas em todos os pontos altos.

As ventosas e hidrantes muitas vezes devem ser instalados em linhas de grande diâmetro, e de grande responsabilidade, e nos parecia absurdo a interrupção do fornecimento prejudicando, muitas vezes, bairros inteiros.

Outro problema surgiu com as linhas de 800 a 900 mm, pois não há fabricação de peças para estes diâmetros, a não ser por encomenda especial.

Em virtude destes problemas, foi iniciado o estudo de uma fórmula que permitisse ligar, pelo menos linhas de pequeno diâmetro, sem prejudicar o abastecimento, ou seja, sem tirar a linha de carga.

Sobre o assunto foi apresentado trabalho ao V Congresso de Engenharia Sanitária, que passo a transcrever:

### 2.3.1 Necessidade da ligação em tubulação em carga

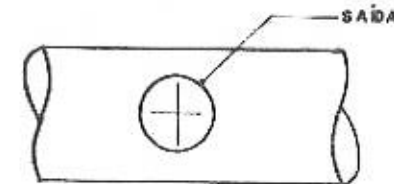
As ligações nos grandes troncos devem ser feitas com o menor prejuízo possível do abastecimento de água.

A colocação de um derivante, em uma tubulação de diâmetro superior a  $\varnothing$  400 mm, leva em média 12 horas, isto sem levar em conta a escavação.

Durante todo este tempo a tubulação fica fora de carga, causando graves prejuízos ao consumidor. Esta sempre foi a grande preocupação da CEDAG. A necessidade de eliminar a paralisação do abastecimento, obrigou o aparecimento de novas técnicas, quais sejam:

### 2.3.2 Ligação em luva bipartida de ferro fundido sem a máquina de furar tubulação

Colocava-se a luva bipartida aparafusada na tubulação, marcava-se o ponto de saída, a seguir, com o buril e a talhadeira, cortava-se o tubo, conforme a figura.



Colocava-se a bipartida novamente no lugar, centrava-se a saída, tirava-se a tubulação de carga e, a seguir, com uma barra de ferro, afundava-se a parte cortada para dentro da tubulação. Com esta técnica reduzia-se para 2 horas o tempo em que a tubulação ficava fora de carga.

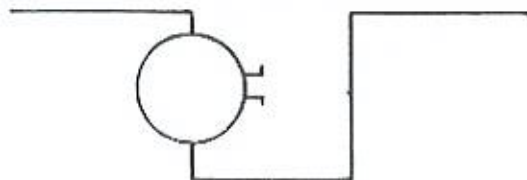
### 2.3.3 Máquina de furar tubulação em carga

Em 1964, a CEDAG adquiriu nos Estados Unidos, uma máquina de furar a tubulação em carga, marca Mueller CC-25

Drillings Machine, com furo máximo de 250 mm. Com este equipamento, acoplado ao flange do registro de saída, da luva bipartida, começamos a fazer ligações sem a interrupção do abastecimento de água.

Com a execução de alguns serviços, notamos que as luvas bipartidas não eram as peças ideais, pois, além de muito caras, apresentavam constantes vazamentos no flange longitudinal e, além disso, exigiam uma área de escavação muito extensa.

Os motivos acima expostos nos levaram a procurar outro método que permitisse a ligação de uma tubulação em carga. Com o aparecimento das soldas frias, próprias para ferro fundido, desenvolvemos uma técnica nova que consiste em soldar um tubo de aço ou ferro fundido, flangeado numa de suas extremidades, no tubo de ferro fundido que se ligar.



Este tipo de ligação, além de evitar os inconvenientes da luva bipartida, apresenta as seguintes vantagens:

— Evita o estoque de peças caras, como as luvas bipartidas, de vez que as saídas em aço são feitas ao mesmo dia, pela nossa oficina.

— Reduz a área e o volume de escavação à metade, pois só é necessário descobrir o lado da tubulação que se quer ligar.

Com isto facilita-se a ligação em ruas de grande trânsito, ocupando apenas metade do espaço da faixa de rolamento que normalmente utilizaríamos nos outros tipos de ligações.

#### 2.3.4 Utilização de saídas de aço soldadas em tubos de ferro fundido

Nos serviços de manutenção do DAA havia uma crença segundo a qual a soldagem de tubos de ferro fundido era impraticável. Este entendimento decorria do seguinte fato:

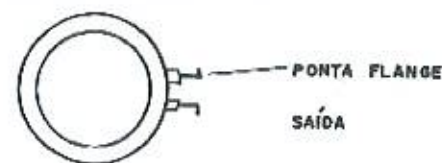
Sempre que se testava um determinado eletrodo para ferro fundido era para corrigir as rachaduras ou falhas de tubos já em uso. Ora, sendo a solda em ferro, uma solda que requer uma série de cuidados, sendo por esse motivo muito demorada, não convencia porque, ou o soldador era apressado pela necessidade de executar um serviço rápido, fazendo, então uma solda mal feita, ou demorava-se muito na execução, o que provocava uma paralisação enorme da linha avariada.

Como nos casos de acidentes de linha o fator mais importante é a rapidez da execução do reparo, foi completamente abandonado a utilização de soldas nos serviços de manutenção do sistema adutor e distribuidor.

Quando começaram a aparecer as primeiras dificuldades com a luva bipartida, verificamos não ser esta, ainda, a maneira ideal de se fazer ligações com a linha em carga.

Foi aventada, então, a possibilidade de utilizarmos saídas soldadas nos tubos de ferro fundido, com flanges nas extremidades, que recebiam diretamente o registro, facilitando enormemente os serviços.

As dificuldades que surgiram para reparos de rachaduras deixavam de existir, pois as soldas seriam feitas externamente à tubulação, podendo portanto demorar, já que o abastecimento continuava a ser feito normalmente.



Solicitamos a diversos fornecedores, testes foram feitos em oficina e optou-se pelo eletrodo UTP que, na época (1966), foi o único que conseguiu garantir a estanqueidade.

Utilizamos os eletrodos UTP 8 e 8FN com pleno sucesso. Ambos são eletrodos de baixa temperatura, portanto, para esta solda, usa-se uma amperagem bem baixa (50A e 70A).

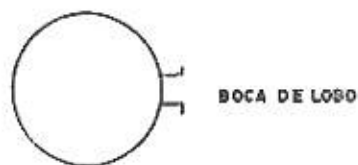
Estes eletrodos, pelas suas características, tem uma resistência à tração de, aproximadamente, 50 kg/mm<sup>2</sup>, sendo por conseguinte ideal para o que propomos.

Usa-se uma camada inicial de UTP 8 e, posteriormente, combina-se o 8 FN.

Várias experiências foram efetuadas no campo, com instalação de saídas para colocação de ventosas na 2.ª adutora de ferro fundido (Ramal Rio D'Ouro), com pleno sucesso. Experimentamos a colocação de ventosas porque estas, quando abrem para expurgar o ar e tornam a se fechar, exercem um grande esforço de tração sobre a solda.

Uma vez verificado que a solda resistia e mantinha a estanqueidade, passamos a usá-la em diversas ligações, sempre com êxito.

Podemos utilizar como saída, indiferentemente, uma ponta flange de ferro fundido ou a mesma peça em aço. De preferência utilizamos a segunda, por ser mais leve e de mais fácil preparo, pois, no local, com maçarico de oxi-acetileno, podemos dar forma à ponta para que ela se adapte perfeitamente ao tubo de ferro fundido (boca de lobo). No caso de ponta de ferro fundido, torna-se necessário uma maior cobertura por parte da oficina, pois o formato da boca de lobo exige o uso de esmeril, o que não é fácil, já que a boca de lobo é uma curva reversa (elipse reversa).



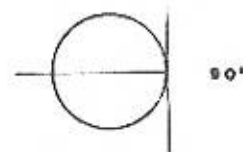
Há vantagem também no uso de ponta em aço porque este material, tendo maior alongamento, não apresenta tanto perigo no tocante à retração. No caso de ponta de ferro, a retração pode ser prejudicial, não só ao tubo como à própria ponta.

O grande problema encontrado neste tipo de solda é a retração pois, sendo o ferro fundido de baixo prolongamento, há o perigo de surgirem pequenas fissuras junto à solda.

Para evitar isto necessário se torna que a solda seja executada com todo o cuidado. Solda-se apenas um cordão de, no máximo, 3 cm, martela-se este cordão e passa-se para o lado diametralmente oposto, evitando-se o superaquecimento da peça.

Para uma boa solda o ideal seria chanfrar, no tubo de ferro fundido, a curva onde seria feita a solda, porém com uma perfeita limpeza da superfície que receberá a solda, e raspagem da betúvia, temos feito serviços bastante satisfatórios.

No caso de se fazer o orifício com a máquina de furar, há que se atentar para que o eixo do pescoço fique perfeitamente perpendicular à tangente ao tubo que passa pelo centro do furo, pois qualquer desvio pode provocar a rutura dos dentes da scrra da máquina de furar.



Devemos ressaltar o fato de que a máquina de furar apresenta um verdadeiro teste para solda, uma vez que, ao furar o tubo exerce uma tração sobre a solda, que representa um espaço superior à pressão d'água. Caso a solda esteja bem ruim rachará logo no início da operação de furar, podendo ser reforçada, sem prejuízo do abastecimento (linha em carga).

Já foram feitas ligações em linhas com pressão de até 60 metros, sem nunca apresentar problemas.

A dificuldade que surgiu, foi para soldarmos saídas em linhas muito antigas, principalmente em tubos construídos no século passado e início deste. Como estes tubos não têm uma

estrutura homogênea, por não serem centrifugados, diversas vezes apareceram rachaduras na solda, quando do início da furação. Este problema foi resolvido com a utilização de outro eletrodo, o UTP 81 combinado com o 81 S para as primeiras camadas, e posterior aplicação do eletrodo n.º 8.

Como ilustração, apresento características dos eletrodos utilizados.

UTP n.º 8 "weichfluss" (Ni — soldagem a baixa temperatura) para solda de ferro fundido cinza, ferro fundido maleável, aço fundido.

Dureza: 175 BR.

Alongamento: cerca de 35%.

Resistência a tração: 50 kg/m<sup>2</sup>.

Cor de identificação: branco.

Eletrodo UTP 8 NF (Ferro — nível solda forte a baixa temperatura) para ferro fundido maleável oleoso, deve ser usado em combinação com o n.º 8.

Resistência à tração: 55 kg/mm<sup>2</sup>.

Dureza: 185 BR.

Alongamento: 20%.

Cor de identificação: verde.

Eletrodo UTP n.º 81 e 81 S propriedade de soldagem em todas as espécies de ferro fundido. Ideal para soldar ferro fundido queimado.

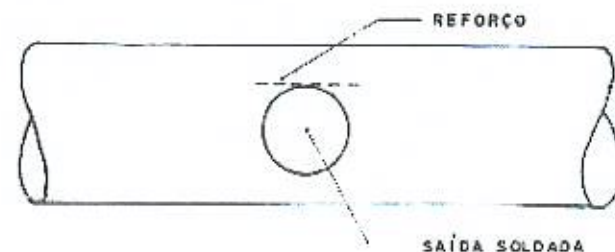
Resistência à tração: 38 kg/mm<sup>2</sup> (média s/ ferro fundido esferoidal).

Dureza: 300-330 BR.

Cor de identificação: amarela.

Como já foi visto, a máquina de furar, no início do trabalho, exerce sobre a solda um esforço, o qual é também exercido sobre o tubo, que não foi calculado para isto, advindo deste fato uma rutura. Para diminuir esta possibilidade, pa-

rece-nos aconselável soldar 4 vergalhões, ou barras de aço, ao lado da saída para que o esforço, exercido num só ponto, possa ser melhor distribuído, tornando assim mais remota a possibilidade de um acidente.



Apresentamos a seguir todos os serviços já executados com solda, sem o menor problema, a não ser o já citado (solda nos tubos antigos).

### 2.3.5 Serviços executados com saídas soldadas

Foram executadas inúmeras ligações com saídas soldadas, em adutoras, subadutoras e troncos alimentadores, variando as pressões de trabalho entre 25 a 60 metros, coluna d'água.

Foram executadas cerca de 41 ligações usando-se a solda a frio, sem qualquer problema, a não ser o citado (tubos antigos e não centrifugados), já inteiramente superado.

### 2.3.6 Comparação entre as apropriações de custo dos tipos de ligações tradicionais e a saída soldada

Para os três tipos consideramos uma linha de 400 mm na qual se quer ligar uma de 200 mm.

- Ligação em tê;
- Ligação em luva partida;
- Ligação com solda UTP.

LIGAÇÃO EM TÊ Ø 400 x 200 mm

Tê de 400 x 20 mm	u	i	256,21	256,21
Luva de 470	u	i	132,24	132,24
Registro de 200 mm FF	u	i	362,77	362,77
Junta de chumbo 200 mm	u	i	0,50	0,50
Parafuso de 3/4	u	i	1,61	12,88
Chumbo em barra	kg	50	1,60	80,00
Juta alcatroada	kg	5	2,25	11,25

855,85

Mão-de-obra

4 bombeiros hidráulicos	h	48	1,40	67,20
6 trabalhadores	h	72	1,25	90,00

157,20

M.O.	ADM. 44%	ENC. 20%	TOTAL
157,20	69,16	31,44	257,80

Transporte	12 x 14,21	170,52
Bomba 3"	8 x 1,48	11,84
Bomba 1 1/2"	8 x 0,49	3,92

186,28

MATERIAL .....	855,85
MÃO-DE-OBRA .....	257,80
TRANSPORTE E EQUIPAMENTO .....	186,28

Custo total ..... 1.229,93

LIGAÇÃO BIPARTIDA DE Ø 470 x 200 mm

Luva bipartida 470 x 200 F	u	i	290,17	290,17
Registro de 200 FF	u	i	362,77	362,77
Junta de chumbo 200	u	i	0,50	0,50
Parafuso de 3/4	u	i	1,61	12,88
Chumbo em barra	kg	40	1,60	60,00
Juta alcatroada	kg	4	2,25	9,00

739,32

Mão-de-obra

4 bombeiros hidráulicos	h	32	1,40	44,80
6 trabalhadores	h	48	1,25	60,00

104,80

M.O.	ADM. 44%	ENC. 20%	TOTAL
104,80	46,11	20,96	171,87

Transporte 8 horas x 14,21 113,68

MATERIAL .....	739,32
MÃO-DE-OBRA .....	171,87
TRANSPORTE E EQUIPAMENTO .....	113,68

Custo total ..... 1.024,87

SAÍDA SOLDADA

Eletrodo UTP 1/8	kg	1,5	73,00	109,50
Flange aço 200 x 3/4	u	i	82,00	82,00
Máquina de solda serviço	h	4	5,00	20,00
Gasolina	l	25	0,20	5,00
Tubo de aço 200	m	0,2	67,30	13,46
Eletrodo fleetweld 3/16	kg	1	1,41	1,41
Oxigênio	m <sup>3</sup>	2	2,56	5,12
Acetileno	kg	1	5,64	5,64
Registro de 200 FF	u	i	362,77	362,77
Junta de chumbo 200	u	i	0,50	0,50
Parafuso de 3/4	u	8	1,61	12,88

618,28

Mão-de-obra

4 bombeiros hidráulicos	h	16	1,40	22,40
6 trabalhadores	h	24	1,25	30,00
1 soldador	h	19	1,31	24,89

77,29

M.O.	ADM. 44%	ENC. 20%	TOTAL
77,29	34,00	15,45	126,74
Transporte	4 horas x 14,21		56,84
MATERIAL .....			618,28
MÃO-DE-OBRA .....			126,74
TRANSPORTE E EQUIPAMENTO .....			56,84
Custo total .....			801,86

### 2.3.7 Experiência com ferro ductil

Não poderíamos deixar de fazer menção às experiências feitas com o ferro ductil.

Como não temos ainda linhas de ferro ductil em funcionamento, limitamo-nos a alguns testes de oficina, que passamos a relatar.

Em um pedaço de tubo ductil de  $\varnothing$  400 mm, com aproximadamente 1,50 m de comprimento, foram soldados 2 tampões de aço, um com eletrodo fleetweld 5 P (eletrodo para aço comum, alta temperatura) e o outro com eletrodo UTP e 8 FN. Enchendo-se o tubo com água até a pressão de 40 m CA, foram soldadas, e posteriormente furadas, três saídas de  $\varnothing$  100, respectivamente, com os seguintes eletrodos:

- fleetweld 5 P;
- UTP 81;
- Weld-trod 6-96.

A experiência deu excelentes resultados, não tendo sido constatado nenhum vazamento.

Há que considerar que a solda feita com eletrodo fleetweld 5 P foi executada como se o tubo fosse de aço (solda corrida,

amperagem 120 A). Não verificamos as soldas quanto ao seu comportamento contra impacto.

Caso a prática confirme o teste, teremos aberto um grande campo para a aplicação de solda elétrica, em tubos de ferro fundido já que, pelo verificado, o ferro ductil aceita qualquer tipo de eletrodo, inclusive o de alta temperatura. Parece-nos, porém, mais aconselhável o uso de um eletrodo especial, que deverá ser escolhido entre os de baixa temperatura.

### Ligação com colar de tomada

As ligações em carga podem ser feitas por intermédio de colar de tomada em aço.

Este sistema tem sido largamente usado na CEDAG, por oferecer maior segurança do que a bipartida e ser de fácil instalação.

O sistema de furar é idêntico ao utilizado para ligações soldadas.

## ANEXO I

### NORMAS DE ASSENTAMENTO DA TUBULAÇÃO DE AÇO

#### 1. GENERALIDADES

Referem-se estas regras às normas de trabalho a serem empregadas na construção da tubulação de aço.

##### 1.1 Locação

A locação será feita de acordo com os respectivos projetos, admitida, no entanto, certa flexibilidade na escolha definitiva de sua posição, em face da existência de obstáculos não previstos, bem como da natureza do subsolo que servirá de apoio; quaisquer modificações serão, porém, feitas sempre de comum acordo entre as partes interessadas.

##### 1.2 Forma da vala

A vala deve ser escavada de forma a resultar uma seção retangular. Caso o solo não possua coesão suficiente para permitir a estabilidade das paredes, admite-se inclinação a partir do dorso do tubo. As valas devem ser abertas em pequenos trechos, de acordo com o andamento do serviço, devendo ser executadas de forma a permitir o perfeito alinhamento vertical e horizontal da linha. A vala deverá ser aberta com cuidado, de forma a evitar excesso de escavação, com reaterro posterior, o que não será aceito, a não ser em condições desfavoráveis de fundação.

##### 1.3 Profundidade da vala

A profundidade da vala deverá ser executada de acordo com o projeto.

##### 1.4 Largura da vala

A largura da vala deverá ser de 2,55 m até a geratriz superior do tubo, para efeito de pagamento.

### 1.5 Escavação

A escavação pode ser feita manualmente ou com maquinaria apropriada. Nos trechos em rocha dura, podem ser utilizados explosivos ou perfuratrizes apropriadas. O material escavado será colocado de um lado da vala, de tal modo que, entre a borda da escavação e o pé do monte de terra, fique, pelo menos, um espaço de 30 cm.

### 1.6 Base contínua para assentamento de tubos

Os tubos devem ser assentes de modo a permitir perfeito apoio longitudinal de geratriz inferior.

No caso do fundo da vala se apresentar em rocha ou material indeformável, deve ser interposta uma camada de areia ou cascalho fino de espessura não inferior a 10 cm. Aceita-se também o emprego de terra peneirada, desde que em local onde permaneça seca e não possa se escoar entre as fissuras da rocha.

O fundo de cada vala deve estar livre de pedras e ressaltos, de forma a que o tubo assente diretamente, permitindo a centragem de dois tubos adjacentes. O fundo da vala deve ser moldado, se possível, para contato em arco de círculo ao invés de linear (ao longo da geratriz inferior).

Os tubos não devem ser colocados sobre calços rígidos no fundo da vala. Não deixar calços de madeira enterrados em contato com a parede do tubo. No caso de ser necessário o emprego temporário de calços, pode-se usar o seguinte método: encher sacos de cimento com areia, colocá-los sob o tubo, e rompê-los posteriormente para evitar tensões concentradas.

### 1.7 Transporte

É essencial que todos os tubos cheguem ao longo da vala em perfeito estado. Os caminhões ou "trailers" usados para transporte, deverão conter berços de madeira com acomodação para os tubos, acolchoados com materiais não abrasivos. Os pontos de contato entre os tubos e as cordas, correntes ou tirantes que envolverão todo o carregamento no caminhão, deverão ser protegidos com material não abrasivo.

Quando a deformação do tubo revestido exceder 2% do diâmetro, cada extremo do tubo deve ser contraventado adequadamente por suportes ou esticadores (aranhas). Os tubos devem ficar separados uns dos outros, apoiados em calços acolchoados.

Durante a carga ou descarga não é permitido que cabos, correntes, ganchos, barras metálicas, entrem em contato direto com o tubo para evitar rutura do revestimento.

### 1.8 Descarga

A descarga deverá ser feita, tanto quanto possível, nas extremidades da vala de assentamento. Não deverá ser permitido jogar o tubo revestido ao solo, nem manjá-lo de maneira a prejudicar o revestimento. O tubo revestido deve, sempre que possível, ser descarregado com suportes de lona suficientemente largos, para evitar marcas cortantes no revestimento.

Esses suportes devem ter a largura mínima de 10 cm.

As madeiras para rolamento dos tubos, deverão ser largas e preferivelmente acolchoadas, a fim de evitar danos ao revestimento.

No caso de ser necessário o armazenamento dos tubos antes da sua utilização, usar as mesmas regras já descritas para transporte e descarga. Evitar pilhas muito altas que danifiquem os tubos ou o revestimento.

### 1.9 Distribuição dos tubos ao longo da vala

Toda movimentação do tubo (de sua posição de estocagem ao longo da vala para a sua posição de soldagem) será feita com equipamento apropriado (tratores com lança, etc.), a fim de evitar quaisquer danos ao revestimento. Caso não seja possível a utilização destes equipamentos, os tubos poderão ser movimentados apoiados sobre peças de madeira, preferivelmente em suas extremidades sem revestimento.

Proteger o tubo no caso do terreno ser rochoso ou apresentar pedras soltas a fim de evitar danos ao revestimento, apoiando-o em blocos de madeira acolchoados ou em montes de terra.

Não devem ser usadas alavancas, correntes ou cabos de aço sem proteção de lona para o seu rolamento sobre as madeiras.

Não deverá ser permitido que pessoas andem sobre os tubos revestidos; quando não for possível evitar, elas deverão estar descalças ou com sapatos de sola de borracha. O levantamento do tubo para a sua posição de soldagem deve ser feito com os mesmos cuidados tomados para a descarga.

#### 1.10 Soldagem

A soldagem de campo deverá ser executada com máquina de solda acionada para motor a gasolina ou diesel. Cada conjunto será operado por um soldador e deverá dispor de cabo de extensão bastante para permitir um trabalho em 40 a 50 metros de tubulação, sem necessidade de sua movimentação.

Havendo necessidade, pode ser executado no campo qualquer corte de tubo por meio de maçaricos de oxi-acetileno, tomando-se as precauções de recomposição do revestimento, como descritas adiante. Os tubos serão soldados nas valas, de acordo com as recomendações da norma C 206-62 da AWWA ou D 7.0-62 da AWS.

Os eletrodos a serem usados deverão obedecer as especificações da A.W.S. (American Welding Society) nas classes E-6010 (Fleetweld 5), E-6011 (Fleetweld 35), E-6013 (Fleetweld 47).

Os soldadores deverão ser qualificados e peritos conhecedores do ramo.

As soldas de topo podem ser executadas em chanfros simples externos.

As superfícies a serem soldadas devem ser isentas de escamas soltas, escória, ferrugem grossa, graxa, tinta, cimento, ou qualquer outro material estranho, exceto escamas de usina, fortemente aderidas.

As superfícies das juntas devem ser lisas, uniformes e isentas de rebarbas, após a limpeza com escova de aço. Não se deve realizar operações de soldagem quando as superfícies estiverem molhadas.

Não será preciso remover as soldagens de ponteamto, usadas para ajustar os tubos, desde que elas sejam sólidas e os cordões que as cubram realizem perfeita ligação com elas.

O reforço de solda não deve ser superior a 1/16" acima da superfície do tubo. Os tubos devem ser alinhados com precisão de modo que, na junta acabada, o tubo não se projete além do tubo adjacente mais de 20% da espessura do tubo.

Vazamentos em soldas, quando a tubulação está sob pressão hidrostática, devem ser reparados, removendo-se o material defeituoso, que causou o vazamento, e soldando-se novamente.

Vazamento algum deve ser reparado por estanqueamento mecânico. Os defeitos em soldas ou soldas defeituosas devem ser removidos por cinzelamento, cortando-se o suficientemente necessário dos lugares com defeito. Os lugares de onde se fez remoção serão novamente soldados. Ao se aplicar o último passe de soldagem em cordões circunferenciais deve-se, no caso de se encontrar cordões longitudinais, prosseguir com aquele passe ao longo do cordão longitudinal cerca de 5 cm, para que se evite vazamentos nas interseções das soldas.

Deve-se tomar precaução para reduzir as tensões, em juntas de tubos, causadas por expansão da tubulação devidas à temperatura antes do reenchimento da vala; essa precaução consiste em soldar os trechos finais na hora mais fria do período da manhã.

Os testes de vazamento em juntas soldadas serão realizados testando-se hidrostaticamente a linha.

Face à necessidade de trabalho internamente à adutora, deve o empreiteiro cuidar para que haja ventilação adequada.

No caso de juntas próximas às ancoragens usar um cordão duplo de solda (interno e externo — no caso de solda de topo) para garantir resistência aproximadamente idêntica à da parede do tubo.

Em geral, linhas enterradas não apresentam problemas quanto à expansão térmica, a não ser durante a construção, face ao aterro parcial. Recomendamos, então, sejam soldados trechos contínuos de 120 a 150 m, deixando entre trechos subsequentes uma junta aberta — que deverá ser soldada após terminado o aterro do trecho e pela manhã, a fim de minorar as tensões térmicas quando a linha estiver cheia de água fria.

Tubos aéreos assentes em berços podem ser soldados continuamente, deixando juntas especiais de fechamento, como descrito anteriormente.

As juntas soldadas na fábrica e no campo serão submetidas, por amostragem, a critério da fiscalização, a teste por raios-X, conforme determina norma da API. Na amostragem serão incluídas 10% das juntas soldadas no campo e na fábrica. No caso de serem constatadas juntas defeituosas, todo o lote será rejeitado. A extensão da rejeição poderá ser diminuída no caso do empreiteiro; às suas próprias custas, provar por raios-X de todas as soldas do lote, que as mesmas são adequadas, a critério da fiscalização.

Para efeito desta norma considera-se um lote uma extensão de tubulação de até 200 m de comprimento.

#### 1.11 Proteção e retoque no revestimento nas juntas e no tubo

Este trabalho consiste de: limpeza, aplicação da tinta primária e feltro de amianto. Deverá ser feito de tal modo que acompanhe o andamento do assentamento da tubulação.

Normalmente, as seções serão soldadas e, em seguida, revestidas; quando se estiver fazendo o retoque do revestimento da junta, deve-se aproveitar a oportunidade para o retoque de algum eventual dano causado ao tubo em seu transporte ou movimentação.

Uma inspeção final deverá ser feita na ocasião da descida de trecho da tubulação na vala. Todos os defeitos no revestimento serão reparados com aplicações adicionais de esmalte ou esmalte e feltro, de modo que essas áreas fiquem igualmente protegidas de acordo com o revestimento especificado.

Durante a execução dos serviços deve ser colocado e mantido na superfície interna inferior do tubo papel alcatroado grosso, qualquer que seja o acabamento da superfície interna (sem revestimento, só com "primer" ou esmaltado) face ao tráfego de pessoal no caso de tubos de grande diâmetro.

#### 1.12 Juntas de dilatação (tipo Dresser ou similar)

Serão montadas nos locais onde forem indicadas no projeto, devendo obedecer aos seguintes quesitos na montagem:

a) Limpar cada extremo da tubulação numa extensão de 15 a 20 cm. Remover óleo, poeira, terra, limalha, rebarbas, ferrugem, de forma a permitir que as gaxetas vedem efetivamente a junta;

b) Colocar os anéis da junta na área limpa;

c) Limpar as gaxetas, imergir em solução de sabão e colocá-las nos extremos da tubulação;

d) Limpar o anel central da junta. Colocá-lo numa das tubulações até que fique centrado pelo retentor central;

e) Colocar o extremo do outro tubo até tocar no retentor. Recuar então a tubulação e posicionar o anel central de modo centrado na folga entre os extremos dos tubos;

f) Lubrificar os tubos e o anel central em água com sabão. Colocar as gaxetas e os anéis na posição, verificando a posição da gaxeta em toda a volta;

g) Inserir os parafusos, apertando os diametralmente opostos. Durante esta operação, convém martelar ocasionalmente os anéis, para se certificar de que estão se assentando corretamente. Revestir a junta após a montagem;

h) Caso a tubulação esteja ligeiramente ovalizada, é preciso tornar seu extremo redondo, antes de montar a junta;

i) Após montada, revestir a junta, conforme recomendações da norma número C 203 da AWWA, envolvendo-a e os extremos dos tubos adjacentes com tecido de fibra de vidro ou papel grafitado de dimensões adequadas, de forma a recobrir o trecho revestido do tubo. Aterrar até a geratriz superior com terra solta. Perfurar um furo no casulo e preencher o espaço entre o mesmo e a junta com esmalte betuminoso quente.

#### 1.13 Juntas flangeadas

Serão colocadas nos locais onde se fizerem necessárias, conforme indicado no projeto, devendo obedecer à seguinte regra:

As juntas devem ser executadas com anéis de chumbo em lençol, com 1/16" de espessura, recortado de modo a ter o diâmetro interno igual ao da tubulação e o diâmetro externo igual ao círculo tangente internamente aos furos dos parafusos dos flanges. Uma vez colocados o anel de chumbo e os parafusos, estes devem ser apertados uniformemente de modo a não partir o flange, obrigatoriamente com chave de "torque".

#### 1.14 Limpeza da tubulação

Antes do assentamento deverá ser feita a limpeza da superfície interna do tubo com jatos d'água. Ao fim de cada dia de trabalho as extremidades deverão ser firmemente fechadas, só podendo ser reabertas no reinício dos serviços.

Não se deve permitir o emprego das valas e tubos para depósitos de detritos de dejetos.

#### 1.15 Descida do tubo na vala

A descida do tubo na vala deverá ser feita com auxílio de qualquer equipamento fixo ou móvel, cabos de aço, corda, desde que esteja provido de lonas na parte que sustenta o tubo.

#### 1.16 Enchimento da vala

a) O reaterro da vala deve ser feito a mão, com terra isenta de matéria orgânica, material metálico, pedras ou qualquer outro material estranho ao terreno, pelo menos até 20 cm acima da geratriz superior do tubo. Deverá ser feito em camadas sucessivas de, no máximo, 0,30 m de espessura cada, devida e individualmente compactadas;

b) O reaterro da vala deve ficar, em toda a sua extensão, mais alto que o terreno vizinho de, pelo menos, 0,30 m;

c) As juntas devem ser deixadas expostas para exame nos testes de pressão;

d) Evitar transitar com equipamento mecânico pesado (bull dozers, etc.) sobre a tubulação, antes de ser completado o reaterro adequadamente;

e) O reaterro deve ser feito em camadas no mesmo nível dos dois lados da tubulação, para então, compactar;

f) O reaterro acima de 20 cm especificados sobre a tubulação, deverá ser feito com material não facilmente recalcável (livre de matérias orgânicas, etc.), embora possa ter granulometria maior;

g) Tomar cuidado para evitar que o tubo flutue na vala por inundação eventual da mesma;

h) As profundidades de recobrimento da tubulação devem ser as de projeto;

i) A compactação será feita de tal modo a se atingir uma densidade média em todas as camadas igual a, no mínimo, 80% da densidade padrão, conforme definida pela norma T99 da ASTM ou da AASHTO. Os ensaios serão conduzidos, em pontos escolhidos a critério da fiscalização, correspondentes em média a um ponto de amostragem para cada 200 m de extensão da tubulação, sendo levantada uma seção transversal vertical segundo os métodos preconizados nas normas supracitadas. No caso da densidade obtida não ser igual ou superior à especificada, deverá o trecho ser desfeito e reaterado. A critério da fiscalização poderá o empreiteiro realizar novos ensaios a suas custas, para determinar melhor a extensão do trecho a retificar. Os ensaios deverão ser atestados por instituto tecnológico ou entidade técnica idônea e sem ligação com a firma empreiteira.

#### 1.17 Ventosas e descargas

Em todos os pontos altos da linha foram previstas uma ou mais ventosas, ligadas à tubulação através de um tê e de um registro, para permitir admissão e saída de ar.

Em todos os pontos baixos foi prevista uma descarga para permitir o esvaziamento da linha. Após a instalação deve-se desinfetar e lavar a linha abrindo as descargas.

#### 1.18 Tubos em excesso

Os tubos em excesso deverão ser estocados, constituindo-se em reserva necessária para manutenção da linha.

#### 1.19 Obras complementares

a) As travessias de calhas de rios, braços de mar, leitos de estradas deverão ser executadas de acordo com o projeto específico.

b) Para garantir a estabilidade da linha, quando houver mudança de direção, subidas íngremes e peças especiais, devem ser construídos suportes especiais denominados "blocos de ancoragem", que deverão ser executadas de acordo com o projeto específico.

c) Caixas de proteção de válvulas e equipamentos

Os registros de descarga, ventosas e demais aparelhos es-

peciais colocados ao longo da linha, devem ser protegidos com caixas de concreto armado, com tampões de vista para inspeção. Todos esses detalhes deverão ser executados de acordo com o projeto específico.

d) Drenagem

Para drenagem das águas pluviais, devem ser executados bueiros nos pontos baixos da faixa da adutora, de acordo com o projeto específico.

e) Pista de serviço

Para execução da obra de assentamento da linha, devem ser construídos caminhos de acesso e pistas de serviço dentro da faixa de proteção da adutora.

c) Ensaio e testes

Serão realizados de acordo com a norma de teste anexa ao presente trabalho.

g) Proteção catódica

Após assentada a tubulação será feito um estudo, com levantamento das medidas necessárias à proteção catódica.

## ANEXO 2

### NORMAS DE TESTE HIDROSTÁTICO DA TUBULAÇÃO DE AÇO

#### 1. GENERALIDADES

1.1 Os testes da adutora têm dois fins distintos:

a) Verificação das condições estruturais da tubulação e das obras de arte em função das condições operacionais da linha.

b) Verificação da estanqueidade das juntas soldadas e de dilatação existentes na tubulação.

1.2 Ambas as verificações são feitas concomitantemente por pressurização da linha.

1.3 Após o assentamento da tubulação, ou de um trecho desta, e antes que sejam cobertas as juntas, deve ser realizado um teste hidrostático. A resistência mecânica da tubulação deve ter sido testada em fábrica. Deve-se deixar passar o tempo suficiente após a concretagem dos blocos, para garantir a sua cura, antes de realizar o teste.

1.4 Tratando-se de juntas soldadas não se admitem vazamentos. Os vazamentos pontuais, constatados nas juntas soldadas, devem ser marcados, a fim de serem reparados por soldagem. Após a solda o revestimento deve ser recomposto conforme recomendado nas normas C208 e C206 da AWWA.

#### 2. EXECUÇÃO DOS TESTES

##### 2.1 Pressão de teste

Será de 1,5 vez a pressão de serviço no trecho, respeitado o limite mínimo de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>. A pressão de serviço é definida por desenho anexo a estas especificações.

2.2 O seccionamento é feito em geral nos pontos altos relativos da linha, com a inserção de peças especiais e ancoragens provisórias, que devem permitir a operação em perfeitas condições de segurança.

2.3 As peças especiais são constituídas de um toco da tubulação com cerca de 0,60 m a 0,90 m de comprimento, ao qual se acha soldada uma chapa contendo as ligações que forem necessárias para entrada da água e saída do ar. A saída do ar deve estar ligada a uma ventosa de mesma dimensão da projetada para o ponto alto considerado. Esta peça especial será ligada à tubulação por meio de uma junta tipo Dresser, ou similar. Obviamente deverá ser ancorada provisoriamente durante o teste.

2.4 A tubulação deve ser enchida lentamente, de modo a evitar eventuais golpes de ariete. Deve-se tomar cuidado para remover todo o ar da linha, verificando se os registros das ventosas estão abertos. Após encher a linha, será necessário bombear para elevar a pressão mantendo-a no nível desejado.

2.5 O vazamento deverá ser constatado por inspeção visual ao longo do trecho testado, por observação do manômetro (havendo queda brusca — vazamento grave, queda lenta — vazamento pequeno), e por hidrômetro instalado na linha de alimentação da tubulação.

### 3. TEMPO DE PRESSURIZAÇÃO

O tempo de pressurização não pode ser inferior a 30 minutos.

## Capítulo 3

### PROTEÇÃO DAS TUBULAÇÕES

**Esforços nas tubulações: pressão interna; esforços devidos à temperatura; tensões longitudinais, ancoragem; tensões devidas ao peso próprio e cargas**

Prof. JOSÉ AUGUSTO MARTINS (\*)

#### 3.1 ESFORÇOS A QUE ESTÃO SUJEITAS AS CANALIZAÇÕES

##### 3.1.1 Classificação dos esforços

3.1.1.1 Tensão tangencial, normal às geratrizes de canalização e causada pela pressão interna do líquido

3.1.1.2 Tensão longitudinal devida a diferentes causas

- a) ação da pressão interna e do efeito da velocidade quando ocorre uma mudança de direção da canalização;
- b) ação da pressão interna e do efeito da velocidade no caso de obstruções ao escoamento (válvulas parcialmente fechadas, extremidade de condutos etc.);
- c) ação da variação da temperatura.

(\*) Professor Titular de Hidráulica Aplicada da Escola Politécnica da U.S.P.

### 3.1.1.3 Tensões de compressão e de flexão devidas também a diferentes condições

- peso próprio da canalização;
- peso da água na canalização;
- cargas atuando sobre a tubulação;

— cargas permanentes representadas pelo peso próprio da terra de recobrimento;

— cargas acidentais devidas principalmente aos veículos utilizados no tráfego (caminhões, trem etc.);

d) pressão interna inferior à pressão atmosférica causando o colapso de tubulações de parede fina.

### 3.1.1.4 Tensões causadas pela reação dos apoios sobre os quais as tubulações estão assentes

## 3.2 TENSÕES CAUSADAS PELA AÇÃO DA PRESSÃO INTERNA

A força de tração por unidade de comprimento da tubulação tem para valor:

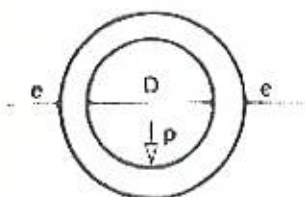


FIG. 1

$$F = 1/2 pD$$

Sendo a espessura da parede dada por:

$$e = \frac{pD}{2\sigma}$$

e a tensão admissível do material da parede da canalização igual à relação entre a tensão limite e um coeficiente de segurança K:

$$\sigma = \frac{\sigma L}{K}$$

A pressão interna que deve ser considerada depende das condições de utilização do conduto, pressão estática ou pressão

de serviço considerados em alguns casos a ação do golpe de ariete.

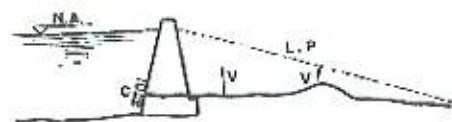


FIG. 2

Em uma canalização provida de um controle à montante (Fig. 2), representada por uma comporta ou

válvula de fechamento, adequadamente protegida contra os efeitos da subpressão (válvulas de ar ou ventosas V que permitem a entrada franca do ar quando se fecha a comporta C) e escoando ao ar livre na extremidade de jusante, a pressão máxima que se estabelecerá é representada pela diferença de nível entre a linha piezométrica e o conduto em cada seção.

Em uma canalização provida de um controle à jusante representado por uma comporta ou válvula de fechamento A cuja manobra respectiva se faça muito lentamente a pressão máxima é representada em cada seção pelo seu valor estático, diferença de cota entre o plano de carga efetivo e a canalização (Fig. 3).



FIG. 3

No caso anterior se a manobra da comporta ou válvula de fechamento ocorrer em intervalo de tempo inferior à certa magnitude poderá tornar-se sensível a variação de pressão oriunda de golpe de ariete. A pressão máxima em cada seção é representada pelo efeito combinado da pressão estática e da máxima sobre-pressão devido ao golpe de ariete.

Neste particular fenômeno, relativamente ao intervalo de tempo da manobra da comporta ou válvula, distinguem-se dois casos:

a) fechamento rápido quando a duração da manobra  $\tau$  é igual ou superior ao intervalo de tempo necessário para a propagação da onda de pressão que se origina em A ir até a extremidade de montante B do conduto, aí refletir-se voltando a A. Sendo L o comprimento da tubulação e  $a$  a velocidade de propagação da onda de sobre-pressão (denominada celeridade) tem-se para o fechamento rápido:

$$\tau \leq \frac{2L}{a}$$

A celeridade pode ser obtida pela expressão:

$$a = \frac{9\,900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}}$$

onde,

$a$  = celeridade em m/s

$$K = \frac{E \cdot a}{E}$$

a relação entre o módulo de elasticidade à compressão cúbica da água e o módulo de elasticidade do material da parede de tubulação.

$D$  = diâmetro interno do conduto;

$e$  = espessura da parede do conduto.

Os valores de  $K$  para os materiais mais comuns são:

$K = 0,5$  ferro, aço;

$K = 1,0$  ferro fundido;

$K = 5,0$  concreto;

$K = 10,0$  tubos de aduelas de madeira.

Segundo Carey e Gariel, o valor de  $K$  para o concreto armado pode ser admitido como igual a 0,5 desde que se substitua a espessura do tubo, na fórmula da celeridade, pelo valor:

$$e = e_r \left( 1 + \frac{1}{m} \frac{e_c}{e_r} \right)$$

onde:

$e_r$  = espessura contínua fictícia correspondente à seção total do ferro na tubulação distribuída pelo tubo de diâmetro  $D$ ;

$e_c$  = espessura do concreto;

$m$  = inverso do coeficiente de Poisson com valor variando entre 8 e 15 e valor médio igual a 10 (sujettando-se um corpo de prova do material a uma tensão longitudinal de compressão, a variação de comprimento, nessa direção, será  $\epsilon$  a variação de comprimento na direção transversal será  $\epsilon \nu$ . Entre ambas existe a relação:

$$\epsilon_r = - \nu \epsilon = - \frac{\epsilon}{m}$$

onde:  $\nu$  é o coeficiente de Poisson).

Para o caso de fechamento rápido o conduto estará sujeito a sobre-pressão máxima representada pelo valor:

$$\Delta p = \frac{a}{g} V_0$$

onde  $V_0$  é a velocidade em m/s correspondente ao movimento antes da manobra de fechamento e  $g$  a aceleração da gravidade.

b) Fechamento lento quando:  $\tau > \frac{2L}{a}$



FIG. 4

Neste caso parte do conduto em alguns casos poderá estar sujeito também a sobre-pressão máxima do golpe de ariete. Sendo C o ponto de encontro entre a primeira onda originada em A e refletida em B e a última onda originada em A (no instante em que foi completada a manobra de fechamento) o trecho CA do conduto estará sujeito à sobre-pressão máxima

$\frac{a}{g} V$ . A coordenada x do ponto C é dada por:

$$x = L - \frac{t}{2} a$$

O trecho BC terá sobre-pressões atenuadas.

Alguns autores têm sugerido valores permissíveis para tubos de ferro fundido, como por exemplo Dexter e Brackett:

Diâmetro (mm)	Pressão do golpe de ariete (kg/cm <sup>2</sup> )
100 — 250	8,4
300 — 350	7,7
400 — 450	7,0
500	6,3
600	5,9
750	5,6
900	5,2
1 050 — 1 500	4,9

Em um conduto de recalque a sobre-pressão devida ao golpe de ariete depende das características da tubulação, do escoamento e do equipamento de recalque.

Em alguns casos torna-se necessário proteger o conduto contra valores excessivos da sobre-pressão com o emprego de dispositivos especiais, válvulas antigolpe e outro tipo de equipamento (volantes, câmaras de ar, chaminés etc.).

### 3.3 TENSÕES LONGITUDINAIS CAUSADAS POR MUDANÇAS DE DIREÇÃO OU POR OBSTRUÇÕES

#### 3.3.1 Teoria geral

#### 3.3.1.1 Hipótese

- líquido perfeito;
- movimento permanente;
- conduto indeformável.

#### 3.3.1.2 Dados

— tronco de corrente limitado pelas seções AB e CD definidas pelas normais  $n_1$  e  $n_2$  (Fig. 5).

- em AB:
  - $p_1$  é a pressão;
  - $V_1$  a velocidade;
  - $S_1$  a seção transversal.
- em CD:
  - $p_2$  é a pressão
  - $V_2$  a velocidade;
  - $S_2$  a seção transversal.

#### 3.3.1.3 Empuxo dinâmico exercido pelo líquido em movimento sobre a parede interna do conduto

— Calculado com a aplicação do teorema da quantidade de movimento:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_1^2 v dm = \sum F$$

— Valor da resultante F:  
componentes dessa resultante:

— segundo o eixo x:

$$F_x = -\frac{w}{g} Q (V_1 \cos A_1 - V_2 \cos A_2) + (p_1 S_1 \cos A_1 - p_2 S_2 \cos A_2)$$

— segundo o eixo y:

$$F_y = -\frac{w}{g} Q (V_1 \cos B_1 - V_2 \cos B_2) + (p_1 S_1 \cos B_1 - p_2 S_2 \cos B_2)$$

$S_2 \cos B_2)$

— segundo o eixo Z:

$$F_z = \frac{W}{g} Q (V_1 \cos C_1 - V_2 \cos C_2) + (p_1 S_1 \cos C_1 - p_2 S_2 \cos C_2) + P$$

Nessas fórmulas:

W é o peso específico do líquido; no caso da água:

$$W = 1\,000 \text{ kg/m}^3.$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \text{ a aceleração da gravidade.}$$

Q A vazão em  $\text{m}^3/\text{s}$ .

P O peso próprio do tronco de corrente.

$A_1, B_1$  e  $C_1$  os ângulos que a normal  $n_1$  faz com os eixos x, y e z.

$A_2, B_2$  e  $C_2$  os ângulos que a normal  $n_2$  faz com os eixos x, y e z.

— Cálculo do módulo do empuxo dinâmico:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

3.3.2 Aplicação a uma curva de  $90^\circ$  em um conduto forçado, cujo eixo é horizontal (Figura 6)

3.3.2.1 Dados

— Conduto de seção constante:  $S_1 = S_2 = S$ .

— Vazão: Q.

3.3.2.2 Determinação do valor dos ângulos que as normais formam com os eixos coordenados

$A_1 = 0^\circ$	$\cos A_1 = 1$
$B_1 = 90^\circ$	$\cos B_1 = 0$
$C_1 = 90^\circ$	$\cos C_1 = 0$
$A_2 = 90^\circ$	$\cos A_2 = 0$
$B_2 = 0^\circ$	$\cos B_2 = 1$
$C_2 = 90^\circ$	$\cos C_2 = 0$

3.3.2.3 Determinação do valor das componentes

Substituindo os valores dos cossenos do item 3.2.2 nas expressões do item 3.1.3, considerando que  $V_1$  e  $V_2 = \frac{Q}{S}$  e desprezando a perda de carga na curva de modo a se ter  $P_1 = P_2 = p$ , resulta:

$$F_x = \frac{W}{g} QV + pS$$

$$F_y = -\frac{W}{g} QV - pS$$

$$F_z = P$$

OBS. — As componentes horizontais  $F_x$  e  $F_y$  têm para resultante uma força R, também horizontal, cujo sentido está dirigido para o lado externo da curva. O efeito dessa resultante é causar uma deformação no conduto, razão pela qual ele deve ser anulado.

3.3.2.4 Determinação do módulo da resultante

$$R = \left( \frac{W}{g} QV + pS \right) \sqrt{2}$$

3.3.3. Caso de uma curva horizontal com um ângulo E (Figura 7)

3.3.3.1 Valor das componentes

$$F_x = \frac{W}{g} QV + pS$$

$$F_y = -\frac{W}{g} QV - pS$$

$$F_z = P \text{ (Vertical)}$$

3.3.3.2 Resultante R

$$R = \left( \frac{W}{g} QV + pS \right) \sqrt{2 (1 - \cos E)}$$

ou

$$R = 2 \left( \frac{w}{g} QV + p S \right) \operatorname{sen} \frac{E}{2}$$

3.3.3.3 No exemplo, sendo:

$$w = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 0,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,60 \text{ m}, S = 0,282 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{0,34}{0,282} = 1,20 \text{ m/s}$$

$$E = 60^\circ$$

$$p = 5,0 \text{ kg/cm}^2 = 5,0 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$$

tem-se:

$$R = 2 \left( \frac{1\,000}{9,81} 0,282 \times 1,20 + 5 \times 10^4 \times 0,282 \right) \operatorname{sen} 30^\circ$$

$$R = 2 (34,3 + 14\,100) \frac{1}{2} = 14\,134,3 \text{ kg}$$

### 3.3.4 Tipos de ancoragens

Para resistir a ação da resultante  $R$  projetam-se dispositivos que absorvam o efeito causado por essa resultante, evitando deformação que possa danificar o conduto. O problema é fundamentalmente estrutural, participando da resistência o solo e estruturas especiais.

#### 3.3.4.1 Tipos de ancoragem — Exemplos

- Blocos de ancoragem;
- Tirantes.

##### 3.3.4.1.1 Blocos de ancoragem

Utiliza-se neste caso a ação da massa do bloco que é colocado diretamente sobre o terreno ou então engastado.

*Exemplo* — Bloco de ancoragem simplesmente apoiado: (Ver Figura 8)

$R$  Resultante horizontal do exemplo dinâmico.

$P$  Peso próprio do tronco de corrente (em geral não é considerado no cálculo).

$P_1$  Peso do bloco de ancoragem necessário.

No polígono das forças indicado na Figura 9:

$$\frac{R}{P + P_1} = \operatorname{tg} A$$

Sendo  $A_A$  o ângulo de atrito entre o material do bloco e o terreno, deve-se ter:

$$A < A_A$$

portanto:

$$P + P_1 > \frac{R}{\operatorname{tg} A_A}$$

OBS. — Em geral na fórmula do item 3.3.1 o valor do termo  $pS$  é bem maior do que o valor do termo  $\frac{w}{g} QV$ . No cálculo da resultante  $R$ , para dimensionamento da ancoragem deve-se considerar em  $p$  o valor da sobre-pressão devida ao golpe de aricte, nos casos em que isso for necessário.

No exemplo indicado em 3.3.3, se o valor dessa sobre-pressão fosse igual a  $7,0 \text{ kg/cm}^2$  resulta, para  $R$ , o valor:

$$R = 2 (pS + p_1 S) \operatorname{sen} \frac{E}{2} = 2 (5 \times 10^4 \times 0,282 + 7 \times 10^4 \times 0,282) 0,5$$

$$R = 2 (14\,100 + 19\,700) \frac{1}{2}$$

$$R = 33\,800 \text{ kg}$$

sendo  $P = 1\,400 \text{ kg}$

e adotando um coeficiente de segurança igual a 1,20, resulta:

$$P + P_1 = 1,20 \frac{R}{t_c A_A}$$

Para blocos de concreto ciclópico apoiados em solo comum  $A_A = 80^\circ$ . Resulta para  $P_1$ , o valor:

$$P_1 = 1,20 \frac{33\ 800}{0,579} - 1400 = 70\ 400 - 1400 = 69\ 000 \text{ kg}$$

Peso do bloco de apoio: 69 000 kg.

Peso específico do concreto ciclópico: 2 400 kg/m<sup>3</sup>.

Volume do bloco de ancoragem:

$$\frac{69\ 000}{2\ 400} = 28,7 \text{ m}^3$$

OBS. — O exemplo considerou somente o bloco absorvendo os esforços. Além disso poder-se-á contar com a resistência das juntas, do atrito da tubulação com o solo, de estruturas especialmente projetadas etc.

### 3.3.4.1.2 Tirantes

Cabos metálicos que resistem à ação direta de cada uma das componentes de  $R$ . Uma das extremidades é soldada em um anel no início ou fim da curva e a outra extremidade é fixada em um sistema qualquer (estacas inclinadas, estrutura especial etc.).

Os tirantes são constituídos de cabos de aço e são dimensionados com coeficientes de segurança igual a 4. No seu cálculo é considerado o esforço de tração.

*Exemplo* — Figura 10.

Empregam-se dois sistemas de tirantes  $T_1$  e  $T_2$ , destinados a absorver as componentes  $F_1$  e  $F_2$ , respectivamente.

Seja  $B$  o ângulo que cada tirante forma com a direção do eixo do conduto e vamos supor  $n$  tirantes em cada sistema:

$$F_1 = n T_1 \cos B \quad \left\{ \begin{array}{l} T_1 = \frac{F_1}{n \cos B} \end{array} \right.$$

$$F_2 = n T_2 \cos B \quad \left\{ \begin{array}{l} T_2 = \frac{F_2}{n \cos B} \end{array} \right.$$

Sendo  $T_R$  a resistência do cabo à tração:

$$T_1 = \frac{T_R}{4} = \frac{F_1}{n \cos B} \quad \left\{ \begin{array}{l} T_R = \frac{4 F_1}{n \cos B} \end{array} \right.$$

OBS. — A escolha do cabo e do número deles está condicionado à expressão acima e a critério do engenheiro.

Outro tipo de ancoragem por tirante é o de emprego de tirantes internos, cabos que são presos a braçadeiras dispostas em diversas posições na curva, conforme Figura 11.

Nesse exemplo, supondo três tirantes cada um deles resistindo à mesma força  $T$ , tem-se:

$$T = \frac{R}{1 + 2 \cos C}$$

### 3.3.5 Ancoragem da extremidade de um conduto

(Exemplo: Cap) Figura 12.

Diâmetro do conduto:  $D$ .

Espessura da parede do conduto:  $e$ .

Folga (admitida):  $0,5 e$ .

Diâmetro total:  $D_T = D + 2e$   $c = D + 3e$ .

Área:  $S = \frac{3,14}{4} (D + 3e)^2$ .

Pressão interna:  $p$  em kg/cm<sup>2</sup>.

Força a considerar (em kilogramas-força):

$$F = 10^4 p S$$

### 3.3.6 Ancoragem de um tê (Figura 13)

Diâmetro de derivação:  $D$ .

Seção transversal:  $A$ .

Pressão:  $p$  em  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Força a considerar, em  $\text{kg}$ :

$$F = 10^4 p S$$

OBS. — Nas canalizações enterradas, além da contribuição dos tubos na resistência a este esforço, ainda se conta com o próprio terreno. As tabelas anexas (Civilit, anteprojeto de redes de abastecimento e linhas — páginas PO1 — B5 — 3 e PO1 — B5 — 9) indicam valores de taxas admissíveis para diversos tipos de solos:

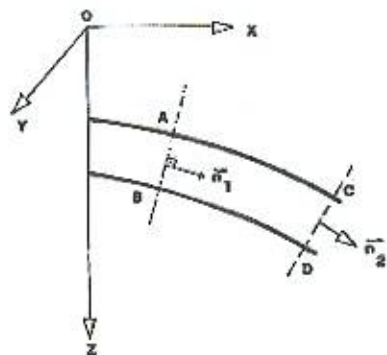


FIG. 5

Taxas admissíveis na parede e na base da vala em  $\text{kg}/\text{cm}^2$

Tipo de terreno	Taxa admissível	
	Na parede da vala	Na base da vala
Lodo	0	0
Argila umedecida	0,25	0,50
Terra vegetal	0,50	1,00
Argila arenosa	0,75	1,50
Argila compacta	1,00	2,00
Saibro	1,50	3,00
Rocha branda	5,00	10,00

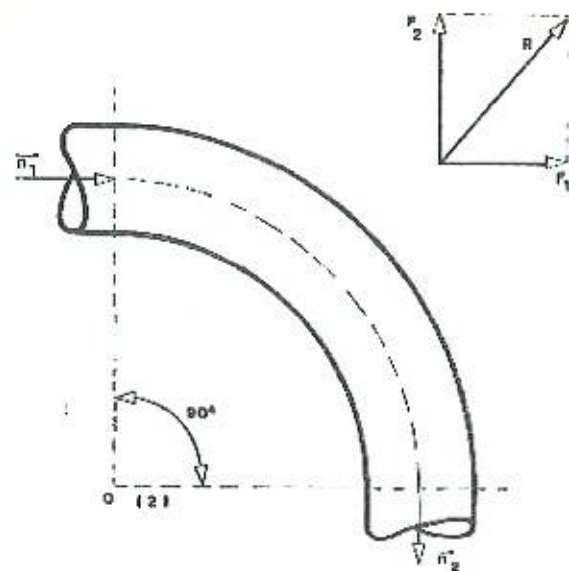


FIG. 6

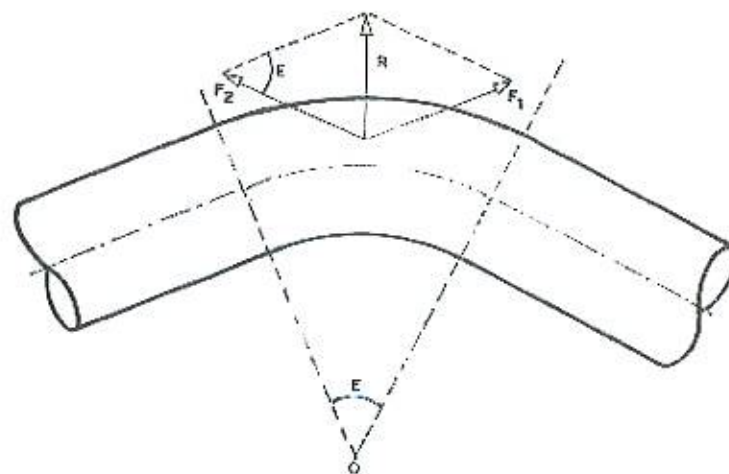


FIG. 7

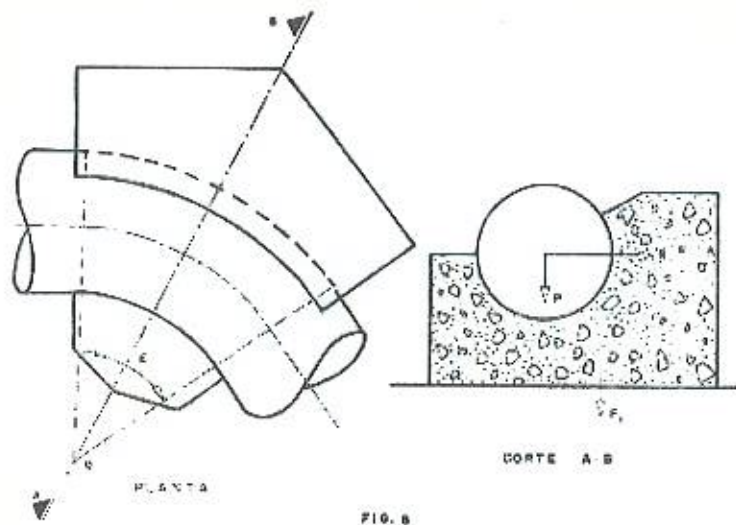


FIG. 8

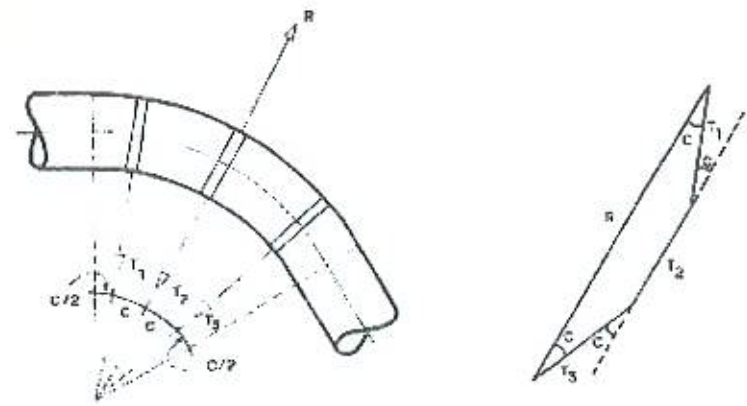


FIG. 11

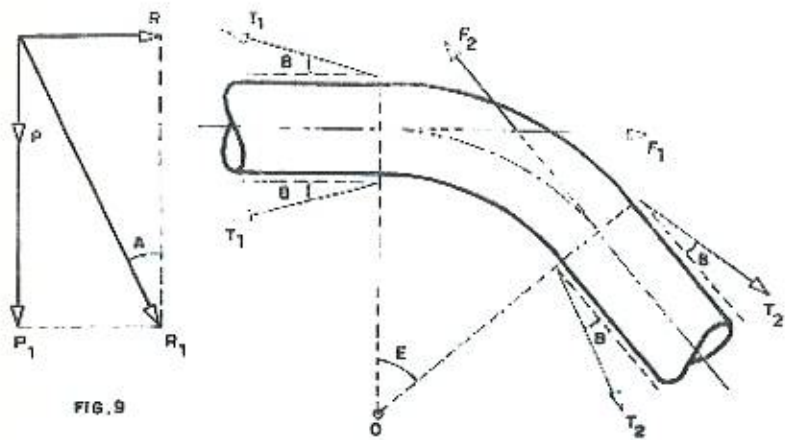


FIG. 9

FIG. 10

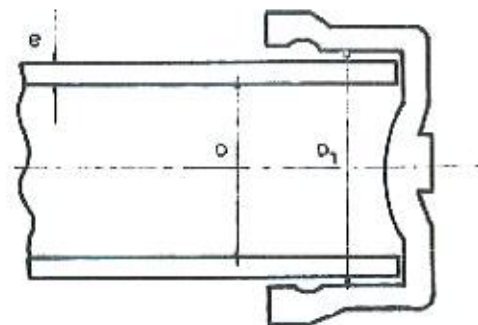


FIG. 12

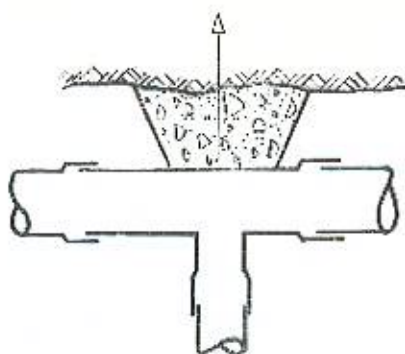


FIG. 13

Na Figura 13 se  $F = 400$  kg e se a ancoragem é feita diretamente na parede da vala, emprega-se concreto para a distribuição da carga.

Supondo um solo de argila arenosa, tem-se para a área de distribuição:

$$S = \frac{F}{0,75} = \frac{400}{0,75} = 532 \text{ cm}^2$$

ou seja:

$$S = 20 \times 25$$

### 3.4 EFEITO DA TEMPERATURA

A variação de comprimento com a temperatura é dada pela expressão:

$$\Delta l = C \Delta \theta L$$

onde:

- $C$  = Coeficiente de dilatação:  
 aço  $1,18 \times 10^{-6}$  m/m grau Celsius;  
 ferro fundido  $1,12 \times 10^{-6}$  m/m grau Celsius;  
 concreto  $1,10 \times 10^{-6}$  m/m grau Celsius.
- $\Delta \theta$  = Valiação global a longo prazo, da temperatura atuando sobre o tubo, considerados os valores extremos de verão e inverno, posição da tubulação

(enterrada ou sobre o solo), tubo vazio ou cheio de água, ação do revestimento protetor etc.

$L$  = Comprimento da tubulação em metros.

Em alguns casos, por exemplo em tubos de aço, às vezes torna-se necessário o emprego de juntas de dilatação para absorver o efeito do deslocamento da canalização devido às variações da temperatura.

A força desenvolvida devido à dilatação do conjunto é igual a:

$$F = \sigma (D + e) c$$

onde:

$F$  = Força de tração ou compressão em kg/cm<sup>2</sup>.

$\sigma$  =  $C \Delta \theta E$  a tensão respectiva em kg/cm<sup>2</sup>.

$E$  = Módulo de elasticidade do material:

aço	$2,05 \times 10^6$ kg/cm <sup>2</sup>
ferro fundido	$1,05 \times 10^6$ kg/cm <sup>2</sup>
concreto	$1,75 \times 10^6$ kg/cm <sup>2</sup>

### 3.5 TENSÕES DE COMPRESSÃO E DE FLEXÃO DEVIDAS A CARGAS

#### 3.5.1 Generalidades

A grandeza das cargas externas atuantes sobre condutos colocados em valas ou envolvidos por solos depende de vários fatores:

- características do material de aterro;
- natureza do material do solo da fundação;
- método de instalação do conduto;
- largura e profundidade da vala;
- método de enchimento da vala;
- rigidez do conduto.

### 3.5.2 Estudos de Marston e Schlick

A carga vertical atuando sobre as tubulações tem aproximadamente os valores dados pelas expressões:

— Tubos salientes (tubos colocados diretamente sobre o solo em canaletas) (Figura 14).

$$P = c \gamma D^2$$

— Tubos flexíveis colocados em valas com reposição dos solos de aterro por compactação cuidadosa (Figura 15).

$$P = (C - C') \gamma b D$$

— Tubos rígidos, colocados em valas, fundação comum e largura da vada inferior a  $1,5 D$  (quando a largura da vala supera  $3,0 D$  o tubo é considerado como saliente; nos outros casos, isto é, para a largura compreendida entre  $1,5 D$  e  $3,0 D$ , é necessário um cálculo especial para cada caso).

Nessas expressões:

$P$  = Carga sobre a tubulação em quilogramas.

$\gamma$  = Peso específico do material de enchimento em  $\text{kg/m}^3$ .

$D$  = Diâmetro externo do tubo em m.

$b$  = Largura da vala em m.

$C, C_0, C'$  = Coeficientes determinados nos diagramas da Figura 16.

Nessa figura a parte superior permite determinar para tubos salientes (colocados sobre o solo ou projetando-se acima do solo em materiais não coesivos) o valor do coeficiente  $C$  para os seguintes casos:

Curva 1 — Canalizações flexíveis, qualquer fundação e canalizações rígidas.

Curva 2 — Rocha ou fundação indeformável.

Curva 3 — Solo firme.

Curva 4 — Solo deformável.

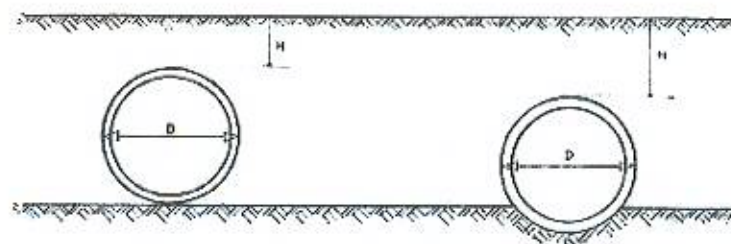


FIG. 14

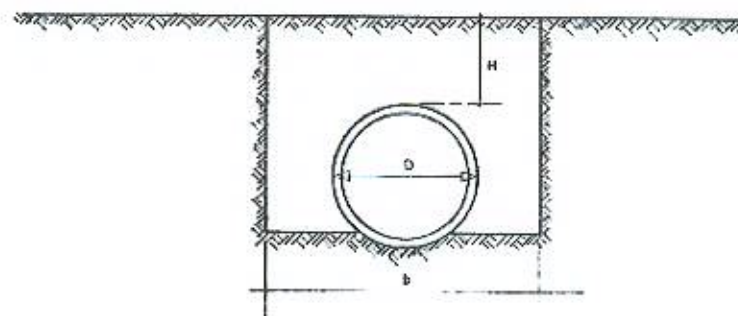


FIG. 15

A parte inferior permite determinar os valores de  $C'$  para tubos em valas para solos cujos valores de  $C_0$  são respectivamente:

Curva 5 — Argila saturada (máximo),  $C_0 = 4,5$ .

Curva 6 — Argila comum,  $C_0 = 3,9$ .

Curva 7 — Solo superficial saturado (máximo),  $C_0 = 3,3$ .

Curva 8 — Arcia e pedregulho (máximo),  $C_0 = 3,0$ .

Curva 9 — Materiais granulares não coesivos,  $C_0 = 2,6$ .

Curva 10 — Enchimentos "fluidos",  $C_0 = 5,0$ .

OBS. — As cargas devidas ao material de aterro e as reações da fundação são verticais no topo e no fundo do conduto.

No caso de canalizações rígidas a pressão horizontal e a pressão vertical guardam a relação:

$$P_h = K p_r$$

K é o coeficiente de Rankine variando entre 0,2 e 0,3 para canalizações salientes ou para valas largas. Em valas estreitas pode chegar a anular-se, a não ser que o aterro lateral seja feito cuidadosamente.

No caso de canalizações flexíveis (aço, alvenaria, tubos cerâmicos ou de concreto trincados) há um encurtamento da dimensão diametral vertical e um alongamento da dimensão diametral horizontal. Em consequência desenvolvem-se resistências passivas no solo de aterro lateral cujo valor máximo é  $\frac{p_r}{K}$ . Entretanto, somente uma parte deste valor máximo é realmente desenvolvido até que o equilíbrio se estabelece. Em valas com mau enchimento esta pressão é pequena ou inexistente.

### 3.5.3 Cargas concentradas

As cargas concentradas (cargas acidentais na superfície do solo) são distribuídas de acordo com a expressão de Boussinesq (aplicável para cargas e pressões verticais e superfícies de enchimento verticais):

$$p = \frac{3}{2\pi} \frac{H^3}{H_0^3} P$$

onde:

- P = Carga concentrada, em kg.
- H = Profundidade do ponto (onde se pretende determinar o valor da pressão), em metros.
- H<sub>0</sub> = Distância oblíqua entre o ponto de aplicação de P e o ponto considerado, em metros.
- p = Pressão em kg/m<sup>2</sup>.

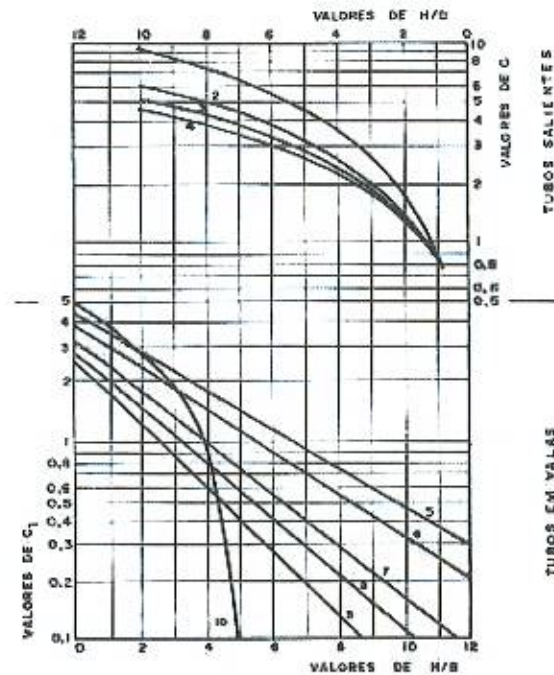


FIG. 16

Essa expressão pode ser decomposta em:

$$p = \frac{3}{2\pi} \frac{H^3}{(H^2 + r^2)^{3/2}} P$$

$$p = \frac{3}{2\pi} \frac{H^3}{(H^2 + x^2 + z^2)^{3/2}} P$$

onde:

- r = Componente horizontal de H<sub>0</sub>, em metros.
- x = Componente axial de H<sub>0</sub> ou r, em metros.
- z = Componente transversal de H<sub>0</sub> ou r, em metros.

Admite-se para a carga vertical em movimento um coeficiente de impacto igual a 1,5 a 2,0.

Numerosos autores, entre eles Marston, têm desenvolvido sobre o assunto complexas teorias que em resumo indicam:

a) Cargas concentradas transmitem-se segundo um cone com geratrizes tendo declividade 1:0,5.

b) Quando a velocidade supera valores da ordem de 30 km/h deve-se considerar um coeficiente de impacto variando de 1,5 a 2,0.

c) Sobrecargas uniformes em áreas externas recebem o mesmo tratamento indicado no item 5.2, isto é, admite-se uma altura adicional do aterro tendo peso equivalente (acresce-se correspondentemente o valor de H).

### 3.6 EMBASAMENTO E APOIO DAS TUBULAÇÕES

O apoio da tubulação sobre o solo depende da resistência deste, do peso e tipo do conduto e das cargas. Diversos casos podem ser considerados:

#### 3.6.1 Solo firme

Conduto colocado diretamente sobre o solo ou em canaleta a céu aberto, vala comum ou vala de grande largura. No caso de conduto flexível de grande diâmetro (aço) colocado diretamente sobre o solo, para manter a sua forma, especialmente quando o conduto está vazio, empregam-se braçadeiras atirantadas (Figura 17).



FIG. 17

#### 3.6.2 Solo rochoso

Há necessidade de escavação adicional, deixando uma folga entre o fundo da vala e a geratriz externa inferior da canalização (Figura 18).

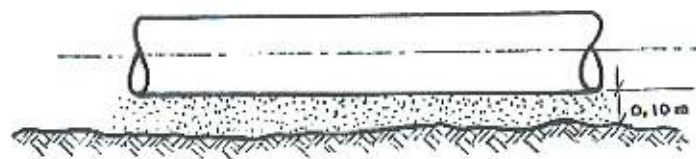


FIG. 18

A tubulação deverá ser assentada sobre uma camada de solo adequado (arcia, por exemplo) ou berços de concreto, evitando-se pontos de contato com a superfície irregular do fundo da vala rochosa e, portanto, impedindo-se o aparecimento de tensões concentradas.

O reenchimento da vala deve ser feito de modo a evitar o contato de pedras com a superfície externa do tubo, eliminando-se também a possibilidade de tensões concentradas.

#### 3.6.3 Solo fraco

Há necessidade de estruturas especiais de apoio, podendo abranger nos casos mais complexos: estaqueamento, berços de concreto, ancoragem lateral, drenagem permanente etc.

#### 3.6.4 Grandes condutos metálicos construídos sobre o solo e suportados por blocos de apoio e sujeitos a deslocamentos horizontais (feito da temperatura, principalmente)

No exemplo da figura 19 é apresentado o caso de uma tubulação de aço de grande diâmetro suportada por blocos de apoio de concreto. Duas placas de aço com um dispositivo intermediário permitem o deslocamento da tubulação. Uma das placas está soldada na tubulação e a outra ancorada no bloco de concreto. O dispositivo intermediário pode ser constituído por bronze fosforado comum (coeficiente de atrito 0,25), bronze fosforado lubrificado (coeficiente de atrito 0,15) ou rolamentos especiais (coeficiente de atrito 0,01).

#### 3.6.5 Travessias

As travessias são tratadas como casos especiais de estruturas.

### 3.7 COLAPSO DE CANALIZAÇÕES

Em canalizações cuja parede é de espessura muito reduzida comparativamente ao seu diâmetro (tubulação de aço)

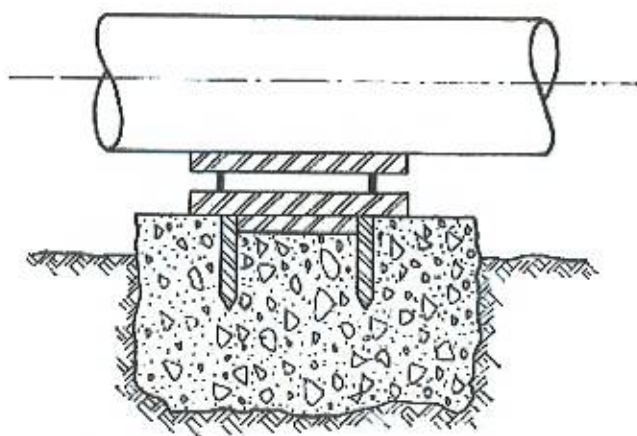


FIG. 19

há necessidade de verificação dessa espessura à pressão de colapso: achatamento da canalização devido à ação das cargas externas e da pressão atmosférica, quando ocorre uma pressão negativa no interior do conduto (tubos de sucção, sifões verdadeiros, efeitos do esvaziamento de tubulações etc.).

Os fabricantes de tubulações de aço indicam em seus catálogos as espessuras adequadas para resistir às pressões de colapso para os diversos diâmetros.

Pode-se também calcular a pressão de colapso de uma canalização de aço em função da sua espessura e diâmetro pela fórmula do Prof. Carman:

$$p = 3\,515\,000 \left(\frac{e}{D}\right)^3$$

onde p é dado em kg/cm<sup>2</sup>.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — CIVILIT Indústrias de Artefatos de Cimento Amianto S/A. São Paulo — Catálogo.
- 2 — DAVIS, G. V., ed. — *Handbook of applied hydraulics*. New York, Mc Graw-Hill, 1942.

3 — FAIR, G. M. & GEYER, J. C. — *Water supply and waste-water disposal*. New York, John Wiley, 1954.

4 — MARTINS, J. A. — Canalizações (Disciplina 40 M 07). In: *Curso de pós-graduação*. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1969 (trabalho não publicado).

5 — MARTINS, J. A. — Golpe de arlete e ancoragens. In: *Manual de bombas e estações elevatórias utilizadas em abastecimento de água*. São Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública da USP, Escola Politécnica da USP/OPS/OMS/DAE, 1968.

6 — YASSUDA, E. R.; MARTINS, J. A. & NOGAMI, P. S. — *Curso de abastecimento de água e sistemas de esgotos*. São Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública da USP, 1969.

## Capítulo 4

### PROTEÇÃO DAS TUBULAÇÕES CONTRA A CORROSÃO

**Corrosão das canalizações — Tipos de corrosão —  
Revestimentos — Proteção catódica — Descarga  
para as correntes perdidas**

Eng.º HENRIQUE BANDEIRA DE MELLO (\*)

#### 4.1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho sobre corrosão e proteção catódica em tubulações de aço foi elaborado pelo Serviço de Planos Especiais, conforme determinação superior do Sr. Diretor do Departamento de Planos e Obras.

Aborda os aspectos práticos mais comuns encontrados no emprego de tubulações de aço em sistemas de abastecimento de águas, relativos a:

- a) Mecanismo de corrosão;
- b) Proteção por revestimento adequado;
- c) Proteção catódica.

O trabalho visa esclarecer os procedimentos adotados para a proteção catódica das duas adutoras de recalque, em aço de 1,50 m de diâmetro no Marapicu, integrantes do sistema Henrique de Novaes.

---

(\*) Engenheiro da Companhia Estadual de Águas da Guanabara.

Assim sendo, procuramos simplesmente resumir e codificar os aspectos fundamentais intervenientes na questão.

## 4.2 GENERALIDADES SOBRE CORROSÃO EM TUBULAÇÕES METÁLICAS

### 4.2.1 Tipos

Dois são os tipos importantes de corrosão:

- corrosão externa de tubulações enterradas no solo;
- corrosão interna de tubulações causada pelos fluidos que conduzem.

Embora o mecanismo seja o mesmo, os métodos de controle ou prevenção diferem. Em geral é possível alterar os fluidos para torná-los menos agressivos, mas o mesmo não ocorre com as tubulações e temos que protegê-las.

### 4.2.2 Teoria eletroquímica

É a mais aceita ultimamente. O ferro em contato com solução aquosa produz ions de ferro em solução. Para que o sistema permaneça em equilíbrio, ions de hidrogênio (em igual número) deixam a solução e se depositam na superfície, formando um filme fino. Caso este não seja removido, a reação será prejudicada e poderá até parar completamente. Há, entretanto, dois modos em que o filme possa ser removido:

- reagindo com oxigênio, presente e na solução — o que predomina em soluções alcalinas e neutras;
- acumulando como gás, escapando como bolhas — o que predomina em soluções ácidas.

Por outro lado, os ions de ferro que entram na solução reagem com oxigênio e se precipita como óxido de ferro, dando margem à formação e dissolução de novos ions de ferro. Se a quantidade de oxigênio dissolvido na solução for pequena, as reações de corrosão serão limitadas, pois haverá menos oxigênio para reagir com o filme de hidrogênio e com os ions de ferro. Isto justifica a desaeração como medida efetiva de controle de corrosão em plantas de produção de vapor, por exemplo.

### 4.2.3 Potencial de ionização

A tendência de um metal se ionizar dependerá de seu potencial. Havendo dois metais diferentes em solução ligados externamente de modo a formar uma pilha, o metal de maior potencial (isto é, mais nobre) torna-se o catodo e o de menor torna-se o anodo. O anodo será elemento a se dissolver e, portanto, a sofrer corrosão. A seguir apresentamos uma tabela com os potenciais de alguns elementos mais freqüentemente encontrados no meio do abastecimento d'água.

TABELA I — Potenciais de ionização a 25°C

Elemento	Ion de referência	Potencial (volts)	+
Cálcio	Ca <sup>++</sup>	— 2,7	Anodo
Zinco	Zn <sup>++</sup>	— 0,761	
Ferro	Fe <sup>++</sup>	— 0,44	
Níquel	Ni <sup>++</sup>	— 0,23	
Estanho	Sn <sup>++</sup>	— 0,18	
Chumbo	Pb <sup>++</sup>	— 0,12	
Ferro (ICO)	Fe <sup>+++</sup>	— 0,045	+ Catodo
Hidrogênio	H <sup>+</sup>	— 0,000	
Cobre (ICO)	Cu <sup>++</sup>	+ 0,344	
Cobre (OsO)	Cu <sup>+</sup>	+ 0,522	
Mercúrio	Hg <sup>++</sup>	+ 0,798	
Cloro	Cl	+ 1,358	

O potencial de hidrogênio foi arbitrariamente fixado em 0 (zero), sendo os demais valores simplesmente relativos. Esta relação não é rígida, dependendo evidentemente da concentração de ions existente na solução. Sob certas condições a polaridade de metais próximos na tabela de potenciais (série eletrolítica) pode ser invertida.

#### 4.2.4 Concentração de Ions de Hidrogênio

A atividade química de uma solução é função do grau de ionização, que pode ser medido pelo:

$$\text{pH} = \log \frac{1}{(\text{H}^+)}$$

onde:

pH < 7	.....	solução ácida
pH = 7	.....	solução neutra
pH > 7	.....	solução básica

Fatores que influem na corrosão — Podem ser:

- inerentes à superfície metálica;
- função do meio (solo ou atmosfera);
- função de interação entre o metal e o meio.

##### 4.2.4.1 Falta de homogeneidade

Devida a variações na composição química nas diversas partes do metal. Este efeito pode ser, entretanto, de curta duração — apenas até que as áreas mais anódicas sejam removidas por corrosão.

##### 4.2.4.2 Existência de metais diferentes

O que é no fundo, o mesmo que a falta de homogeneidade. Caso o pH seja baixo (alta concentração do  $[\text{H}^+]$ ), a corrosão poderá ser rápida. A condutividade elétrica da solução é também um fator de controle neste tipo de corrosão (depende da concentração e do tipo de eletrólito). Um caso típico é o de capeamento eletrolítico, feito com outro metal — e que, se perfurado, sendo o metal base anódico com relação ao capeamento, dará margem à corrosão.

##### 4.2.4.3 Correntes perdidas

Podem ser importantes na corrosão de tubulações enterradas. Um sistema de corrente contínua para estrada de ferro

ou de distribuição de corrente contínua, um dos extremos do sistema é aterrado.

Há possibilidade, portanto, de que alguma corrente abandone seu caminho previsto, como por exemplo, os trilhos da estrada de ferro, e retorna através da terra à fonte de energia. Ao escolher o caminho para retorno, a corrente percorrerá o que oferecer menor resistência, e que pode fazer com que entre em determinado ponto de uma canalização e a abandone em algum outro lugar. O ponto (ou área) em que a corrente abandona a canalização é anódico com relação à terra e está sujeito à corrosão, que pode ser bastante acentuada. Há necessidade de um levantamento completo antes da escolha das soluções. Entre as soluções se encontra a de proporcionar caminhos de retorno mais diretos até a fonte, por exemplo.

Um dos fatores mais importantes na corrosão é a habilidade inerente a um metal para formar um filme protetor. O alumínio, cromo, silício e muitas das suas ligas, como por exemplo os aços "inoxidáveis" de cromo, formam um fino filme aderente que realmente para a corrosão sob muitas condições.

Acredita-se que estes filmes sejam formados rapidamente por óxidos, são muito finos e auto-regeneradores. O ferro forma filmes de óxidos e hidróxidos que não são muito protetores por serem instáveis.

##### 4.2.4.4 Camadas protetoras

Precipitadas de soluções às vezes são importantes. Tubos de caldeiras revestidos de sulfatos e carbonato de cálcio em geral estão razoavelmente protegidos contra corrosão.

##### 4.2.4.5 Oxigênio dissolvido

É um fator importante, principalmente a altas temperaturas. Remove o hidrogênio acumulado sobre a superfície metálica, permitindo que a corrosão continue.

##### 4.2.4.6 Velocidade

De escoamento do fluido às vezes é importante. O efeito prejudicial é o de renovar rapidamente o líquido em contato

com o metal, impedindo uma diminuição da intensidade das reações de corrosão.

#### 4.2.4.7 Temperatura

As reações de corrosão são aceleradas com o aumento de temperatura.

#### 4.2.4.8 Tensão

Principalmente aplicada alternadamente provoca falha conhecida como fadiga por corrosão. A corrosão forma um filme que é destruído por aplicações alternadas de tensão.

#### 4.2.4.9 Bactérias

São às vezes associadas à corrosão. Há várias formas (sendo a crenotriz um caso típico) que retiram o ferro dissolvido na água, o precipitam como hidróxido ferroso (que se oxida para hidróxido férrico). As camadas e tubérculos avermelhados resultantes provocam entupimentos em tubulações. A corrosão pode também ser causada por bactérias redutoras de sulfatos. Não se acredita que as bactérias ataquem diretamente o ferro, mas que influenciem a taxa de corrosão.

### 4.2.5 Casos típicos de corrosão em tubulações

#### 4.2.5.1 Classificação

Interna — do fluido  
— por gases dissolvidos  
— por impurezas

Externa — atmosférica  
— do solo

Interna e externa

#### 4.2.5.2 Corrosão devida ao solo

A corrosão externa de tubulações enterradas em geral depende das características químicas do solo circundante e

embora possa ser devida ou acelerada por correntes perdidas, tal não ocorre com a frequência que se imagina. Evidentemente em locais onde se tem tubulações assentadas há longo tempo, se dispõe de dados suficientes para avaliação do problema da corrosão, a menos que tenham ocorrido mudanças no meio que modifiquem o comportamento da região no que diz respeito à corrosão. Em locais desprovidos de tubulações deve-se analisar os solos a encontrar. O "National Bureau of Standards" realizou inúmeros estudos a respeito da suscetibilidade à corrosão de materiais ferrosos como: ferro fundido, maleável, aço... Uma das conclusões mais importantes foi que o efeito do solo é bem mais pronunciado que o das variações das propriedades de corrosão dos metais. Reproduzimos abaixo um resumo sobre corrosão do solo publicado pelo "Bureau of Standards".

"Muitas são as fontes de potencial que causam a corrosão de metal enterrado. A intensidade da corrosão subterrânea depende muito da natureza dos filmes ou dos depósitos causados pela corrosão. O emprego de material inferior não é tão fundamental para a corrosão subterrânea. A composição química do material solúvel no solo é fator importante para corrosão, mas quando o solo contém apenas pequenas quantidades de sais solúveis, outros fatores controlam a taxa de corrosão. Solos bem drenados em geral não são corrosivos. Solos úmidos, orgânicos ou com alto teor de sais solúveis, em geral, são corrosivos. Correntes estranhas causam corrosão apenas quando se escoam do metal para um eletrólito, em geral a terra. Só correntes contínuas causam corrosão sob condições normais. Grande parte dos casos de corrosão subterrânea é devida às condições de construção da tubulação, como por exemplo interligação de tubos novos e velhos, cruzamento de diversas camadas de solos, vazios no aterro, corrente proveniente de outras estruturas.

Há diversos testes que podem indicar se os solos em questão são agressivos. Se realizarmos o número de testes adequado poderemos determinar as dimensões e a localização das áreas de corrosão.

A correlação dos resultados de testes em amostras com corrosão observada nos pontos de onde foram tiradas pode não ser adequada, face a outros fatores não inerentes ao solo e por não ser a amostra representativa do ponto de corrosão.

Não há critério padrão ou geralmente aceito para resistência à corrosão. Os méritos relativos dos materiais, no que diz respeito à corrosão, podem variar com o tempo de exposição, com a área exposta e as condições de exposição. A maioria dos materiais ferrosos usados normalmente, inclusive muitos aços — liga de baixo teor, está sujeita à mesma taxa de corrosão se exposta às mesmas condições de terreno. O chumbo sofre corrosão lenta na maioria dos solos por causa da formação de camadas protetoras de carbonato e sulfato. O cobre e as ligas ricas em cobre sofrem corrosão bem mais lenta que os materiais ferrosos na maioria dos solos. Entretanto, o cobre é muito afetado em solos contendo sulfeto de hidrogênio.

Revestimentos betuminosos em geral são ou se tornam imperfeitos. A maioria deles, após poucos anos, permite alguma corrosão, mas os melhores revestimentos reduzem as perdas de peso a profundidade dos furos por 10 anos ou mais. Zinco é o único material usado extensivamente para revestimentos subterrâneos. Sua eficiência é temporária. Proteção catódica aplicada e mantida adequadamente é um meio eficiente de evitar corrosão. Em algumas condições uma combinação de revestimento e proteção catódica proporciona o método mais econômico de evitar corrosão.

#### 4.2.6 Controle de corrosão

A tendência natural dos metais é a de sofrerem corrosão revertendo aos óxidos ou outras formas em que existem na natureza. Como nem sempre é possível ou econômico eliminar completamente o processo de corrosão, tenta-se controlar a corrosão condicionando-a a uma vida útil econômica.

Vários são os métodos disponíveis para controle de corrosão, conforme o caso e a situação econômica, dos quais os principais são:

a) revestimentos protetores — aplicados em geral em materiais pouco dispendiosos, como o aço e o ferro fundido;

b) desaeramento, neutralização e/ou tratamento químico do fluido;

c) proteção catódica — para proteger contra a ação eletroquímica associada à corrosão;

d) adoção de materiais resistentes à corrosão que podem ser ou não economicamente mais compensadores que os materiais ferrosos, dependendo do: custo inicial, vida útil e adequação técnica ao fim proposto.

### 4.3 REVESTIMENTOS PROTETORES USUAIS PARA TUBOS DE AÇO

#### 4.3.1 Generalidades

Caso a tubulação esteja sujeita a condições corrosivas, por vezes torna-se mais econômico usar um revestimento protetor do que usar material mais resistente e mais caro. Como a corrosão pode provir: do fluido conduzido, da atmosfera ou do solo, a proteção poderá ser necessária internamente, externamente ou de ambos os lados. No caso de ataque interno o fluido poderá, por vezes, ser tratado quimicamente. Várias são as associações técnicas que dão origem a ensaios e normas a respeito dos revestimentos a empregar. Entre elas destacamos: "National Bureau of Standards", "American Petroleum Institute", "American Gas Association", AWIA...

#### 4.3.2 Proteções externas

Os revestimentos externos podem ser classificados em 5 grupos gerais:

a) asfalto natural ou devirado de petróleo;

b) mastico asfáltico;

c) piche de alcatrão;

d) graxa e cera;

e) produtos diversos metálicos e sintéticos.

Embora haja escolha das propriedades físicas dos asfaltos e alcatrões, os últimos são considerados mais resistentes à umidade. Graxa e cera, na indústria de gás, levam a van-

tagem de poderem ser aplicados à temperatura ambiente. Os produtos betuminosos asfálticos são aplicados à temperatura de aproximadamente 100° F. Revestimentos de zinco, chumbo e estanho não têm sido satisfatórios sob o solo. Borracha vulcanizada e esmalte (de porcelana) são eficientes, mas não econômicos.

Epoxy também tem sido empregado ultimamente.

Para ser eficiente, o revestimento externo deve ter quatro características fundamentais:

- a) forte ligação com a superfície metálica;
- b) impermeabilidade à umidade e sais corrosivos;
- c) grande resistência elétrica;

d) resistência mecânica para suportar a carga e abrasão de pedras e da argila. Como estas condições todas não podem ser satisfeitas por um único produto, os fabricantes utilizam diversas camadas no revestimento.

a) 1.ª condição — forte ligação com a superfície metálica. Exige que a tubulação tenha uma superfície limpa e irregular. Para tal se usam:

- "shot blasting" com limalha de aço;
- "sand blasting";
- escovar com escova metálica motorizada;
- escovar manualmente.

Dependendo do que vai ser usado como camada protetora, será necessário ou não o uso de "primer". Os "primers" mais comuns são cromato de zinco, zarcão e tintas à base de asfalto e alcatrão. A inclusão de inibidores de corrosão nos "primers" não garante proteção adequada à tubulação em solos corrosivos.

b) 2.ª condição — impermeabilidade à umidade e sais corrosivos:

A primeira camada de revestimento deve-se constituir numa barreira contra soluções corrosivas e ser muito aderente ao aço, para se constituir em fundação adequada para

as camadas seguintes necessárias para sua proteção mecânica. Produtos à base de cera e alcatrão parecem ser os melhores, tendo em vista suas propriedades de baixa capacidade de absorção de umidade, embora sejam normais produtos asfálticos.

c) 3.ª condição — resistência elétrica: é necessária por dois motivos:

*Corrosão localizada*, que se manifesta sob a forma de "pitting", é interpretada como parte de um circuito elétrico em que a interação entre os sais solúveis e o aço constituem a célula geradora. Um revestimento de alta resistência minimiza os caminhos disponíveis de circulação de corrente.

A *corrosão* é muito estimulada por correntes estranhas existentes na terra e provenientes de trens etc. Como o tubo de aço é um condutor de baixa resistência, estas correntes estranhas passam pela tubulação, em alguns casos entrando e saindo do tubo conforme as condições de condutibilidade do solo. Nos locais em que a corrente abandona o tubo, pode ocorrer corrosão severa. A resistência elétrica pode ser uma propriedade da 1.ª camada ou a ser incorporada a um invólucro na 2.ª camada.

d) 4.ª condição — resistência mecânica.

A segunda camada e as subsequentes são para dar resistência mecânica e evitar distorção por pedras e pela argila. Esta camada em geral consiste de:

- envoltório de papel (asbestos ou linho) embebido de asfalto ou alcatrão com uma camada externa de alcatrão;
- uma camada pesada de cimento (mástico) asfáltico;
- um envoltório dielétrico de acetato reforçado com uma camada externa de cera.

Quando as condições de solo forem muito agressivas, poderá ser necessária uma segunda camada.

Sobre tudo isto é opcional uma camada de papel "Kraft" pesado, para facilitar manuseio ou uma camada de cal branco ("White wash") para proteção contra o sol. Em geral, camadas espessas proporcionam maior proteção. As camadas protetoras podem ser aplicadas à tubulação:

- em instalação de firma especializada;
- no campo;
- por máquina portátil;
- manualmente.

Em testes realizados pela API (Logan) determinou-se ser impossível estabelecer a superioridade de revestimentos aplicados à máquina.

#### 4.3.3 Especificações da AWWA

##### 4.3.3.1 Proteção interna

Uma camada de "primer" à base de alcatrão seguida de uma camada de esmalte de alcatrão ("coal-tar") aplicada a quente, manualmente ou mecanicamente.

##### 4.3.3.2 Proteção externa

###### a) Tubulação enterrada

— Diâmetro  $D \geq 30$  in — uma camada de "primer" de alcatrão, seguida de uma camada de esmalte de alcatrão e uma camada de caiação resistente a água.

—  $4.1/2 \leq D < 30$  in — uma camada de "primer" de alcatrão seguida por uma camada de esmalte de alcatrão quente em que deve ser embebido um invólucro de feltro de asbestos, e acabada por papel tipo "Kraft" ou por uma camada de caiação.

###### b) Tubulação aérea

Exposta ao tempo, duas camadas de zarcão ou uma camada de zarcão e outra de esmalte branco sintético, e uma camada de tinta à base de alumínio.

##### 4.3.3.3 Considerações gerais

As especificações da AWWA prevêem testes físicos para o esmalte à base de alcatrão.

Além disso, há necessidade de inspeção elétrica e visual para toda a extensão da tubulação, com verificação quanto à adesão do revestimento à tubulação.

O detetor elétrico de falhas ("holiday tester") deve ser de projeto aprovado e capaz de fornecer 8 000 a 10 000 volts à baixa amperagem.

A proteção contra corrosão das juntas e peças especiais é aplicada manualmente no campo.

Em geral o material empregado é o mesmo aplicado na fábrica.

Em alguns casos este procedimento obriga o uso de aplicações quentes e equipamentos para aquecimento, o que pode causar problemas — que são minorados quando se usa uma forma. Também são disponíveis graxas e compostos para aplicação a frio.

Deve-se tomar cuidado ao revestir as juntas, pois qualquer umidade que entrar no revestimento neste ponto percorre as grandes distâncias ao longo da tubulação, provocando corrosão sob o revestimento.

#### 4.3.4 Revestimentos internos comerciais

Para resistir à corrosão interna, principalmente em tubulação de abastecimento de água, esgotos ou outros serviços similares onde se espera uma corrosão suave, vários são os tipos de revestimentos protetores existentes comercialmente.

##### 4.3.4.1 Galvanização

Corresponde à aplicação de zinco derretido às paredes internas da tubulação. No processo a tubulação é banhada ("pickled") em ácido, lavada e neutralizada na água e mergulhada num banho de água corrente. É então aquecida e mergulhada num banho de zinco derretido (mantido à temperatura superior a 800° F). A tubulação permanece até adquirir a temperatura do zinco derretido. O peso do recobrimento é da ordem de 2 Oz/ft<sup>2</sup> de superfície revestida. O processo pode ser complementado com um tratamento especial de cromato

para resistir à descoloração e à formação do "Whiterust" (oxidação branca) mantendo o lustre metálico original por longo tempo.

#### 4.3.4.2 Revestimento cimentado

O tipo de cimento usado tem baixo teor de calcário e alto teor de sílica, com baixa solubilidade. A mistura é aplicada por centrifugação e é seguida de um tratamento de cura que aumenta a resistência do cimento e reduz a retração. Este tipo de revestimento é aceitável em instalações especiais, principalmente em linhas de água quente. O revestimento cimentado não é totalmente impermeável à água, mas a água que penetra forma uma solução alcalina em contato com o ferro e que tende a inibir a corrosão. Quando o líquido apresenta baixo pH, há uma reação contínua entre o revestimento e o fluido. Assim sendo, revestimento cimentado só é adequado a condições levemente ácidas. Quando for especificado pode ser acrescentada uma camada betuminosa tornando o revestimento impermeável à corrosão.

#### 4.3.4.3 Revestimento à base de alcatrão

Com a aplicação de duas camadas de uma solução líquida de alcatrão aplicada a frio. As duas camadas são recomendadas, pois a segunda camada remove a existência possível de furos ou vazios na primeira camada. Esta solução de alcatrão, que é mantida líquida pelo uso de solventes de alcatrão, é em geral aplicada por uma combinação de pulverização ("spraying") e pincelamento.

Após seca a primeira camada, aplica-se a segunda, que é então deixada secar antes da remessa. A espessura resultante destas camadas é da ordem de 1/64 in. A superfície é negra e brilhante e, tendo sido a superfície interna preparada pela remoção da ferrugem e de rebarbas, será também bastante lisa, melhorando o coeficiente de escoamento da tubulação.

#### 4.3.4.4 Revestimento asfáltico

A tubulação é mergulhada, verticalmente ou horizontalmente, num banho asfáltico quente.

Anteriormente a tubulação é limpa de ferrugem, rebarba, poeira, óleo e graxa, sendo o tubo aquecido até ficar seco para ser então mergulhado no banho de asfalto quente até atingir a temperatura deste. A tubulação então é retirada e posicionada de forma a que revestimento em excesso se escoe naturalmente. A camada de revestimento tem em geral de 0,01 a 0,03 in de espessura.

#### 4.3.4.5 Esmalte de alcatrão centrifugado a quente

É o tipo mais aceito e considerado como melhor para tubos condutores de água. Neste processo limpa-se primeiro a tubulação de ferrugem, poeira, rebarbas, óleo ou graxa. Aplica-se um "primer" líquido à base de alcatrão (por pulverização, pincelamento ou ambos). O "primer" será um meio de ligação entre o metal e o esmalte aplicado a quente. Após estar seco, aplica-se o esmalte a quente, por uma canaleta, vertedor ou alimentação móvel enquanto a tubulação gira em torno de seu eixo com uma velocidade periférica relativamente elevada. A força centrífuga distribui o esmalte regularmente na superfície interna e a espessura da camada é controlada pelo método a tempo de aplicação. A rotação da tubulação continua (com ou sem a introdução de água de resfriamento) em geral até o resfriamento suficiente do revestimento, para que este fique firme. A superfície resultante é negra, lisa e brilhante, proporcionando melhores características de escoamento possíveis. Em geral tem uma espessura de  $3/32'' \pm 1/32''$ .

#### 4.3.4.6 Observações gerais

O zinco protege a tubulação por ser anódico com relação ao ferro, devendo ser consumido por corrosão. Sua proteção, portanto, diminui com o tempo e não se deve esperar uma vida muito longa. Há outros revestimentos metálicos valiosos em condições especiais, como por exemplo, cádmio, níquel, estanho. Revestimentos de esmaltes vitrificados são bem sucedidos em temperaturas moderadas e em meios neutros ou alcalinos. Para água salgada ou ácidos fracos podemos usar tubos revestidos de chumbo. Existem registros e peças especiais revestidos de chumbo comercialmente. Revestimento de chumbo pode ser feito facilmente em tubos de aço ou ferro fundido, inserindo um tubo de chumbo dentro do outro de dimensão tal que haja pequena folga entre ambos. Expandir então o chumbo a ar.

São usadas juntas flangeadas, pois não é possível soldar tubos revestidos. Para tal os tubos de chumbo são abertos na face do flange ("flared").

#### 4.4 MECANISMO DA CORROSÃO DO FERRO

Para que haja corrente, é preciso que haja uma reação de meia-célula do anodo e uma reação equivalente na meia-célula de catodo. As duas reações que se processam em cada caso são as que produzem o máximo potencial entre os eletrodos.

O potencial real é determinado pela diferença  $\Delta E^0$  dos potenciais padrão de oxidação das reações de meia-célula e pelas concentrações dos ions e substâncias dissolvidas que participam nas reações.

Para determinar que reação ocorrerá no anodo, é preciso examinar dentre todas as reações anódicas possíveis qual a mais anódica.

Analogamente no catodo uma reação é anódica com relação a outra quando a 25°C

$$\frac{Q_1^{(1/n_1)}}{Q_2^{(1/n_2)}} < \frac{(\Delta E)^{25^\circ}}{10^{(0,05914)}} , \text{ onde o índice } 1 \text{ se refere à reação}$$

anódica e o índice 2 à reação catódica;  $Q$  é a relação entre o produto das atividades dos produtos da reação e o produto das atividades dos reagentes;  $n$  — é o número de eletrons transferidos. Observa-se uma semelhança no mecanismo de corrosão do ferro, chumbo, cobre e zinco:

- a) para pH baixo os metais entram em solução no anodo;
- b) para pH alto se formam precipitados sólidos no anodo.

É evidente que a corrosão pode ser retardada por proteção anódica por aumento do pH de modo a depositar hidróxidos, carbonatos, fosfatos etc.

— O hidróxido ferroso se oxidará na presença de oxigênio dissolvido, se transformando em hidróxido férrico; que é

um revestimento de má qualidade. Para todos os metais as reações catódicas mais importantes dependerão do oxigênio dissolvido. Nas águas naturais, a taxa de corrosão é praticamente diretamente proporcional à concentração do oxigênio dissolvido.

Na corrosão do ferro, o hidróxido férrico é formado normalmente no estado, embora possa ser formado no anodo por oxidação do óxido ferroso hidratado. Pode dar origem a tubérculos (obstruindo a seção) que ao se desprenderem das paredes tornarão a água vermelha. Um dos principais processos de combate à corrosão é portanto de impedir a formação de ferrugem.

Os principais fatores que influenciam a corrosão do ferro, em ordem de importância, conforme valor do pH, serão dados pelo quadro abaixo:

Ordem de importância	Faixa alcalina pH > 10 corrosão lenta	Faixa neutra 4,3 < pH < 10 corrosão média	Faixa ácida pH < 4,3 corrosão rápida
1	Revestimento protetor	Concentração de oxigênio	Valor do pH
2	Concentração de oxigênio	Revestimento protetor	Tensão do hidrogênio
3	Composição do metal	Valor do pH	Composição do metal
4	Valor do pH	Composição do metal	Concentração de oxigênio
5	Tensão do hidrogênio	Tensão do hidrogênio	Concentração do ion metálico
6	Concentração do ion metálico	Concentração do ion metálico	Revestimento protetor

— A resistência à corrosão dos principais metais nas condições normalmente existentes em sistemas de abastecimento de águas (materiais mais resistentes no topo da lista) são dadas pela tabela abaixo.

Os metais grifados são muito corrosivos e não devem ser empregados. Os metais dentro da mesma chave são igualmente resistentes.

Na água				No ar
Soluções ácidas		Soluções neutras	Soluções alcalinas	
Sem oxidação	Com oxidação			
Ferro silício Aço inoxidável Alumínio	Ferro silício Aço inoxidável Alumínio	Cobre Níquel Bronze	Níquel Aço inox. Ferro (pH 10)	Cobre Bronze Alumínio
Estanho Cobre	Cobre Níquel	Aço inox. Alumínio (pH < 9)	Cobre	Aço inox. Estanho
Níquel Bronze	Bronze Latão	Zinco (pH 8-9)	Bronze Latão Estanho	Latão Chumbo Ferro silício
Latão	Chumbo	Estanho	Zinco (pH > 11)	
Ferro Chumbo Zinco	Estanho Ferro Zinco	Latão Chumbo (pH 6-9) Ferro silício Zinco (pH 7) Ferro (pH 4,3-10)	Chumbo (pH > 10) Alumínio (pH 9) Ferro silício	Zinco Níquel Ferro

— Testes realizados pelo U.S. Bureau of Standards, referentes à corrosão de diversos tipos de aço, ferro fundido e ferro gusa em 22 dos solos mais corrosivos dos EE.UU., indicaram que nenhum dos materiais é superior a qualquer outro (com exceção do ferro fundido com 14,25% de silício). Alguns solos, entretanto, são mais corrosivos que outros.

Quando qualquer metal é posto em contato com um material mais catódico, o potencial de corrosão se torna maior que para o metal sozinho.

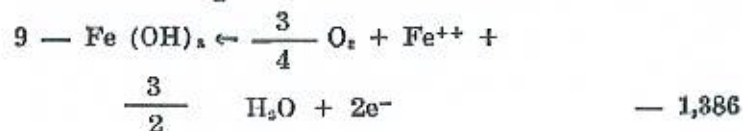
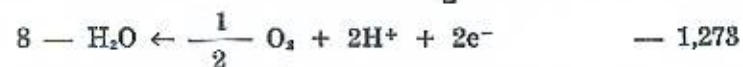
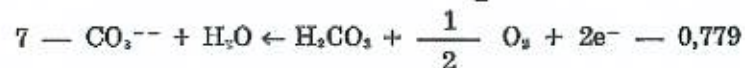
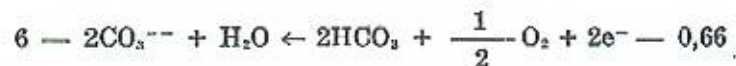
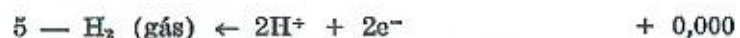
#### COMENTÁRIOS RELATIVOS AS REAÇÕES PRINCIPAIS DE CORROSÃO DO FERRO NA ÁGUA

- a) pH 9 — prevalece a reação 4 e o ion ferroso entra em solução no anodo.  
pH 9 — os ions OH e CO<sub>3</sub> são retirados do anodo, formando-se revestimentos sólidos que retardarão o prosseguimento da corrosão.
- b) Na presença de oxigênio dissolvido, a principal reação catódica será a 9, resultando na formação de oxigênio férrico.
- c) Não haverá formação de água (reação 8), a menos que haja quantidade desprezível de ferro em solução e que o H<sub>2</sub> (gás) não seja retirado do catodo (pH 3). Em água clorada, o cloro substituirá o oxigênio nas reações.

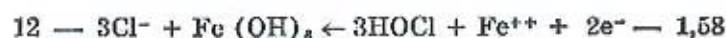
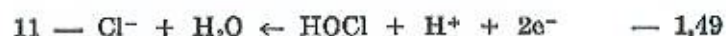
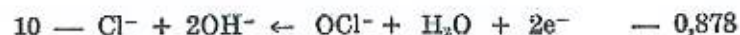
#### PRINCIPAIS REAÇÕES DE CORROSÃO DO FERRO NA ÁGUA

- a) Reações anódicas: E<sub>ox</sub><sup>o</sup> (V)
- 1 — 2OH<sup>-</sup> + Fe → Fe (OH)<sub>2</sub> + 2e<sup>-</sup> + 0,877
- 2 — CO<sub>3</sub><sup>==</sup> + Fe → Fe O<sub>3</sub> + 2e<sup>-</sup> + 0,755
- 3 — HPO<sub>4</sub><sup>==</sup> + Fe → Fe HPO<sub>4</sub> + 2e<sup>-</sup> ?
- 4 — Fe → Fe<sup>++</sup> + 2e<sup>-</sup> + 0,440

b) Reações catódicas:



c) Reações catódicas em água clorada:



#### 4.5 CASOS PRÁTICOS DE CORROSÃO EM TUBULAÇÕES DE AÇO

Um mesmo metal submetido à ação de dois eletrólitos diferentes pode originar uma corrente. No caso de corrosão subterrânea, isto poderia ocorrer quando houvesse uma variação na concentração de oxigênio do solo (p.ex., devido à variação no grau de compactação ou porosidade do solo; restrição à entrada de ar e umidade devida a prédios, pavimentação; variação do teor de umidade).

Nos pontos em que a corrente perdida abandona a tubulação, o aço sofre corrosão na taxa de 20 lb/ampère-ano de corrente.

##### 4.5.1 Fatores que influenciam o grau de corrosão

- posições relativas dos metais na série galvânica;
- dimensão da área anódica com relação à área catódica;

- localização do anodo relativamente ao catodo;
- resistência do circuito metálico;
- tipo e composição do eletrólito;
- condutividade ou resistividade do eletrólito;
- uniformidade do eletrólito;
- condições de despolarização.

R. E. Barnard (A method of determining Wall thickness of Steel pipe for under-ground service, Jour. AWWA 29: 791 Junho 1937) estudou uma série de valores de espessura de tubulações de diâmetro menor ou igual a 26 in, em função de uma classificação de solos que apresentamos a seguir:

#### *Classificação dos solos em função de sua ação corrosiva sobre o aço*

##### GRUPO I — Terreno levemente corrosivo

— Boa drenagem e aeração. Caracterizado por coloração uniforme e por nível d'água bem baixo. Inclui:

- a) areia ou argila arenosa;
- b) argila siltosa leve;
- c) argila porosa ou camadas argilosas bem oxigenadas até grandes profundidades.

##### GRUPO II — Terreno moderadamente corrosivo

— Drenagem e aeração regular.

— Caracterizado por manchas leves (marrom ou cinza amarelado) na parte inferior do perfil (profundidade de 18 a 24 in) e um lençol d'água baixo. Os solos são considerados bem drenados do ponto de vista de agricultura, caso não necessitem de drenagem artificial para plantação. Inclui:

- a) argilas arenosas;
- b) argilas siltosas;
- c) argilas.

### GRUPO III — Terreno corrosivo

— Aeração e drenagem deficiente. Caracterizado por grande grau de compactidade, manchas regulares próximas à superfície (a 6-8 ft in de profundidade) e com lençol d'água a 2-3 ft abaixo da superfície. Os solos em geral ocupam áreas planas e exigem drenagem artificial para plantação. Inclui argilas.

### GRUPO IV — Terrenos excessivamente corrosivos

— Aeração e drenagem muito deficientes. Caracterizados por manchas cinzentas a profundidades de 6-8 in, com lençol d'água superficial, ou por impermeabilidade elevada (por causa de material coloidal existente). Inclui:

- a) lama ou vasa;
- b) turfa;
- c) pântanos;
- d) argilas ou solos orgânicos;
- e) barro (adobe).

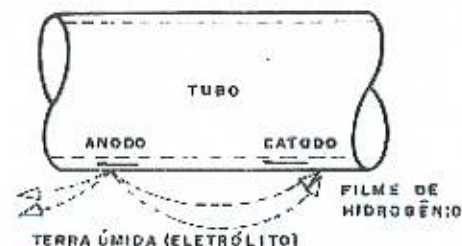
*Taxas de corrosão dos diversos solos, conforme classificação de Barnard*

Profundidade do furo (área de 0,4 ft<sup>2</sup>) — (em mils)

Tipo de terreno Tempo em anos	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
0	0	0	0	0
5	40	60	50	80
10	50	75	70	130
15	55	90	80	165
20	60	100	90	200
30	65	110	110	265
40	65	120	125	320
50	70	130	140	370

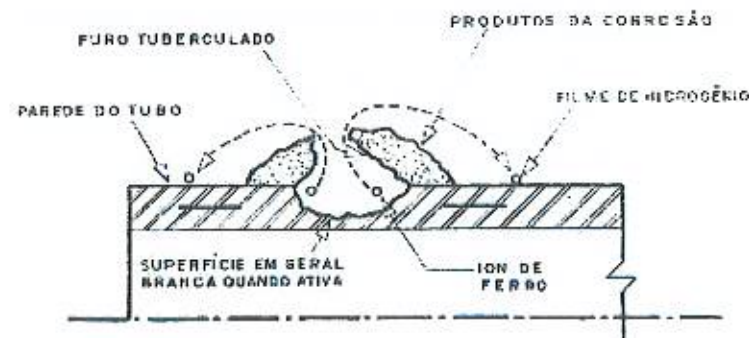
### 4.5.2 Exemplos de corrosão

CASO I — *Pilha formada em tubulação enterrada sem revestimento protetor*



- A terra úmida é o eletrólito.
- As duas áreas assinaladas na tubulação são o anodo e o catodo. A parede da tubulação substitui a fiação.
- A parede da tubulação sofrerá corrosão no anodo. No catodo não haverá corrosão, mas o tubo tenderá a ficar coberto com hidrogênio, que, caso não seja removido, provocará um aumento da resistência, diminuindo a corrosão do anodo (polarização).

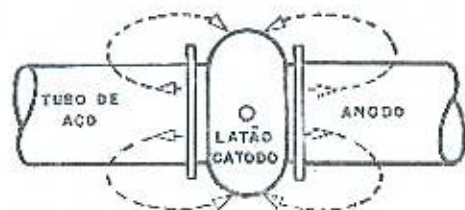
CASO II — *Formação de furo*



- Detalhe da parede do tubo no anodo. A corrente que abandona o anodo leva ions metálicos. Estes ions entram em

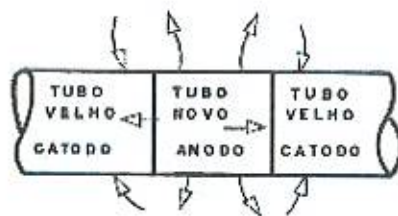
solução no solo (eletrólito) e são trocados por íons de hidrogênio. O metal se deposita como escamas ou tubérculos de ferrugem em torno do furo. Em muitos solos, principalmente nos relativamente secos os tubérculos, formam uma crosta em torno do furo, impedindo a passagem da corrente e a continuação da corrosão.

CASO III — Corrosão causada por contato de metais diferentes em tubulações enterradas



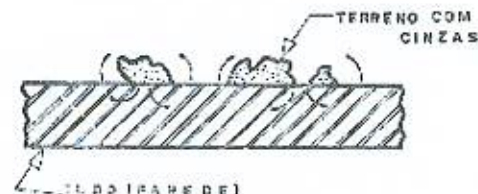
— A válvula de latão (ou bronze) é o catodo (área protegida), o tubo de aço é o anodo (área sofrendo corrosão) e o solo é o eletrólito. Sendo a área do catodo pequena em relação à área do anodo, a corrosão é lenta e pouco acentuada. Se estas proporções de área foram invertidas, a corrosão poderá ser muito rápida (densidade de corrente elevada).

CASO IV — Corrosão devida a metais diferentes



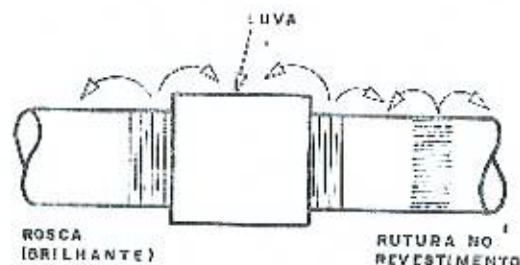
— Tubulação nova sempre se torna anódica e a taxa de corrosão dependerá do tipo de solo e das dimensões relativas das áreas do anodo e do catodo.

CASO V — Corrosão devida a cinzas



— As cinzas funcionam como catodo e o tubo como anodo. Ácidos produzidos pelas cinzas aumentam a atividade do solo. Não há acúmulo de hidrogênio no catodo, a célula permanece ativa e a corrosão é rápida.

CASO VI — Corrosão devida à variação das condições superficiais

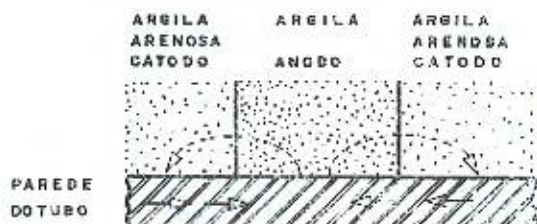


— Riscos ou marcas brilhantes em tubulações rosqueadas tornam-se áreas anódicas em tubos enterrados e o resto do tubo se torna catódico. Em alguns solos estas áreas brilhantes se tornam muito ativas e destrutivas por causa da pequena área do anodo e grande área de catodo, dando origem às piores relações da área possíveis.

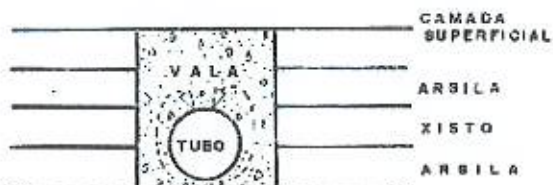
CASO VII — Corrosão causada por solos diferentes.

— Os trechos de tubulação dentro da argila arenosa são catódicos, as seções na argila são anódicas e o solo é o eletrólito.

lito. Se a resistência ao escoamento da corrente é elevada no eletrólito, a taxa de corrosão será lenta. Se a resistência à corrente for baixa, a taxa de corrosão será alta. Assim, o conhecimento da resistência elétrica do solo é fundamental nos estudos de controle de corrosão.



CASO VIII — Corrosão causada pela mistura de solos diferentes



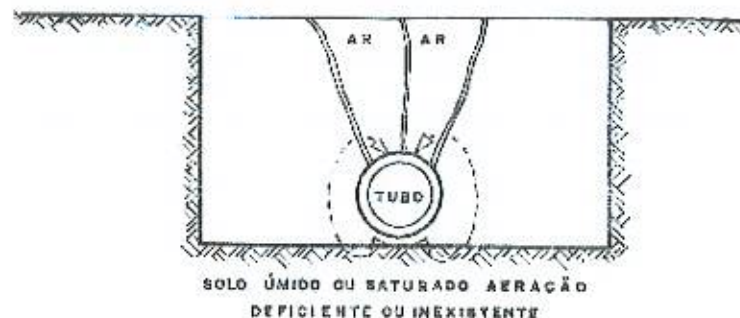
— A mistura de solos (eletrólitos dessemelhantes) provoca formação de uma pilha galvânica.

— Se grandes torrões de terra, provenientes de diferentes profundidades da vala entram em contato direto com a parede do tubo (desprotegida), a área de contato tende a se tornar anódica e o tubo adjacente catódico.

— Torrões pequenos, bem dispersos, como os que resultam de escavação mecânica reduzem a tendência de formação de pilhas. Pilhas galvânicas, tendo áreas anódicas e catódicas distribuídas em torno da periferia do tubo, são chamadas de "Short-path cells".

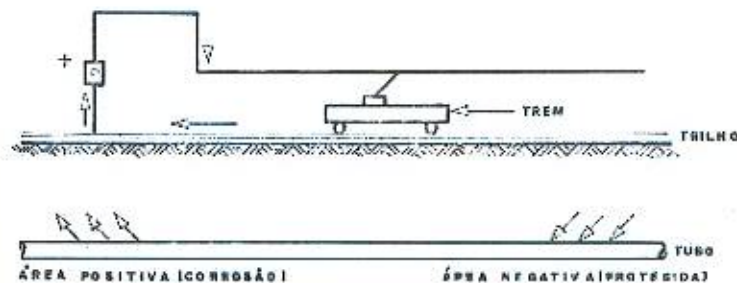
CASO IX — Corrosão provocada por aeração diferencial do solo

— Embora o solo na vala seja uniforme, o tubo repousa em terreno úmido, compactado e não deformado no fundo da vala enquanto o resto da circunferência do tubo está em contato com solo mais seco e mais aerado do reaterro. A situação mais desfavorável ocorre nos pontos de máxima dessemelhança, ou seja, ao longo de pequena faixa circundante da geratriz inferior do tubo e que é o anodo da pilha.

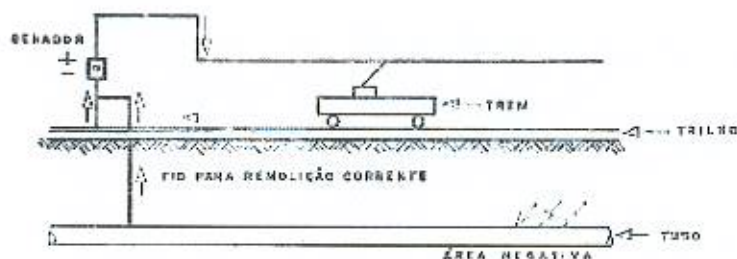


CASO X — Corrosão por correntes perdidas provocadas por ferrovias eletrificadas

a) Situação de corrosão:



b) Controle da corrosão:



#### 4.6 PROTEÇÃO CATÓDICA

A corrosão de uma tubulação enterrada ocorre quando o metal é anódico com relação ao terreno adjacente. Em consequência, se a tubulação for tornada catódica aplicando um potencial elétrico, a corrosão será bastante reduzida em muitos casos. Isto é feito ligando a tubulação ao polo negativo de uma fonte de corrente contínua e aterrando o polo positivo.

A proteção catódica pode ser aplicada a tubulações revestidas ou não. Pode ser também usada como um recurso para prolongar a vida útil de tubulações em que o revestimento original já se deteriorou. É aplicável também na proteção de reservatórios elevados e em alguns casos de proteção interna de tubulações.

A experiência indica que a maioria dos solos não é corrosiva em excesso, sendo os revestimentos padrões da AWWA suficientes para proteção adequada. Quando o fator destrutivo for uma corrente estranha induzida, a ligação elétrica (contínua) entre os tubos e a drenagem da corrente são os melhores processos para evitar eletrólise.

Entretanto, se as medidas acima forem insuficientes, deve-se recorrer à proteção catódica.

Como pode levar muito tempo até se constatar a necessidade de proteção catódica, deve-se projetar as instalações (principalmente em áreas corrosivas) de modo a permitir o uso de proteção catódica. Entretanto, a proteção catódica não

deve ser usada para compensar os efeitos de um revestimento ou instalação deficientes. Entre outras coisas, o revestimento mal feito provoca o aumento do custo da proteção.

Em todas as pilhas o metal removido de um anodo guarda uma relação constante com a corrente. Um ampère-ano de corrente removerá 20,1 lb de ion ferroso, admitindo uma eficiência de 100% no anodo.

Tubulações subterrâneas estão em geral colocadas em solos com teor de umidade suficiente para a formação de eletrólitos em torno delas. A taxa de corrosão dependerá:

- a) do teor de umidade do solo;
- b) quantidade de produtos químicos dissolvidos que combinarão com o aço;
- c) variação do potencial ao longo da tubulação provocada por:
  - concentrações diferentes de produtos químicos;
  - condições superficiais da tubulação;
  - Fontes geradoras de corrente contínua nas vizinhanças;
- d) área da superfície catódica do tubo com seu efeito associado de polarização.

As áreas catódicas de tubulações em geral são mais extensas que as anódicas. Isto se deve ao efeito da polarização. A polarização completa de qualquer seção catódica desvia a corrente para as superfícies adjacentes (mais diferentes). Assim, a superfície polarizada cresce até ser alcançado o equilíbrio entre as forças que provocam a despolarização, a resistência à corrente e o potencial desenvolvido no anodo. A proteção catódica consiste na formação de uma corrente elétrica em sentido contrário à corrente provocadora da corrosão e no controle desta corrente impressa.

A contracorrente impressa sempre se escoia em direção à tubulação, mantendo-a sempre catódica — donde o nome de "proteção catódica".

Para que a proteção seja eficiente, é mister manter uma diferença de potencial entre o solo e o tubo de 0,25 mV (ou seja, aproximadamente 0,80 a 0,85 V entre o tubo e o eletrodo de sulfato de cobre em contato com o solo) ou mais. Este valor mínimo foi determinado empiricamente, mas pode estar sujeito a flutuações.

No projeto de tubulações, na orientação do traçado quanto às áreas mais corrosivas, os levantamentos mais práticos são os que envolvem a determinação da resistividade do solo (além da inspeção visual por elemento experimentado). A corrosão será maior em terrenos de baixa resistividade. As medições de resistividade são mais eficientes quando feitas logo abaixo da profundidade da tubulação, pois o contato tubo-solo é maior no fundo da vala, onde a escavação não perturbou as formações naturais.

Várias medidas são necessárias, pois variações radicais de resistividade podem ocorrer a pequena distância (formando "pilhas de concentração"). Uma relação entre o grau de corrosão e a resistividade pode ser avaliada pela tabela seguinte:

Classe do solo	Descrição	Resistência OHM/EC
1	Excelente	10 000 — 6 000
2	Bom	6 000 — 4 500
3	Regular	4 500 — 2 000
4	Corrosivo	2 000 — 0

— A análise química do solo e a determinação do seu pH são de pouco valor relativo.

Nas pesquisas de corrosão de tubulações existentes, faz-se a determinação das linhas de corrente ou superfícies de potencial. A proteção catódica requer uma fonte de corrente contínua (para geração de corrente impressa), que poderá ser um retificador ou um gerador. O projeto do anodo e da cama de anodos é importante. A corrente total que determinada tensão externa fará atravessar o solo depende:

- a) da resistividade do solo;
- b) da dimensão, forma e disposição dos anodos;
- c) da profundidade em que são enterrados.

Os anodos podem ser constituídos de:

- a) hastes verticais;
- b) de tubos ou hastes horizontais;
- c) de anodos múltiplos instalados a intervalos frequentes;
- d) camas feitas de sucata.

Os materiais comumente empregados no anodo são:

- a) sucata de aço doce;
- b) sucata de ferro fundido;
- c) carbono ou grafite;
- d) ferro fundido com alto teor de sílica.

Os solos em geral mantêm o teor de umidade razoavelmente constante a profundidade de 8 ft ou mais. Como a resistividade do solo deve manter-se constante em torno das camas de anodo, esta é a profundidade indicada. Entretanto, às vezes é mais econômico uma profundidade menor.

— A distância ótima entre as camas de anodo e a tubulação depende da quantidade de corrente transmitida e do revestimento da tubulação.

A distância para linhas com revestimento inexistente ou deficiente será de 300 a 400 ft. Para linhas bem revestidas e correntes baixas (da ordem de 5 A), a distância poderá cair para 15 a 20 ft. A distância de uma tubulação revestida deve ser, entretanto, suficiente para evitar impor à tubulação um potencial tubo-solo superior a 2,5 V (medido por intermédio de eletrodo de sulfato de cobre).

Anodos galvânicos de zinco ou magnésio enterrados e ligados à tubulação por fio isolado são usados para criar verdadeiras pilhas quando seu baixo potencial elétrico for suficiente.

A proteção catódica em tubulações de aço só é empregada após demonstração cabal de sua necessidade. Para tal é mister que sejam conduzidos estudos de campo por pessoal especializado.

#### 4.7 ESTUDO DA PROTEÇÃO CATÓDICA DAS ADUTORAS DE 1,50 M EM AÇO NO RECALQUE DO MARAPICU (ADUTORA HENRIQUE DE NOVAES)

##### 4.7.1 Generalidades

Tendo em vista o exposto anteriormente neste trabalho e nos relatórios enviados pela firma Tecnion referentes aos trabalhos supramencionados, resumimos a seguir os levantamentos, estudos e conclusões referentes à adutora em aço do Marapicu.

O que originou o problema foi a incidência com grande frequência de acidentes nas tubulações de aço supra-referidas.

Face à sua capital importância no abastecimento da cidade, procedeu-se ao estudo da corrosão e suas causas visando solucionar o problema.

Os trabalhos de campo constaram de:

- a) inspeção visual;
- b) medições do potencial tubo-solo;
- c) medição da resistividade do solo;
- d) ensaio de polarização da estrutura.

##### 4.7.2 Inspeção visual

Pela inspeção visual constatou-se:

- a) que o revestimento e a tubulação nos 100 m iniciais, a contar da casa de bombas, estão em estado precário;
- b) a cerca de 800 m da caixa do Marapicu, devido ao vazamento no ladrão, as duas linhas se encontram descobertas, estando afetado o revestimento de cerca de 75 m de uma das linhas a 25 m da outra;
- c) não há isolamento elétrico entre a adutora e os equipamentos da elevatória.

##### 4.7.3 Medições do potencial tubo-solo

As medições foram feitas nos seguintes pontos (medição direta):

Ponto	Potencial (V)	
	Tubo esquerdo	Tubo direito
1) Caixa d'água	0,80	0,55
2) 300 m da caixa d'água	0,50	0,52
3) Casa de bombas	0,55	0,54

Não foram constatados indícios de correntes estranhas nos trechos.

##### 4.7.4 Resistividade do solo

Medida em quatro profundidades em quatro pontos, obtendo os seguintes valores da resistividade (cm):

Profundidade Ponto	1,5 m	3,0 m	4,5 m	6,0 m	Média
1) caixa d'água	19 000	9 000	4 800	4 000	8 200
2) 300 m da caixa d'água	22 000	3 600	3 000	4 000	8 150
3) 900 m da caixa d'água	9 000	6 000	2 100	1 600	4 675
4) casa de bombas	1 200	1 300	1 200	800	1 125

Esta medição é feita enterrando hastes terminais a distâncias variáveis à mesma profundidade, correspondentes (face à abertura das linhas de fluxo entre os terminais) às diversas profundidades. Estabelecida uma diferença de potencial entre os externos obtém-se a corrente produzida e portanto a resistividade.

#### 4.7.5 Ensaio de polarização

Foi feito com o emprego de uma bateria de 12 volts e barras de ferro com anodo auxillar para aplicação da corrente de 370 mA, o que provocou uma elevação de potencial de 200 mV a 100 m da casa de bombas. Assim concluiu-se que o revestimento externo está em estado precário pela grande dispersão da corrente.

#### 4.7.6 Justificativa da solução empregada

Pelos valores acima constatou-se corrosão eletroquímica provocada pelo solo.

Como a resistividade do solo é muito elevada não é adequado o emprego de proteção galvânica.

Conclui-se então pela necessidade do emprego do sistema de corrente impressa, pois:

a) a grande área composta requer uma corrente global de grande intensidade;

b) a resistividade do solo é elevada.

#### 4.7.7 Dimensionamento do sistema

##### 4.7.7.1 Cálculo da corrente

a) Densidade de corrente de proteção

0,6 mA/m<sup>2</sup> (revestimento com eficiência estimada em 60%).

b) Corrente

$$I = (2 \cdot w \cdot D \cdot L) = (6 \times 10^{-3}) \cdot 2w \cdot (1,50) \cdot (1.200) = 67,8 \text{ A.}$$

##### 4.7.7.2 Projeto da cama de anodos

a) Localização

Procurou-se evitar a proximidade ao trecho inicial adjacente à casa de bombas, face a seu estado precário.

b) Resistência de um anodo isolado

(Anodo metálico dentro de cilindro de coque de enchimento):

$$R = \frac{P}{2wL} \left( \ln \frac{8L}{D} - 1 \right), \text{ onde:}$$

l = comprimento do anodo = 150 cm;

d = diâmetro do anodo = 5 cm;

P = resistividade média do solo a 300 cm de profundidade = 3 500 Ω cm;

D = diâmetro do furo = 30 cm;

L = altura do enchimento do furo (enchimento com moinha de coque metalúrgico);

h = profundidade do furo = 300 cm;

$$R = \frac{3\,500}{2 \cdot w \cdot 180} \left( \ln \frac{8 \times 180}{30} - 1 \right) = 8,85.$$

c) Resistência total do circuito

Será dada por:

$$R_c = \frac{R \cdot f}{N}, \text{ onde:}$$

R = 8,85;

f = fator de corrosão que leva em conta interferência entre os anodos (dispostos em linha e afastados de 6 m) = 1,35;

H = número de anodos = 20;

R<sub>c</sub> = resistência conjunta (associação em paralelo dos anodos, desprezando as resistências da fiação e da tubulação) = 0,6Ω.

##### 4.7.7.3 Dimensionamento do retificador

a) Corrente: I<sub>max</sub> = 67,8 → 80 A.

b) Tensão: V = I.R. = 80 × 0,6 = 48 V → 50 V.

## Capítulo 5

### CONSTRUÇÃO DA CASA DE BOMBAS

Eng.º JOÃO BAPTISTA FEICHAS SALOMON (\*)

**Edifício — Projeto — Montagem dos equipamentos — Dispositivos de partida e proteção — Quadro elétrico — Tubulação de sucção e recalque e órgãos de proteção e manobra — Dispositivos de escorva**

#### 5.1 EDIFÍCIO

##### 5.1.1 Generalidades

A casa de bombas é parte de um conjunto que constitui o centro vital do abastecimento de água.

Esse conjunto pode abranger:

- a) a tomada de água bruta ou "in natura" em:
  - poços;
  - curso de água; ou
  - bacia de acumulação.

---

(\*) Eng.º da ex-SAEC, atual SABESP.

- b) a tomada de água tratada ou potável em:
  - estação de tratamento;
  - reservatórios; ou
  - trecho de adutora (booster ou simples recalque).
- c) poço de sucção ou canal de alimentação;
- d) residência para operadores e guardas;
- e) almoxarifado de peças e ferramentas;
- f) casa de bombas, contendo:
  - sala de máquinas;
  - escritório;
  - sala de comando (pode ser no próprio escritório);
  - instalações sanitárias; e
  - pequena copa (quando os operadores não residem na área da estação).

#### 5.1.2 Definição do edifício

A localização do edifício é fixada em função do projeto do abastecimento desejado, qualquer que seja a origem da fonte alimentadora.

Determinado o local, torna-se necessário fixar as dimensões do edifício. Para isso o projetista deve dispor de elementos que lhe permitam dimensionar um projeto. Esses elementos seriam:

- a) vazão requerida pelo abastecimento ou permitida pela fonte alimentadora (vazão total);
- b) a demanda requerida pelo abastecimento e altura máxima de recalque para fixação do número de bombas;
- c) dimensões dos grupos motor-bomba (eixo horizontal ou vertical) em função do tipo da instalação, altura e vazão;
- d) diâmetro das tubulações de sucção e de recalque;

- e) dimensões dos aparelhos de manobra (registros, válvulas de pé e de retenção), medidores de vazão e válvulas anti-golpe;

- f) dimensões dos equipamentos de partida e controle dos motores; e

- g) características do suprimento de energia elétrica.

O anteprojeto serviria, inclusive, como elemento para concorrência para aquisição dos equipamentos e mesmo da construção do edifício da casa de bombas, com pequenas variações na dimensão do conjunto motor-bomba e equipamento de partida e controle, cujo dimensionamento físico varia de fabricante para fabricante.

#### 5.1.3 Características construtivas

O aspecto arquitetônico da casa de bombas pode variar ao sabor das idéias do projetista, mas, deve acompanhar as mesmas linhas das outras edificações e sem rebuscamentos desnecessários.

Deve ser projetada no sentido de assegurar:

- a) facilidade de limpeza e manutenção;
- b) facilidade de acesso a todos os equipamentos;
- c) escoamento de água de limpeza e de eventuais vazamentos; e
- d) que não fique sujeita a inundações.

Os materiais empregados na construção deverão ser de boa qualidade, com paredes em alvenaria de tijolos ou outro material, desde que resistente ao fogo e às intempéries.

Deverão ser tomadas todas as cautelas comuns à construção de qualquer edifício, tanto nas fundações quanto no erguimento das estruturas.

Deve ser assegurada ventilação permanente, bem como boa iluminação natural.

A iluminação artificial deverá ser bem distribuída, a fim de permitir o controle do funcionamento dos grupos e dos equipamentos, assim como consertos e reparos noturnos.

É recomendável aplicar-se até 2,00 m de altura, no mínimo, nas paredes, uma barra impermeável e lavável, e os pisos deverão ser, também, de material não absorvente e lavável, a fim de se poder manter o ambiente sempre limpo e com bom aspecto.

#### 5.1.4 Poços de sucção

Poderão ser de concreto ou de alvenaria de tijolos com revestimento impermeável. O piso deverá possuir declividade para permitir, quando necessário, a retirada de toda a água e de sólidos que nele se encontrem.

No caso de poços com água tratada, estes deverão ser cobertos; quando de água bruta, poderão ser a céu aberto.

#### 5.1.5 Instalações sanitárias

O edifício deverá conter, pelo menos, uma instalação sanitária, com 1 bacia, 1 lavatório e 1 chuveiro e servida por água potável. Deverá dispor, também, de uma pequena copa, onde o operador das bombas possa fazer a sua refeição. As grandes elevatórias deverão dispor de refeitório, vestiário etc.

Se o local não dispuser de rede pública para coleta de esgoto, deverá ser previsto, obedecidas as normas sanitárias, outro sistema para sua disposição.

#### 5.1.6 Escritório

Anexo à sala de máquinas um pequeno escritório, para que o operador não seja afetado pelo ruído constante das máquinas em funcionamento.

Este escritório poderá inclusive abrigar os equipamentos de partida e controle dos motores e demais aparelhos. A parede contígua à sala de bombas deverá possuir aberturas providas de vidros, para permitir ao operador a visão de todos os equipamentos lá instalados.

#### 5.1.7 Almoxarifado

O almoxarifado será constituído por um pequeno cômodo, provido de prateleiras, para guarda de ferramentas e materiais de reposição mais ou menos freqüente.

Nas grandes estações elevatórias, além do almoxarifado deve ser previsto, também, uma oficina para reparos diversos.

#### 5.1.8 Dimensionamento

Fixadas todas as características, é possível dimensionar o edifício ou os edifícios da estação elevatória, conforme o caso.

O dimensionamento da casa de bombas, no caso mais simples deve ser feito de forma a comportar todos os equipamentos e acessórios de recalque, os equipamentos de partida e controle dos motores e as dependências anexas, sem exageros, mas, também, sem restrições de áreas, no sentido de garantir uma adequada aeração do ambiente e deve ser feito para a totalidade do equipamento a ser instalado, caso haja previsão de aproveitamento ou abastecimento por etapas.

De acordo com o tipo de energia a ser fornecida pela Concessionária ou exigida pelo equipamento instalado, haverá necessidade de se construir um posto de medição em alta tensão, que poderá obedecer às variações seguintes:

- a) construção anexa ao edifício da casa de bombas;
- b) construção separada do corpo do edifício;
- c) cabina do tipo blindada, abrigada;
- e) sub-estação transformadora ao tempo ou abrigada (de acordo com o suprimento e a utilização de energia).

Na construção do edifício deverão ser previstas colunas e vigas, dimensionadas em função do peso dos equipamentos a serem instalados, para suporte do caminho de rolamento de ponte rolante, que poderá ser para comando manual ou elétrico, no sentido de facilitar a montagem inicial da elevatória e a manutenção futura.

Considerando ser a água o elemento absolutamente indispensável à vida humana e a responsabilidade que envolve o funcionamento de uma estação elevatória de água para garantir a continuidade do abastecimento, entendemos que a área em que a mesma se situa deve ser toda murada e bem iluminada para prevenir atos de vandalismo que possam interferir no funcionamento desejado.

Com base em todos esses elementos e definidos todos os equipamentos a serem instalados, e de posse do levantamento plani-altimétrico, o projeto definitivo poderá ser executado com todos os seus detalhes.

#### 5.1.9 Casos especiais

Quando a elevatória se encontra localizada em áreas próximas de centros residenciais e considerando que o abastecimento de água é feito em regime de 24 horas por dia, é necessário que se adote medidas especiais para reduzir o ruído ao mínimo permitido, para não perturbar o sossego público. Essas medidas poderão ser:

- a) revestimento das paredes com material absorvente de ruído;
- b) construção de paredes, portas e janelas duplas;
- c) se as medidas anteriores não atingirem a isolação desejada, até o forro deverá ser revestido de material anti-acústico; e
- d) utilização de motores de baixa rotação.

Como os materiais que absorvem o som também são isolantes térmicos, o ambiente tornar-se-á excessivamente quente, sendo necessário que se instalem sistemas de ventilação forçada para uma renovação média de 8 mudanças completas por hora.

Essa renovação poderá ser feita por insuflamentos, exaustão ou ambas.

Sempre é conveniente proceder-se a um balanço dos custos para se adotar a solução mais econômica.

Os motores de baixa rotação são de custo mais elevado e de maior dimensão em virtude do número de polos. Uma confrontação de custo dos motores e das medidas preconizadas nos itens a, b e c informará qual a solução mais econômica.

#### 5.1.10 Proteção contra incêndio

Encontrando-se na estação elevatória equipamentos elétricos os mais diversos, apesar de toda a proteção prevista, não é impossível a ocorrência de incêndio.

Deve, por isto, a estação, dispor de equipamento adequado obedecendo o disposto na Portaria n.º 81, de 6 de abril de 1954, do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, que recomenda para o tipo da instalação o emprego de extintores manuais e sobre rodas dos tipos "Tetracloreto de carbono" ou "dióxido de carbono" ou "Pó químico seco", em quantidades e localização fixadas na mesma Portaria.

### 5.2 PROJETO

#### 5.2.1 Generalidades

No abastecimento de água, a Estação Elevatória ou estação de recalque é uma unidade que compreende o conjunto de edifícios, máquinas e equipamentos e demais aparelhos necessários à elevação de água bruta ou tratada, com a pressão exigida e em quantidade adequada para satisfazer a demanda do abastecimento.

Constitui, por isso mesmo, dentro da área servida, o centro de todo o sistema abastecedor, sobrevivendo à sua paralisação, a de todo o abastecimento.

Os equipamentos e aparelhos essenciais a uma estação elevatória são:

- a) motores elétricos, a vapor ou de combustão interna;
- b) bombas, nos vários modelos e tipos;
- c) válvulas e aparelhos auxiliares;

d) tubulações de sucção e recalque, poço de sucção ou canal de alimentação.

### 5.2.2 Condições básicas

Para se poder definir o projeto de uma estação elevatória, desde a parte civil até os detalhes das instalações hidráulicas, elétricas e mecânicas, é necessário que antecipadamente sejam fixados os elementos que irão constituir as suas diretrizes.

De uma maneira geral, o projeto básico da parte hidráulica poderá ter fixado a localização e a função da elevatória a ser projetada, do qual serão aproveitados os seguintes elementos:

- a) recalque de água bruta ou "in natura" de:
  - poços;
  - cursos de água; ou
  - bacia de acumulação.
- b) recalque de água tratada, de:
  - estação de tratamento;
  - reservatório intermediário (fig. 1);
  - reservatório de distribuição; ou
  - trecho de adutora (figs. 2 e 3).
- c) localização — que deverá oferecer as seguintes condições, sem as quais o projeto básico poderá ser modificado:
  - dimensões do terreno;
  - acesso; e
  - disponibilidade de energia para funcionamento da estação.

Definidas as condições acima poder-se-á partir para o projeto da estação.

### 5.2.3 Projeto

#### 5.2.3.1 Edificação

Muito embora não haja uma relação constante entre a potência instalada dos grupos motor-bomba e a área da estação, o seu dimensionamento somente pode ser feito após a escolha das bombas, isto é, a fixação da sua capacidade e do tipo a ser empregado.

A edificação compor-se-á de sala de máquinas, onde estarão montados os grupos elevatórios, os aparelhos de manobra, as tubulações de sucção e recalque; os equipamentos de comando e proteção dos motores poderão ficar na sala de máquinas, entretanto, parece-nos mais conveniente que o comando das operações seja feito em sala anexa à de máquinas; deverá dispor, ainda, de um pequeno almoxarifado, copa e um conjunto sanitário dispendo de bacia, lavatório e chuveiro.

Fácil é verificar que as obras civis deverão ser adaptadas às condições das instalações e não estas àquelas.

#### 5.2.3.2 Instalação de bombas

As bombas devem ser instaladas segundo os padrões de fabricação e de acordo com as condições exigidas pelo projeto. Os sistemas de instalação são:

##### 5.2.3.2.1 Bombas de eixo horizontal

São utilizadas para pequenas, médias e grandes vazões, ficando a critério do projetista a escolha do tipo que mais se adapte às condições da instalação.

As bombas de eixo horizontal podem ser de:

a) entrada axial e descarga tangencial utilizadas em pequenas instalações, para pequenas vazões; a descarga tangencial permite bastante flexibilidade no plano normal ao eixo da bomba; e

b) entrada e descarga laterais, utilizadas em médias e grandes vazões. A entrada e saída são laterais e horizontais, podendo a entrada ser também inferior (fig. 3).

A carcaça bipartida horizontalmente permite a inspeção interna sem desmontagem da bomba, evitando a necessidade de novo acoplamento e novo alinhamento, sendo, por isso, recomendável a sua escolha.

#### 5.2.3.2.2 Bombas de eixo vertical

São utilizadas, também, para pequenas, médias e grandes vazões e podem ser:

a) não submersas — localizadas em poço seco e utilizadas quando não se pode dispor de área suficiente para outro tipo de bomba; o motor é acoplado diretamente sobre a bomba através de luva elástica ou de eixo de transmissão; trabalham afogadas e são inspecionáveis, podendo ser construídas com a carcaça bipartida; e

b) submersas, que podem ser:

— bomba submersa — utilizada quando não se dispõe de altura de sucção; tem eixo prolongado e não são inspecionáveis, mergulhadas que são diretamente no poço de sucção; e

— motor e bomba submersos; utilizados em poços profundos, onde não é possível submergir apenas a bomba, em virtude do comprimento do eixo de transmissão que seria exigido; bomba e motor trabalham acoplados diretamente e não permitem inspeção direta.

#### 5.2.3.3 Seleção do grupo motor-bomba

Para seleção das bombas devem ser considerados os seguintes fatores:

- a) tipo da instalação e altura manométrica;
- b) natureza e temperatura média da água;
- c) vazão;
- d) variações de nível;
- e) períodos de funcionamento etc.

No que diz respeito ao motor, devem ser considerados:

- a) tipo da instalação;
- b) regime de funcionamento (tempo de funcionamento, partida etc.); e
- c) curva de potência dando cobertura à da bomba em qualquer situação de funcionamento.

Somente depois de definidos ou selecionados os grupos motor-bomba e como conseqüência os equipamentos elétricos e hidráulicos de comando, manobra e proteção, poder-se-á definir o projeto e, conseqüentemente, o seu detalhamento.

### 5.3 MONTAGEM DOS EQUIPAMENTOS

#### 5.3.1 Local

O local para montagem do grupo motor-bomba deve ser escolhido de forma a permitir uma tubulação de sucção mais curta possível, isento de poeira, livre de inundação, com iluminação e ventilação adequadas.

#### 5.3.2 Grupos motor-bomba

##### 5.3.2.1 Bases ou bloco de sustentação (Figs. 2 e 3)

Os grupos motor-bomba devem estar rigidamente presos sobre bases ou blocos de sustentação, geralmente de concreto armado com armadura na periferia, nivelados e isolados da estrutura do prédio. Quando as condições do terreno não forem ideais, poderão ser cravadas estacas para sustentação do bloco. Na concretagem dos blocos deve-se prever:

- furos para fixação posterior dos parafusos chumbadores, do tipo rabo de andorinha;
- fixação no ato da concretagem dos parafusos encaimada por um tubo de ferro galvanizado de pelo menos 2";
- nivelar a parte superior do bloco à régua.

### 5.3.2.2 Assentamento do conjunto

#### 5.3.2.2.1 Nivelamento

No assentamento dos grupos devem ser observadas as seguintes providências:

— coloca-se a base do grupo motor-bomba sobre o bloco de concreto já fundido sobre calços de aproximadamente 5 x 5 cm, com espaçamento de 25 a 30 cm; ladeando os parafusos de fixação deixa-se uma folga de 5 cm;

— depois de assim disposta, nivela-se a base do conjunto através de calços, referindo-se o nivelamento ao eixo da bomba e as bocas de sucção e recalque.

#### 5.3.2.2.2 Alinhamento

Mesmo levando em conta que o grupo motor-bomba seja alinhado na fábrica sobre a base e que o acoplamento é feito através de junta elástica, convém, depois do seu assentamento, proceder-se à verificação do alinhamento, pois, pode ter ocorrido desalinhamento durante o transporte ou no assentamento em virtude de deformações na base do conjunto.

A verificação é feita para:

a) o desalinhamento entre os eixos da bomba e do motor, por meio de régua de aço verifica-se o alinhamento horizontal e vertical das duas meias luvas, corrigindo-se por meio de calços o desalinhamento vertical e deslocando-se a bomba ou o motor o desalinhamento horizontal (fig. 12);

b) o desalinhamento angular — por meio de calibrador de folgas introduzindo entre as duas meias luvas, corrigindo-se por meio de calços e por deslocamento do motor ou da bomba, até que a folga existente em qualquer ponto entre as duas meias luvas garanta o paralelismo das faces (fig. 13).

Concluídas as verificações, procede-se ao aperto das porcas de fixação das bases. O aperto excessivo pode provocar a deformação da base.

Depois de procedido o aperto das porcas, verifica-se novamente o alinhamento; estando em condições, procede-se o

enchimento de vão entre base e bloco com argamassa mista de cimento e areia.

Depois de 2 ou 3 dias podem ser apertadas definitivamente as porcas dos parafusos de fixação, verificando-se a seguir se não ocorreu desalinhamento. Caso tenha ocorrido, faz-se a sua correção.

Para as bombas de eixo vertical, o procedimento é o mesmo, apenas deve ser verificada a verticalidade dos eixos, ao invés de horizontabilidade.

### 5.3.3 Equipamento de partida (Fig. 4)

#### 5.3.3.1 Localização

Podem ser localizados dentro da casa de bombas ou no escritório que passaria a constituir uma sala de comando.

#### 5.3.3.2 Assentamento

O assentamento dos painéis é feito sobre uma base de concreto, simples, saliente do piso, em altura correspondente a um rodapé (5 ou 7 cm), vazada nos pontos correspondentes à entrada e saída dos cabos de alimentação e distribuição.

### 5.3.4 Transformador

#### 5.3.4.1 Localização

Pode ser localizado ao tempo ou abrigado e, neste caso, em construção anexa ou separada do corpo do edifício. Tanto num caso como noutro, é conveniente que esteja isolado por um gradeado metálico ou alambrado.

#### 5.3.4.2 Assentamento

Deve ser colocado sobre uma base de concreto com uma caixa para drenagem do óleo de respingos ou vazamentos, vazada também nos pontos correspondentes à passagem dos cabos, se estes forem assentados em canaletas.

### 5.3.5 Disjuntor

#### 5.3.5.1 Localização

O disjuntor geral deve ser localizado no posto de medição, em câmara separada dos equipamentos de medição, cujo acesso só é permitido a funcionários da concessionária do fornecimento de energia. Quando se tratar de posto de construção ou alvenaria, o cubículo deve ser fechado até 1,50 m por uma grade com tela metálica removível, dando passagem para o exterior ao eixo de manobra onde é acoplado o volante.

#### 5.3.5.2 Assentamento

Pode ser assentado sobre uma base de concreto ou outro tipo de suporte de forma a ficar rigidamente preso.

Em qualquer dos casos, tratando-se de disjuntor que trabalha em banho de óleo, convém ser prevista, na parte inferior, drenagem para respingos ou vazamentos de óleo.

#### 5.3.6 Equipamentos diversos

Além dos equipamentos acima, desde o poste da concessionária, se encontram ainda:

a) mufla externa, colocada na cruzeta do poste, para ligação no caso de entrada subterrânea, que se torna obrigatória no caso de posto de medição do tipo blindado;

b) isoladores de disco de 15 cm, no caso de entrada aérea, para fixação dos condutos à parede externa da edificação do posto, na seguinte proporção, por face:

- até 3,8 KV — 1 isolador;
- de 3,8 a 13,2 KV — 2 isoladores; e
- para 23 KV — 3 isoladores.

Devem ser dispostos de forma a que os condutores fiquem, no mínimo, a 5,00 m do solo e a 2,00 de qualquer divisa.

c) isoladores de passagem ou buchas de passagem para travessia da parede;

d) mufla interna, no caso de entrada subterrânea;

e) pára-raios da classe distribuição, tipo válvula, com nível de isolamento adequado ao do equipamento a ser protegido, unipolar, isto é, um para cada fase e exigível apenas para tensão de 13,2 Kv ou superior, em entrada subterrânea. Deve ser instalado logo após a mufla e com ligação independente à terra;

f) equipamento de medição (transformadores de corrente e de potencial e medidora de potência ativa e reativa) de propriedade da concessionária; os primeiros instalados em estrutura apropriada no interior do cubículo de medição e os demais na caixa de medidores com visor para o lado externo do cubículo;

g) chave de faca de ação simultânea, sobre as três fases e instalada do lado do cubículo do disjuntor. Essa chave não dispõe de fusível e se destina a liberar o disjuntor sob tensão, mas sem carga.

A partir do disjuntor a continuidade do circuito de alimentação poderá ser aérea ou subterrânea.

No caso de subterrânea poderá ser em canaleta ou eletroduto de ferro galvanizado ou outro material, passando pelo transformador, pelo equipamento de partida e comando, até atingir os bornes ou terminais dos motores.

### 5.3.7 Cabos

#### 5.3.7.1 Especificações

Os cabos devem ser especificados para a classe de tensão do fornecimento e da sua utilização.

Os cabos para entrada aérea podem ser de cobre nu ou com revestimento de capa plástica, singelos.

Para entrada subterrânea são utilizados cabos tipos R ou RF, trifásicos, sendo aceitos também os cabos de capa plástica, de isolamento adequada e, por razões da concessionária, com a capa externa em cor preta. O cabo deve ser protegido, por eletroduto, fixado ao poste, a partir de cerca de 3,00 m do piso,

até a mufla interna. Na parte subterrânea exterior à edificação, somente para os cabos do tipo RF é dispensável o eletroduto.

### 5.3.7.2 Dimensionamento

O cabo de entrada deve ser dimensionado para a carga máxima prevista na instalação, e em qualquer caso, a seção mínima dos condutores deverá ser a de n.º 4 AWG até 3,8 KV e n.º 6 AWG acima dessa tensão.

Para alimentação dos motores, os cabos ou condutores singelos deverão ser dimensionados com uma folga de pelo menos 25% do valor da corrente nominal do motor a plena carga.

Se os motores previstos devem funcionar em alta tensão, os cabos dimensionados poderão ser do tipo THVA ou SINTENAX ou outros de isolamento adequada; se em baixa tensão, poderão ser do tipo THV ou SINTENAX ou outros, com a classe de isolamento adequada.

### 5.3.8 Serviços auxiliares

Os serviços auxiliares são todos aqueles exigíveis na elevatória e acessórios do bombeamento.

Da menor ou maior importância da elevatória, referindo-se à sua capacidade de recalque, esses serviços podem ser assim enumerados:

- a) iluminação (interna e externa);
- b) bomba de esgotamento;
- c) motorização de registros;
- d) motorização de ponte rolante; e
- e) oficina.

Para esses serviços é conveniente a montagem, junto ao posto de medição, blindado ou não, ou noutro local, de um transformador exclusivo para essa finalidade e que é ligado entre a chave seccionadora e o disjuntor através uma chave

automática, com fusível calibrado. Essa ligação é assim feita, no sentido de se evitar a falta de energia para aqueles serviços no caso de abertura ou queda do disjuntor.

Em estações de grande importância pode-se manter um gerador para esses serviços em caso de falta de energia e até mesmo gerador de capacidade adequada para bombeamento parcial, quando há possibilidade de falhas freqüentes ou prolongadas no fornecimento de energia.

## 5.4 DISPOSITIVOS DE PARTIDA

### 5.4.1 Generalidades

Os dispositivos de partida são elementos introduzidos entre a rede elétrica e o motor permitindo energizá-lo para funcionamento e vice-versa.

Esses dispositivos de partida são exigidos pelas empresas concessionárias de fornecimento de energia elétrica, em tensão secundária, a partir de 5 CV, como é o caso da Light, que fixa a corrente de partida em 225% da corrente nominal a plena carga.

Essa exigência é decorrência dos efeitos danosos que a corrente de partida, geralmente da ordem de 5 vezes a corrente nominal, provoca no sistema de distribuição.

Nos sistemas de fornecimento em tensão primária a exigência também é feita, porque a corrente de partida afetando a rede primária, o seu efeito será transmitido à rede de distribuição secundária, provocando quedas de tensão prejudiciais.

Para reduzir-se a corrente de partida dos motores, dever-se-á aplicar estator durante a partida, uma tensão reduzida, o que poderá ser obtido por meio de:

- a) resistências ou reatâncias em série com o estator;
- b) chave estrela triângulo; ou
- c) compensador de partida.

## 5.4.2 Métodos de partida

### 5.4.2.1 Reostato em série com o estator

Este método consiste em ligar em série com o estator um reostato de capacidade adequada para produzir durante a partida uma queda de tensão, reduzindo a tensão aplicada ao motor.

Reduzindo-se a resistência do reostato, à proporção que o motor vai ganhando aceleração, a tensão aplicada vai sendo aumentada, atingindo o seu valor nominal quando todas as resistências do reostato tiverem sido retiradas do circuito.

### 5.4.2.2 Chave estrela triângulo

Quando se dispõe de motor que tenha as ligações das bobinas do estator em triângulo e estrela, pode ser utilizada a chave estrela-triângulo com dispositivo de partida.

A utilização consiste em:

— ligar-se a tensão da rede ( $V$ ) na ligação em estrela das bobinas do estator, o que corresponde a aplicar-se em cada bobina a tensão  $V/\sqrt{3}$ ; como as características de reatância da bobina são as mesmas, a corrente da linha será igual a da fase, isto é,  $V/\sqrt{3}/2$ ;

— quando se passa a ligação para as bobinas ligadas em triângulo a corrente da linha é igual à corrente de fase multiplicada por  $\sqrt{3}$ , isto é,  $\sqrt{3} V/2$ .

Isto significa que na ligação estrela a corrente de partida é  $1/3$  do valor que seria exigido na ligação triângulo. Sendo o conjugado função quadrada da tensão aplicada fica reduzido de  $1/3$  o seu valor nominal:

$$c = K \left( \frac{V}{\sqrt{3}} \right)^2 = K \frac{V^2}{3} \text{ na ligação triângulo.}$$

Deve-se verificar se o conjugado de partida do motor, nessas condições, é suficiente para acelerar o conjunto. No caso de bombas centrífugas o conjugado resistente é baixo e, além disso, os grupos geralmente partem com registro fechado,

isto é, sem carga, e a chave estrela triângulo pode ser utilizada.

A ligação poderia ser feita através de uma chave de reversão, mas, na prática essa manobra é efetuada através de chaves magnéticas que executam a passagem da ligação estrela para triângulo automaticamente.

### 5.4.2.3 Chaves compensadoras de partida

Pode ser utilizada para qualquer tipo de motor de indução. O dispositivo consiste em alimentar o motor, na partida através de um autotransformador trifásico (triângulo, aberto), com derivações que permitem reduzir a tensão na porcentagem desejada (50 — 65 e 80%).

A operação é feita automaticamente através de uma série de contadores, que no intervalo do tempo recomendado pelo fabricante são acionados por meio de relés temporizadores, na seguinte seqüência (vide fig. 4-a):

— o contator tripolar A, ao ser acionado o botão de partida, energiza o transformador;

— ao mesmo tempo o contator B fecha o centro das bobinas do autotransformador, formando a estrela e alimentando o motor M com a tensão reduzida de acordo com a derivação D a que estiver conectado no autotransformador; e

— finalmente, após o tempo para o qual estiver regulado o relé de tempo, os contadores A e B são curto-circuitados e fechado o contator C, passando o motor a funcionar com a tensão plena da rede.

Como se verificou anteriormente, o conjugado de partida com chave estrela triângulo é de 0,33 do valor do conjugado nominal, enquanto que com as chaves compensadoras, os percentuais do conjugado de partida são de 0,25 — 0,40 e 0,64 do conjugado nominal, conforme a derivação utilizada.

Todavia, é sempre necessário verificar-se se o conjugado de partida do motor proporcionado pelo dispositivo é suficiente para vencer o conjugado resistente da bomba, até atingir a sua velocidade nominal.

Inegavelmente, o ideal seria sempre partir o motor a plena tensão, entretanto, mesmo dessa forma, o elevado valor da corrente de partida, provocaria uma redução na tensão aplicada nos terminais do motor e, por conseguinte, reduziria o conjugado de partida.

A exigência das concessionárias no sentido de reduzir a corrente de partida a termos razoáveis deve ser obedecida, porque, em alta ou baixa tensão, a partida sempre afetará o sistema de distribuição.

#### 5.4.3 Métodos de partida para motores síncronos

Os motores síncronos não têm conjugado de partida e a sua aceleração é feita por qualquer meio até à velocidade próxima da síncrona, isto é, até que a velocidade imprimida ao rotor esteja próxima da velocidade do campo girante e permita que essa velocidade se torne síncrona, com a do campo mantendo-se em rotação, desde que não ultrapasse o torque de "pull-out" ou de arranque.

Dentre os vários processos de partida dos motores síncronos, podem ser citados os seguintes:

- partida por motor externo, auxiliar;
- partida usando-se a excitatriz como motor; e
- partida como motor assíncrono.

Esses métodos consistem em:

##### a) Partida com motor auxiliar

É o processo que se utiliza um motor de indução trifásico, com o mesmo número de polos do motor síncrono e com rotor de baixa resistência.

A partida é dada com tensão aplicada no indutor e com o induzido desligado da rede, isto é, funcionando como alternador, até atingir velocidade próxima do sincronismo, quando então, executadas as operações para entrada do alternador com a rede, desliga-se o motor de indução e o motor (alternador) passa a funcionar como motor síncrono.

##### b) Partida por meio de excitatriz

É um método bastante usual, pois, a excitatriz é um gerador de corrente contínua, montado diretamente no eixo do rotor da máquina.

O gerador pode ser alimentado por qualquer outra fonte de corrente contínua, funcionando como motor, e dessa forma acelerar o motor síncrono até à velocidade de sincronismo, quando então é conectado à rede.

##### c) Partida como motor assíncrono

O motor é ligado à rede com tensão reduzida por meio de um auto-transformador, para que a corrente no estator se mantenha dentro do valor nominal. Esta corrente produz um campo gigante no induzido, que vai cortar as barras da gaiola do enrolamento amortecedor, induzindo corrente nestas e produzindo, então, um conjugado, como se fosse um motor de indução.

Quando se liga o estator à rede e até a ligação da corrente de excitação dos polos, o enrolamento destes é mantido em curto-circuito, a fim de que não seja induzida nesse enrolamento uma tensão elevada que poderia danificar o isolamento do rotor.

Com a tensão reduzida aplicada, o conjugado é baixo, entretanto, no caso específico de estações elevatórias, em que os grupos partem mantendo-se fechados os registros de descargas, o conjugado de partida é necessário tão-somente para vencer o atrito e a inércia das peças móveis. Quando o motor atinge a velocidade de sincronismo é que os registros são abertos, mas aquela velocidade se mantém, salvo pequenas oscilações momentâneas.

#### 5.4.4 Dispositivos de proteção

##### 5.4.4.1 Generalidades

Os dispositivos de proteção, como o nome indica, são aqueles que permitem o funcionamento adequado do motor em todos os seus estágios.

Considerando o custo dos motores elétricos, devem sempre merecer uma proteção adequada. Essa proteção, de uma maneira geral, é feita no sentido de prevenir: quedas ou elevações de tensão excessivas nos terminais dos motores; o aquecimento excessivo no estator ou no rotor; curto-circuito no estator; falta de fase etc.

Os dispositivos de proteção são, de uma maneira geral, constituídos por:

- a) fusíveis; e
- b) chaves magnéticas.

#### 5.4.4.2 Fusíveis

Tal como o nome indica, se destinam a interromper a passagem de corrente pela fusão do elemento de que é constituído. Trata-se de elemento condutor, de composição especial, dimensionado para fundir quando perocorrido por determinada corrente em intervalo de tempo também determinado.

Essa corrente necessária para produzir a temperatura de fusão é a chamada corrente nominal do fusível, abaixo da qual, desde que o dimensionamento seja correto, não deve o elemento fundir.

Por outro lado, deve possuir uma capacidade disruptiva capaz de interromper um valor máximo de corrente, ou corrente de curto-circuito que podem atingir a ordem de quilo-ampères (KA).

É, pois, essa, a proteção oferecida pelos fusíveis, desligando a linha de alimentação quando a corrente ultrapassar o limite da sua corrente nominal dentro do intervalo de tempo considerado ou sobrevenha um curto-circuito que eleve a corrente a limites inadmissíveis na linha ou no equipamento alimentado.

A corrente nominal deve ser fixada em função da corrente de partida do motor, a fim de que em funcionamento normal, ligeiras sobrecargas, provocando sobrecorrentes no motor, não provoquem a sua fusão e, por consequência, a interrupção desnecessária da linha de alimentação.

#### 5.4.4.3 Chaves magnéticas

Deriva a sua denominação do fato de operar sob a ação de efeitos magnéticos. É constituída de uma série de contatos móveis e fixos, ligados mecanicamente a um núcleo de ferro que se encontra no interior de uma bobina.

Transitando uma determinada corrente pela bobina, produz um campo magnético, no seu interior, que desloca o núcleo de ferro e este, no seu deslocamento, arrasta os contatos móveis que vão se unir aos fixos.

Retirando-se a corrente da bobina, desaparece o campo e o núcleo de ferro volta à sua posição de repouso.

A corrente utilizada na bobina é de pequena intensidade, independentemente da intensidade da corrente que será ligada ou interrompida pela chave.

O comando da chave pode ser, por essa razão, local ou à distância, através da botoeira liga-desliga, que é constituída por 2 botões de comando; o botão de ligar é conservado na posição de repouso quando aberto, e o de desligar na posição de fechado quando em repouso.

O circuito da fig. 5 corresponde ao esquema de uma chave magnética que pode ser assim analisado quanto à sua forma de operar.

O comando da chave é feito pelos botões liga-desliga, pelos contatos móveis  $A_1$  e  $A_2$ , pela bobina B e o núcleo N, da seguinte forma:

a) comprime-se o botão de ligar que curto-circuitam os pontos  $C_1$  e  $C_2$ , permitindo a passagem de corrente no sentido  $E1 - C1 - C2 - D1 - D2 - B - E2$ ;

b) circulando a corrente e nesse circuito ela passará pela bobina B e o núcleo N se deslocará no sentido da flecha, arrastando os contatos móveis  $R1 - U1 - S1 - V1 - T1 - W1$  e  $A1 - A2$ , fechando-os sobre os contatos fixos correspondentes;

c) a corrente  $i$ , geradora do campo magnético na bobina B, desde que se fecharam os contatos correspondentes a  $A1 - A2$  e que o botão de ligar voltou à sua posição de repouso, continuará circulando no sentido  $E1 - A1 - A2 - D1 - D2 -$

B — E2, mantendo o núcleo N na posição de chave ligada, enquanto perdurar o campo;

d) o desligamento ocorre quando se comprime o botão de desligar, que interrompe a passagem da corrente  $i$ ; desaparecida a corrente na bobina, desaparece o campo e o núcleo cai, levando os contatos móveis à sua posição inicial de chave desligada.

Nos termos em que foi posta acima, a chave magnética constitui tão-somente um elemento de ligação de carga à linha, uma simples chave de ação simultânea sobre as três fases da linha de alimentação.

Para operar como proteção devem ser adicionados elementos térmicos, montados de forma adequada.

São usadas lâminas bimetálicas, acopladas mecanicamente a interruptor ligado em série com a bobina, enquanto por elas circula a corrente da linha, ou uma corrente diferencial por meio de transformador de corrente.

Se a corrente da linha ou diferencial ultrapassar os limites para os quais o bimetal foi dimensionado, a lâmina se deforma e aciona o interruptor como se fora um gatilho, interrompendo o circuito da bobina e desarmando a chave.

Para ser novamente ligada a chave, é necessário restabelecer a continuidade do circuito da bobina, o que é feito através de um outro botão, denominado RESET, que rearma o interruptor.

A chave magnética deve ser especificada de forma a que sua corrente nominal seja adequada à corrente nominal do motor, bem como o intervalo de ajustagem do elemento térmico em função da corrente.

#### 5.4.4.4 Disjuntores

Os disjuntores são chaves de proteção e abrem o circuito de alimentação com a corrente de carga ou de curto circuito e operam normalmente em banho de óleo (chaves a óleo) ou a seco (chaves magnéticas).

Os disjuntores podem ser de ação direta ou indireta.

#### a) Disjuntores de ação direta

Os disjuntores de ação direta operam da seguinte forma (fig. 6):

Dois relés R, calibrados, são percorridos pela corrente da linha ou alimentados através de transformadores de corrente, o que é mais usual, de forma a que qualquer sobrecarga levanta a alavanca P e solta o braço do interruptor I, que se abre por ação da mola M. Geralmente trabalha conjugada com relé de mínima tensão ou de tensão "O", T, que mantém o núcleo N atraído enquanto há tensão nos seus bornes. Se a tensão cai a zero, em caso de curto-circuito ou por falta de fase, cai o braço A, soltando igualmente o braço interruptor I.

Os disjuntores de ação direta são mais usados para potências pequenas e médias.

#### b) Disjuntores de ação indireta (fig. 7)

O princípio de operação é o mesmo, apenas os relés de linha se encarregam de abrir ou fechar o circuito auxiliar, normalmente de baixa tensão.

A armadura dos relés, qualquer que seja a fase em que se produza a sobrecarga, fecham os contatos do circuito auxiliar (fig. 6).

Poder-se-á, ainda, ajuntar outros relés (falta de fase, infratensão etc.), dependendo naturalmente da proteção desejada e que atuarão sempre no circuito da bobina, interrompendo a corrente geradora do campo e desligando o equipamento protegido, pela interrupção do circuito de alimentação na chave magnética.

### 5.5 QUADRO ELÉTRICO

Pode ser assim chamado o quadro onde se instalam os equipamentos de partida, proteção e controle dos motores (fig. 4).

Além desses equipamentos são montados no quadro elétrico ou de comando aparelhos de medição que variam de acordo com a importância da estação elevatória.

Em estações menores esses aparelhos se resumem ou podem se resumir em voltímetros, amperímetros e contador de horas.

#### a) Voltímetro

O voltímetro é ligado diretamente ao barramento do quadro, através de uma chave de transferência de 4 posições, 3 de fase a fase da linha e uma posição de repouso, isto é, de chave desligada, que permite a leitura da tensão entre as 3 fases da linha.

Quando o barramento é de alta tensão, é conveniente que a ligação do voltímetro seja feita através de transformadores de potencial, sendo feita nesse caso medição diferencial, indicando a escala do voltímetro, a tensão entre fases da linha.

#### b) Amperímetro

O amperímetro convém sempre ser ligado através de transformadores de corrente. Pode a ligação ser feita através de chave de transferência, como no caso do voltímetro, ou colocar-se 3 amperímetros, um para cada fase, qualquer que seja a tensão do barramento.

Se são operados diversos grupos, simultaneamente, para cada grupo deverá haver um amperímetro com chave comutadora ou 3 amperímetros, a fim de que o operador da estação possa, a qualquer momento, verificar o equilíbrio de fases ou anormalidades no funcionamento de cada motor, como eventual sobrecarga ou desequilíbrio de fase.

#### c) Contador de horas

É de toda conveniência instalar-se um contador de horas de funcionamento para cada grupo motor-bomba, o que permite que se faça manutenção de acordo com as indicações dos fabricantes tanto da bomba quanto do motor.

Em estações maiores outros aparelhos podem ser montados no quadro, tais como medidores de frequência para motores síncronos; de  $\cos \varphi$ , para motores de indução.

O quadro elétrico, de uma forma geral, é constituído por diversos compartimentos ou cubículos onde se alojam os dispositivos de partida, de proteção, aparelhos de medição e dispositivos auxiliares.

O 1.º cubículo é constituído pela entrada da alimentação e por isso chamado de cubículo de entrada onde se alojam os seguintes elementos, tomando como exemplo um quadro de comando para 2 motores de 125 HP — 400 V 60 Hz e que obedece ao esquema unifilar da fig. 4-a.

1 disjuntor tripolar, automático a seco, de 200 A — 600 V, com comando frontal para alavanca, como se observa na figura 4-a.

Capacidade de ruptura de 20 a 24 KA.

Proteção: 3 relés indiretos termo-magnéticos, reguláveis entre 150-175 e 200 A, de ação instantânea e 1 bobina de mínima tensão de 440 V — 60 Hz.

1 voltímetro com escala de 0-500 V.

1 comutador voltimétrico.

3 bases completas de fusíveis de 4 A para proteção dos circuitos voltimétricos.

2 transformadores de corrente relação 150/5 A para alimentação do amperímetro.

2 bases completas de fusíveis de 4 A para o circuito do amperímetro.

1 amperímetro com escala dupla 0 — 150 — 300/5 A.

1 comutador amperimétrico.

1 transformador de 750 VA — 440/110 V, para os circuitos magnéticos dos contadores e lâmpadas de sinalização.

1 relé trifásico de falta de fase com atuação sobre o disjuntor, ligado a 2 transformadores de corrente de relação 150/5 A.

Os cubículos de comando dos motores contêm, de acordo com o diagrama (fig. 4-a), o seguinte, cada um:

1 seccionador a plena carga, ultra-rápido, para 200 A;

1 contador de horas, alimentado por corrente alternada 110 V — 60 Hz;

1 compensador automático, a seco, de acordo com as características do motor, composto de:

1 contator magnético, a seco tripolar, para 320 A, com circuito magnético alimentado com corrente alternada de 110 V, para comando da linha de alimentação;

1 contator idêntico ao acima, para inserção do motor a plena tensão, para 220 A;

1 contator bipolar, de 220 A, para fechar o centro estrela do auto-transformador;

1 bloqueio elétrico e mecânico entre os dois contadores;

1 relé temporizador com regulação de 0 a 60";

1 relé termo-magnético regulável entre 100 e 180 A;

1 auto-transformador trifásico, a seco, com 3 enrolamentos e 3 derivações (50 — 65 — 80% da tensão da linha), dimensionado para suportar 3 arranques consecutivos e corrente de até 900 A;

2 botões de comando: liga-desliga; e

2 lâmpadas de sinalização (verde-vermelha).

## 5.6 TUBULAÇÕES DE SUCÇÃO E RECALQUE E ÓRGÃOS DE PROTEÇÃO E MANOBRA

### 5.6.1 Generalidades

Nas estações de recalque se encontram normalmente as tubulações de sucção e a parte inicial da tubulação de recalque com os dispositivos de manobra (registros ou válvulas de gaveta, válvulas de retenção e dentro ou fora do edifício válvulas anti-golpe).

As figuras 1, 2 e 3 mostram diversas instalações de recalque com os dispositivos de manobra e as tubulações de sucção e recalque.

Dentro das elevatórias as tubulações utilizadas são geralmente de aço em virtude da série de conexões exigidas e também pela flexibilidade permitida pelo aço, pois, a padronização das peças de ferro fundido, não permite que se atenda a todas as exigências do projeto.

As peças e os tubos utilizados nessas montagens são providos de flanges, com furação padrão ou "standard", com rebaixo e estrias nas faces de contato para maior aderência às guarnições de vedação (borracha com alma de lona ou papelão grafitado).

A espessura da chapa é função da pressão a que estará sujeita a tubulação e do seu diâmetro.

Essa espessura normalmente se encontra em tabelas, tornando desnecessário o seu cálculo.

A espessura das flanges pode ser fixada, de maneira prática, em pelo menos 3 vezes a espessura do tubo.

A disposição das peças e tubos que irão constituir o colar de manobras do recalque deve ser feita de forma a apresentar o mínimo possível de perda de carga.

Devem ser evitados diâmetros abaixo do razoável e peças com perdas localizadas elevadas; as curvas e derivações, tanto quanto possível, devem ser em ângulos tais que permitam movimentação suave da água.

Na tubulação de sucção, o diâmetro de tubo deve ser sempre superior ao diâmetro da boca de sucção da bomba, a fim de que as perdas de carga não sejam elevadas, ou no caso de bombas não afogadas, essas perdas, somadas à altura geométrica, sejam superiores à capacidade de sucção da bomba.

### 5.6.2 Tratamento das superfícies

Os tubos e peças de aço utilizados na estação de recalque devem sofrer um tratamento adequado às condições de trabalho que irão suportar e para proteção do material.

Para tubulação exposta, o tratamento e proteção compreendem:

#### a) Jateamento

Aplicação de jato de areia fina, seca e isenta de impurezas, de acordo com as normas da "Steel Structures Painting Council" para remoção de escamas de laminação e completa limpeza do tubo, tanto interna como externamente. Esse jateamento é feito por meio de compressor, utilizando um depósito de areia que é carregada para o bico jateador, por processo de ejeção. O sistema ejetor é regulado para a granulometria da areia e o bico, revestido internamente por material altamente resistente à abrasão.

Depois de executado o jateamento de areia, deve ser removida toda a poeira por meio de jateamento de ar, após o que poderá ser feita a pintura.

#### b) Pintura

— parte interna — aplicação de resina do tipo epoxi-Coaltar até uma espessura mínima de 12 mils (milésimos de polegadas);

— parte externa — aplicação da mesma resina na mesma espessura; e

— parte externa — após à montagem, aplicação de uma demão de retoque e acabamento.

Nas soldas de fecho executadas na obra, o retoque e acabamento deverão ser feitos interna e externamente.

Nas tubulações enterradas se aplica o jateamento e a pintura da parte interna dos tubos e peças, sendo a proteção externa executada de acordo com normas.

Essa proteção consiste nas seguintes operações após a limpeza do tubo:

— 1 demão de "primer" asfáltico a frio;

— 1 ou mais demãos de esmalte asfáltico a quente até uma espessura mínima de 3/32";

— capeamento do tubo com feltro saturado de asfalto ou lã de vidro saturada de asfalto ou, finalmente, juta alcatroada (as condições econômicas podem definir o capeamento); e

— finalmente, até uma espessura de 3/32", aplicação de esmalte asfáltico à quente.

#### 5.6.3 Órgãos de manobra e proteção

##### 5.6.3.1 Válvulas ou registros de gaveta

São os mais comumente utilizados nas estações de recalque, nos tipos chatos, ovais e redondos.

Os registros chatos se destinam normalmente à vedação sob baixa pressão e, quando utilizados em estações de recalque o são do lado da sucção.

Construídos normalmente com carcaça de ferro fundido, e as partes internas sujeitas a desgastes, haste e os anéis de vedação, em latão.

Do lado do recalque são utilizados os registros ovais, que podem suportar pressões bem mais elevadas.

São construídos, igualmente, em ferro fundido, podendo as partes internas, de desgaste, serem especificadas em latão ou aço inoxidável.

Para registro de maiores dimensões ou que devam suportar pressões mais elevadas que a permitida pela carcaça de ferro fundido, se utilizam carcaças fundidas em aço que podem trabalhar até 16 kg/m<sup>2</sup>, oferecendo melhores condições para montagem em virtude do menor peso que uma peça idêntica em ferro fundido.

Os registros com corpo redondo em ferro fundido podem trabalhar até a pressão nominal de 16 kg/m<sup>2</sup> e em aço fundido até a pressão de 25 kg/cm<sup>2</sup>.

Todos esses registros são providos de flanges com furação no padrão "standard"; a sua operação normalmente é feita por meio de acionadores manuais, podendo, no entanto, serem acionados hidráulica ou eletricamente.

O acionamento manual é feito por meio de volante diretamente acoplada à extremidade da haste, ou, lateralmente, através de engrenagens de redução, conforme a dimensão do registro.

O acionamento hidráulico ou elétrico é, geralmente, previsto para diâmetros maiores, ou, para qualquer diâmetro, se a posição do registro não pode ser suficientemente cômoda para abertura ou fechamento a cada partida ou parada da bomba.

Os acionadores são dimensionados para vencer a pressão diferencial nas faces da cunha, seu peso e o atrito.

#### 5.6.3.2 Acionamento hidráulico

O acionamento hidráulico consiste em:

a) Conjunto de pressurização. É composto de:

— reservatório de óleo, provido de filtros, visor de nível de óleo, janelas de inspeção, bocal de enchimento e válvula de drenagem;

— duas bombas de engrenagens, acionadas por motor elétrico (uma bomba de pistão, para emergência), registros de bloqueio entre os sistemas e válvulas de segurança; e

— comando manual de 4 vias, válvulas reguladoras de pressão e dois manômetros.

b) Acionador hidráulico

Consta de um cilindro, em tubos de aço sem costura, retificado e brunido, haste com cromeação dura, retentores e vedações.

O funcionamento é idêntico ao de uma bomba aspirante-premente. A movimentação é feita por pressão de óleo da bomba de engrenagem num sentido ou noutro, para abertura ou fechamento.

#### 5.6.3.3 Acionamento elétrico

O acionador elétrico consiste em um motor elétrico de capacidade adequada, acoplado através de um sistema de embreagem a uma caixa de redução de engrenagens que transmite à haste o torque necessário para o levantamento ou abaixamento da cunha.

Um dispositivo especial, limitador de curso, desliga o motor, tanto na abertura quanto no fechamento, de forma a não haver na abertura total do registro, esforço desnecessário na haste e possibilidades de encravar a cunha no fechamento.

O comando do acionador pode ser feito à distância, do próprio painel de comando geral da estação, por meio de botões (abrir, fechar, parar), podendo ser mantida qualquer abertura, isto é, abertura parcial ou total do registro, de acordo com as conveniências do recalque por meio de um demonstrador visual ou de contágiros.

#### 5.6.3.4 Válvulas de retenção

É o órgão encarregado de não permitir o fluxo da água no sentido inverso do recalque, quando da parada do bombeamento pela operação normal ou por qualquer outro fator (queda da linha ou desligamento do motor pelos dispositivos de proteção).

A paralisação súbita do recalque produz de imediato um golpe de água de retorno que iria atuar diretamente no rotor da bomba; o fechamento da válvula evita que o golpe atinja a bomba e evita também, conjugada com o registro, o descarregamento da linha através da bomba.

O seu dimensionamento nominal acompanha, normalmente, o dimensionamento do registro com o qual trabalha em série, muito embora as suas dimensões sejam amplas, para permitir a passagem livre da água e movimentação da comporta.

A sua construção deve ser bastante robusta para suportar as pressões elevadas produzidas quando se processa a parada de recalque.

Tal como os registros, são construídos, geralmente, em ferro fundido, com paredes espessas. Para pressões maiores a carcaça é fundida em aço.

Podem ser fabricadas para trabalhar em posição horizontal ou vertical, conforme seja determinado pelo projeto.

Para fechamento mais rápido o eixo da portinhola ou comporta pode ser prolongado adicionando-se externamente um braço como contrapeso.

Se necessário, tal como nos registros, pode ser provida de "by-pass", que permitirá o escorvamento de bombas pelo método de retorno.

As válvulas de retenção, de ferro ou aço fundido, são construídas e testadas para pressões mais elevadas que os registros, considerando ser ela que suporta os golpes de retorno nas paradas súbitas da elevatória.

#### 5.6.3.5 Válvula de pé

É um dispositivo que deve reter a água contida no corpo da bomba e no tubo de sucção, a fim de que o escorvamento seja mantido para a partida seguinte.

Para que essa retenção seja perfeita é necessária uma boa vedação, pois, se esta não ocorrer, provocará sérias dificuldades de operação.

O seu bom funcionamento exige que se faça periodicamente, limpeza geral e recondicionamento de peças vitais. Essas revisões dependerão da qualidade da água recalçada.

De qualquer forma, devem possuir sempre um crivo que deverá reter corpos estranhos. A fim de que a obstrução dos furos não influa na sucção, o crivo deve ter uma seção livre aproximadamente de 2,5 vezes a seção do tubo de sucção.

#### 5.6.3.6 Manômetro e vacuômetro

São aparelhos destinados a indicar a pressão de saída e a de entrada na bomba, respectivamente, e são montados, geralmente, em tomadas existentes na bomba, diretamente ou através de registros especiais.

A indicação da pressão medida pode ser feita em kg/cm<sup>2</sup> ou m.c.a., no sistema métrico ou em PSI (libras por polegadas quadradas), normas americanas e inglesas.

O manômetro indica pressão positiva que pode ser estática, caso não haja circulação de água, ou dinâmica se o recalque estiver sendo efetuado.

Esses aparelhos são, normalmente, indicadores, entretanto, em casos especiais, quando se deseja conhecer as caracterís-

ticas de funcionamento da bomba ou da estação por períodos de tempo determinados, podem ser instalados aparelhos registradores.

#### 5.6.3.7 Válvulas anti-golpes (Fig. 8)

Toda vez que se procede a uma variação no funcionamento de uma bomba, surge no movimento do fluido uma perturbação, o que fará variar suas características de movimento, dando origem a ondas de pressão e velocidade que se propagam às extremidades da linha de recalque. No caso das elevatórias essa onda atinge, em movimento oscilatório, a casa de bombas, isto é, a bomba, se estiver desprotegida ou a válvula de retenção. Esta, no entanto, pode não suportar o golpe, desde que as suas características de construção não têm a finalidade de aparar golpes excessivamente elevados.

A proteção para essa onda de choque ou golpes de ariete é feita principalmente através de câmaras de ar ou chaminés de equilíbrio, estas para pequenas alturas.

A válvula anti-golpe de ariete é constituída de um pistão diferencial, obturando, na extremidade inferior um orifício calibrado, que pode abrir-se para a atmosfera ou para uma tubulação, para descarga no reservatório.

Na parte superior acha-se montado um balão dotado de flanges e um indicador de nível.

O processo de funcionamento consiste em retirar-se rapidamente água da tubulação, aliviando, assim, a sobrepressão; para isso, a válvula de escoamento é de fechamento lento; o fechamento rápido da válvula de descarga provocaria novo golpe de ariete.

O aparelho, desde que regulado para cada caso e mantido sempre em carga, opera tanto no caso de golpes lentos, no caso de linhas extensas, como nos golpes rápidos no caso de linhas curtas, de grandes vazões e pressões.

##### 5.6.3.7.1 Funcionamento

O funcionamento pode ser assim descrito:

a) por qualquer das razões determinantes, surge uma sobrepressão na linha de recalque, que se transmite à face in-

ferior do êmbolo, obrigando-o a subir, abrindo o orifício da saída ao mesmo tempo que se processa a compressão da água da câmara intermediária;

b) a água contida na câmara intermediária, ao sofrer o processo de compressão provoca a abertura da válvula especial, dando passagem de parte da água para o balão, aumentando a pressão da câmara de ar;

c) a pressão maior no balão obriga a válvula a voltar para a posição de fechamento; e

d) com o escoamento de parte da água da tubulação (descarga da válvula), a pressão interna vai reduzindo e com isso a tendência do êmbolo de voltar à sua posição anterior; essa volta, todavia, é lenta, pois a água que passou rapidamente ao balão retorna lentamente à câmara intermediária até o equilíbrio de pressão.

#### 5.6.3.7.2 Escolha da válvula

A escolha da válvula anti-golpe de ariete pode ser feita através do gráfico (fig. 9), que é baseado nas equações de Allievi e na quantidade de água a se retirar através da válvula para se restabelecer a pressão normal na tubulação. O tipo e o número de válvulas é determinado em função da altura manométrica máxima em kg/cm<sup>2</sup> e da vazão em l/seg.

A válvula anti-golpe deve estar sempre próxima do equipamento causador do golpe, junto aos órgãos de manobra.

É instalada numa derivação curta da linha de recalque, de diâmetro não inferior ao diâmetro nominal da válvula.

#### 5.6.3.8 Montagens das tubulações e órgãos de manobra e proteção

As tubulações de manobra do recalque devem correr sempre dentro de canaletas abertas no piso da elevatória e dimensionadas de tal forma que disponha de espaço para um homem trabalhar e para movimentação das ferramentas, para colocação e retirada de parafusos dos flanges, não só por ocasião da montagem como para substituições ou reparos em que seja

necessária a retirada de peças componentes do colar de manobras. Quando possível, a canaleta pode ser recoberta com chapas corrugadas ou perfuradas de aço, removíveis, a fim de manter a continuidade do piso. Esse recobrimento pode ser feito, também, com chapas lisas de aço, revestidas com placas de borracha antiderrapante.

Para que se aproveite melhor a continuidade do piso, apenas a cabeça do registro deve ser aflorante, recobrindo-se totalmente a válvula de retenção.

Sendo as válvulas anti-golpe montadas acima da tubulação de saída do recalque, se estiverem dentro de estação deverão ficar a descoberto para visualização do indicador de nível, pois, a cada parada de bomba e após o golpe provocado, deve ser verificado o nível de água no balão e se necessário restabelecer as condições de pressão do aparelho para a operação seguinte.

A ligação da tubulação de recalque às bombas é feita através de 2 curvas ou 2 curvas e 1 redução concêntrica. No primeiro caso a curva do lado da tubulação é normal, com ou sem sapata de apoio, e a do lado da bomba, com redução. No segundo caso as duas curvas são normais, e a do lado da tubulação com ou sem sapatas de apoio.

A conexão é feita por meio de flanges com furação no padrão "standard". A curva ou redução a ser conectada com a bomba deve ser furada no local em virtude de divergência de normas, salvo os casos em que já se dispondo de bomba, pode ser fornecido à fábrica a norma ou o gabarito da furação correspondente àquela peça.

Do lado da sucção, se a bomba trabalha afogada, não haverá curvas, mas, apenas os tubos de sucção e uma redução excêntrica, com a face superior paralela ao eixo da bóia de sucção da bomba, a fim de se evitar a formação de bolsas de ar cuja entrada na bomba poderá provocar efeitos de cavitação danosos ao rotor e prejudiciais ao seu rendimento. Quando a sucção for real, isto é, quando a bomba não trabalha afogada, haverá a adição de uma curva.

Em qualquer dos casos, a tubulação de sucção terá diâmetro superior à boca de sucção da bomba para reduzir a perda de carga.

No caso de bomba afogada, que se alimenta diretamente de reservatório, poço, ou canal de alimentação, é conveniente que o tubo de sucção seja provido de uma coroa de chapa que, ao mesmo tempo que permite maior rigidez no seu assentamento, evita possíveis vazamentos; é aconselhável, também, quando o corpo do edifício é completamente autônomo, em relação à estrutura do reservatório, poço ou canal, colocar-se no lado da sucção uma junta de expansão, a fim de que não se transmita à bomba os efeitos de possível recalque diferencial entre aquelas estruturas e que podem desnivelar ou desalinhar os grupos, prejudicando o seu funcionamento normal.

As tubulações, peças e órgãos de proteção e manobra devem ser nivelados, alinhados e apoiados sobre berços de concreto, dimensionados para cada caso. Entre os flanges devem ser colocadas guarnições com alma de lona com espessura de 8 a 4 mm, utilizando-se ainda cola 3M para garantir uma boa vedação. Pode ser utilizado, também, papelão-grafitado.

Depois de concluída a montagem e feitas as verificações de todos os demais equipamentos, procede-se à verificação da estanqueidade das juntas, reapertando-se os parafusos das flanges caso se verifique qualquer vazamento, após o que a elevatória está em condições de funcionamento.

## 5.7 DISPOSITIVOS PARA ESCORVA

### 5.7.1 Generalidades

O escorvamento de uma bomba é a sua preparação para entrada em funcionamento e compreende a retirada de todo o ar contido na bomba e na tubulação de sucção para que a água ocupe totalmente esses espaços.

Nas bombas que trabalham afogadas é necessário apenas abrir-se o registro da conexão de escorva, deixando aberta até que a água corra livremente.

Se a bomba não trabalha afogada, isto é, está montada acima do nível d'água, o escorvamento pode ser garantido por meio de válvula de pé ou através de dispositivo, que retire o ar existente (escorvamento a vácuo).

### 5.7.2 Escorva por meio de válvula de pé

A válvula de pé, em princípio, deve garantir o escorvamento da bomba. Pode ocorrer, no entanto, falhas no funcionamento natural da válvula e entrada de ar que irá se acumular normalmente e em primeiro lugar no corpo da bomba. Para corrigir essas falhas utilizam-se os seguintes métodos:

#### 5.7.2.1 Copo de enchimento

Utilizado nas pequenas instalações e consiste em despejar-se água no copo que faz parte ou a ela é conectado através de registro, até encher-se o tubo de sucção e o corpo da bomba. A válvula de pé impede a saída da água para o poço e o ar é eliminado através do próprio copo ou de outra abertura que se destine a esse fim.

#### 5.7.2.2 Retorno

Desde que a linha de recalque se mantenha chela, pode-se fazer, em cada operação de partida que a água retorne através o "big-pass" do registro e da válvula de retenção, abrindo-se o registro de escorva da bomba até que a água, expelido todo o ar, comece a sair.

A escorva inicial deve ser feita pelo processo anterior, de vez que a linha de recalque se acha descarregada.

#### 5.7.2.3 Alimentação externa

Mantendo a bomba ligada, permanentemente, através do registro de escorva a uma fonte de suprimento de água, que tenha condições de manter um fornecimento contínuo, isto é, capaz de estar sempre em condições de escorvar a bomba toda vez que para isso seja solicitada. A água para esse fim deve ser da mesma qualidade da que deverá ser recalçada.

### 5.7.3 Vácuo parcial

#### 5.7.3.1 Com ejetor (Fig. 10)

Esse método consiste em fazer circular uma corrente de pressão através de um ejetor, extraindo-se dessa forma o ar

contido no corpo da bomba e no tubo de sucção; reduzindo-se a pressão interna, a água do poço sobe através do tubo de sucção e preenche todos os vazios.

Para que esse método possa funcionar é necessário conhecer-se os seguintes elementos:

- a) desnível entre o nível de água no poço e a parte superior da carcaça da bomba;
- b) a altitude do local ou a pressão atmosférica local; e
- c) diâmetro e comprimento da tubulação de sucção.

#### 5.7.3.2 Bomba de vácuo (Fig. 11)

Consiste em retirar-se do corpo da bomba e do tubo de sucção o ar aí contido por meio de uma bomba de vácuo.

O sistema completo inclui um "pulmão", conforme fig. 10, que nada mais é que um reservatório ligado pela parte inferior ao poço de sucção e pela superior à bomba de vácuo e a bomba de recalque.

O funcionamento do sistema começa com a retirada através da bomba de vácuo do ar contido no reservatório; com a redução da pressão do ar no seu interior e sob ação da pressão atmosférica, a água do poço de sucção penetra no reservatório até que atinja um nível pré-determinado, podendo ser desligada a bomba de vácuo; abre-se o registro de escorva da bomba de recalque e o ar contido no tubo de sucção e na bomba passam para o reservatório e a água sobe pelo tubo de sucção até preencher todos os vazios, ficando a bomba escorvada e em condições de funcionamento.

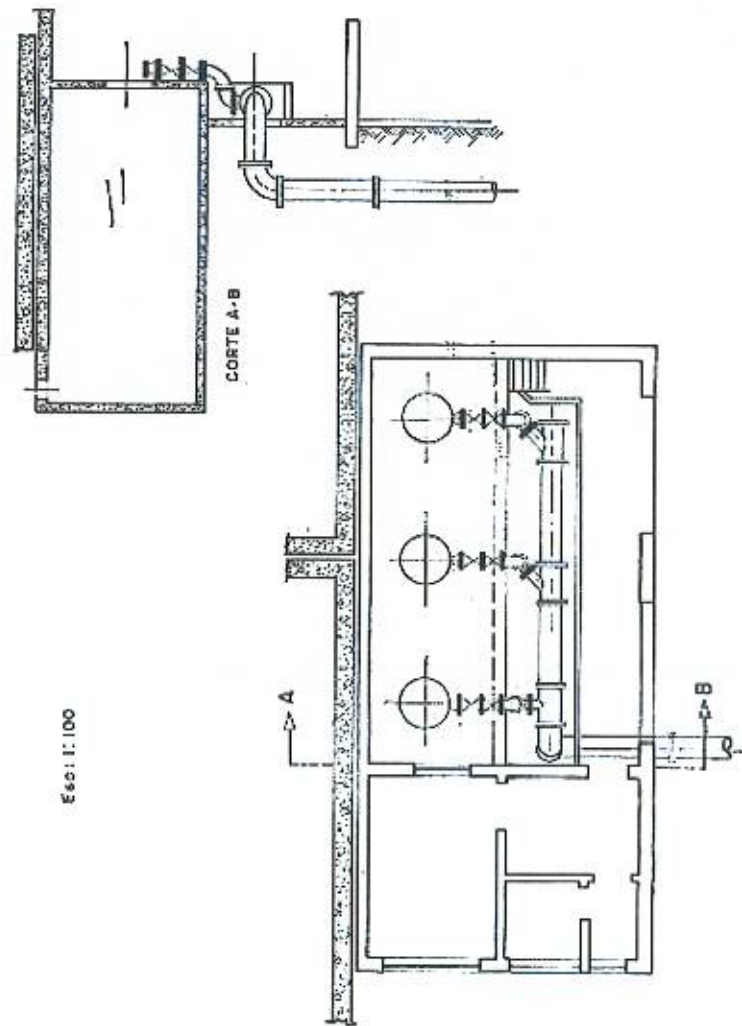


FIG. 1 — Estação elevatória

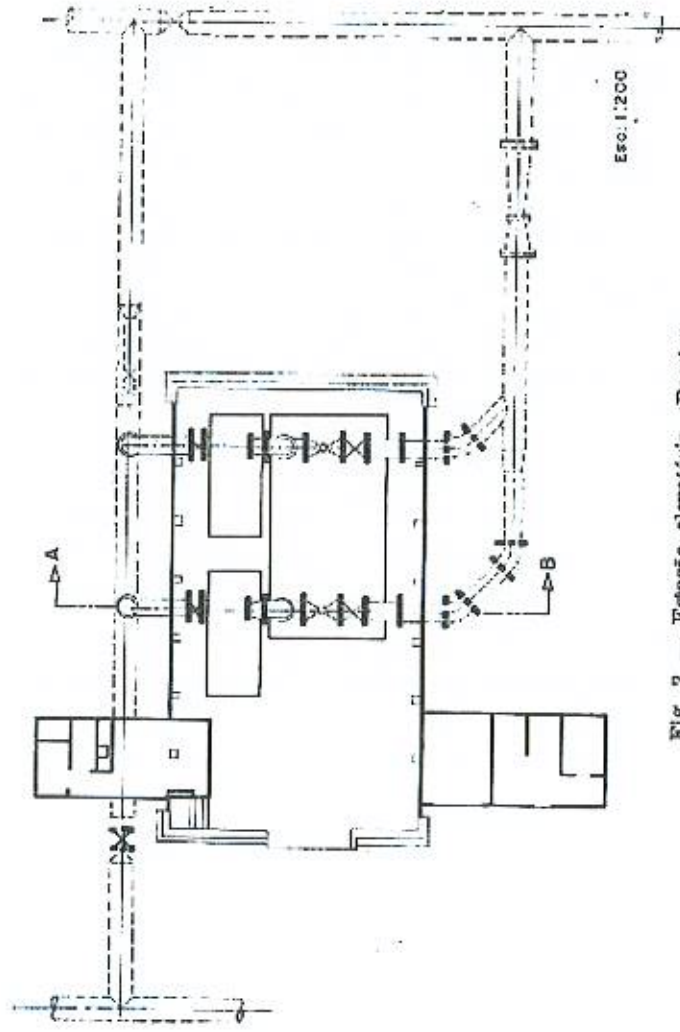


Fig. 2 — Estação elevatória «Booster»

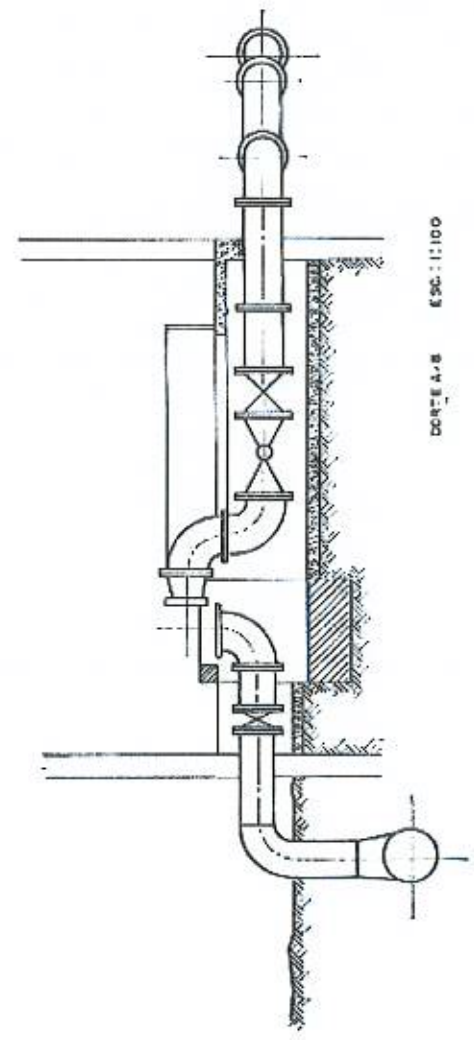


Fig. 3 — Estação elevatória «Booster»

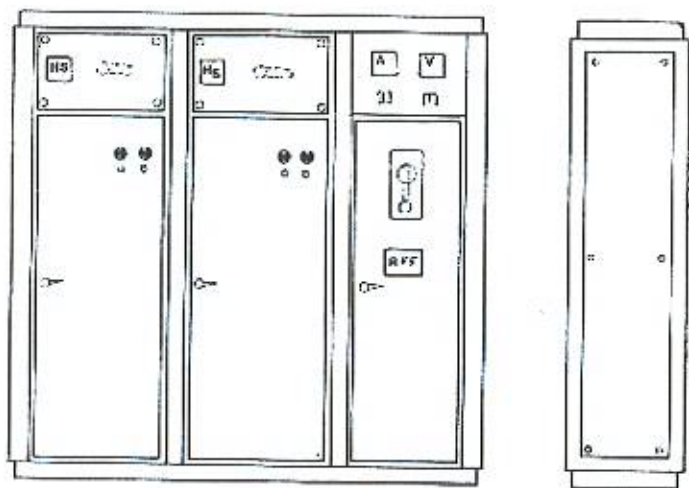


Fig. 4

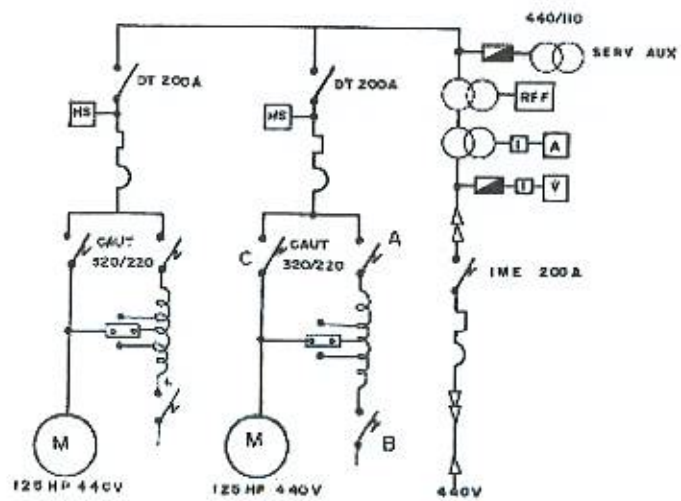


Fig. 4a

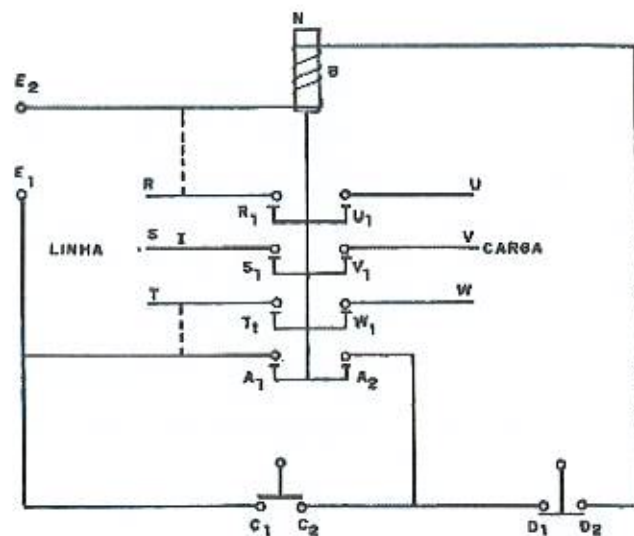


FIG. 5

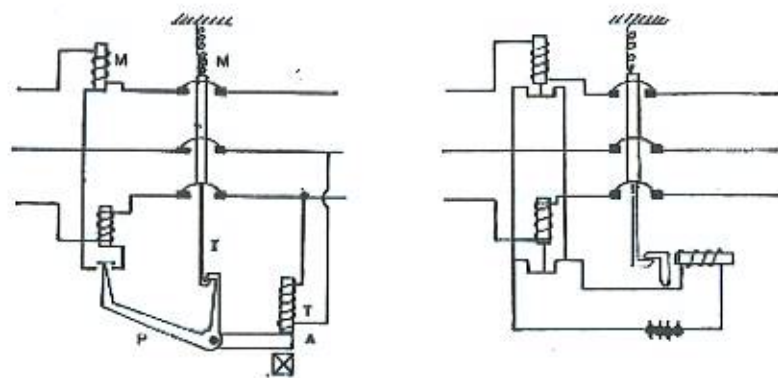


FIG. 6

FIG. 7

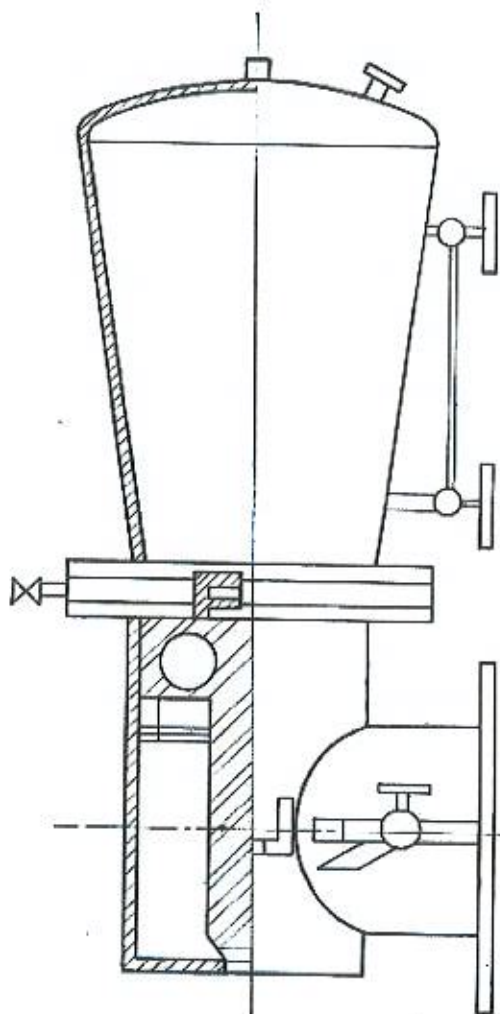


Fig. 8

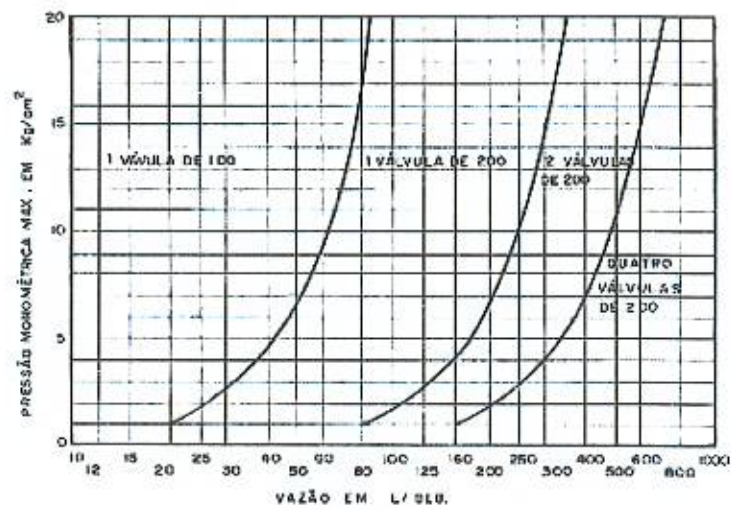


Fig. 9

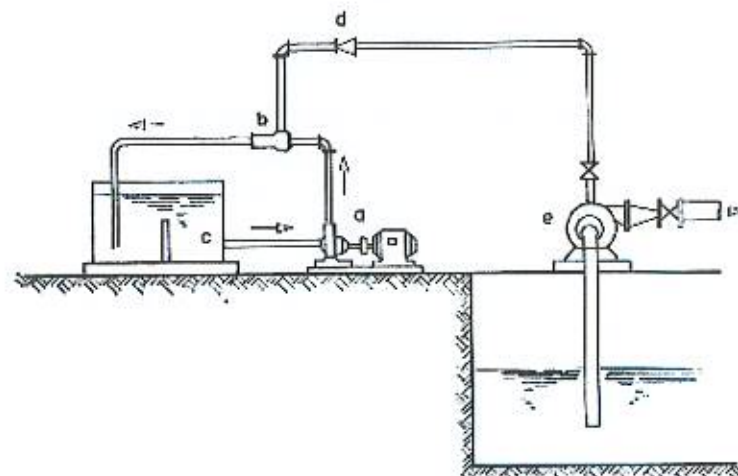


Fig. 10

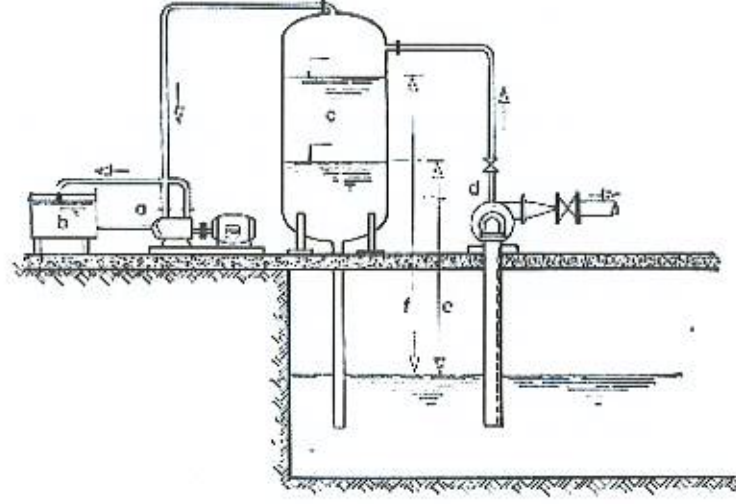
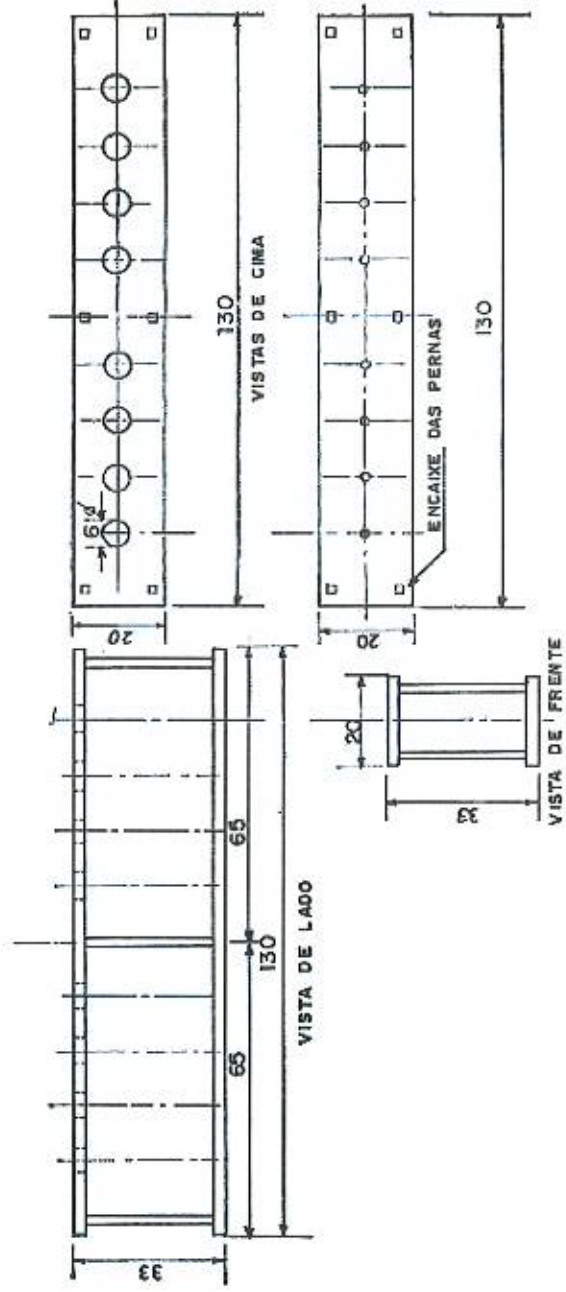


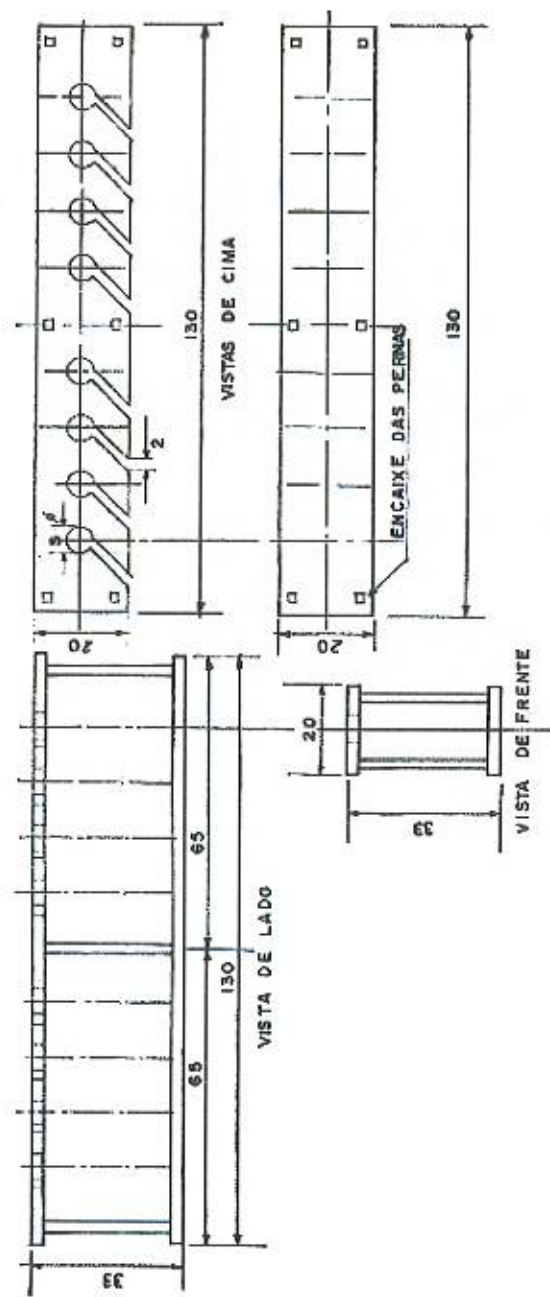
Fig. 11



OBSERV. i medidas apresentadas em centímetros

FIG. 12

SUPORTE PARA OS CONIS



OBSERV.: medidas apresentadas em centímetros

FIG. 13

### SUPORTE PARA OS CONIS

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — BOMBAS e estações elevatórias — São Paulo — Faculdade de Higiene e Saúde Pública.
- 2 — PAINTING Council — Steel structures.
- 3 — SEYMOR, R. B. — Organic coatings.
- 4 — SINGER, F. L. — Manual del Ingeniero Electricista.
- 5 — STANDARD handbook for electrical engineers.

## Capítulo 6

### ORGANIZAÇÃO DE CANTEIRO DE SERVIÇO

Eng.º WILIAN CECÍLIO (\*)

#### 6.1 INTRODUÇÃO

O presente manual tem por tema a construção de sistema de distribuição de água, assim sendo, entendemos que neste capítulo devemos nos preocupar, dentro da programação, com tudo que diz respeito à execução de reservatórios, adutoras, sub-adutoras e redes de distribuição de água.

As obras do sistema de distribuição de água de um modo geral são obras de curto prazo de execução e a experiência nos tem demonstrado ser perfeitamente exequível a construção de um reservatório enterrado com capacidade para 30.000 m<sup>3</sup>, uma torre para 500 m<sup>3</sup> e respectiva estação de recalque em menos de 360 dias, assim como a execução de 3.000 a 4.000 metros de adutora em tubos de aço, no diâmetro de 800 a 1.000 mm, em 180 dias ou ainda a execução de 60.000 m de rede de distribuição em 120 dias.

Ainda que, considerando as obras de distribuição de água como obras de execução a curto prazo, achamos que se deve toda a atenção à organização do canteiro de serviço.

De um modo geral, principalmente nos serviços públicos, verificamos que os empreiteiros não dão, ou dão pouca atenção

---

(\*) Engenheiro da Companhia Estadual de Saneamento Básico — SABESP.

aos cuidados que seriam desejáveis à organização do canteiro de serviço e disso tivemos prova em obras do DAF, em que empreiteiros, mesmo recebendo um valor pré-fixado pela construção de um canteiro de serviço padrão, não atendiam às determinações, preferindo deixar de receber a importância correspondente.

Tradicionalmente, a organização de um canteiro de serviço é mais ou menos empírica, porém, a cuidadosa consideração de vários fatores, como sejam as características da obra, o espaço disponível, a duração da obra, a topografia do terreno, o equipamento etc., permite tirar do canteiro de serviço o máximo rendimento.

Materiais esparramados ou mal empilhados e sem qualquer critério dentro de uma obra, representa, além de desleixo, uma prova de que o canteiro da obra não foi adequadamente estudado, ou não está adequadamente sendo utilizado, resultando em desperdício de material ou de tempo, ou ainda de ambos.

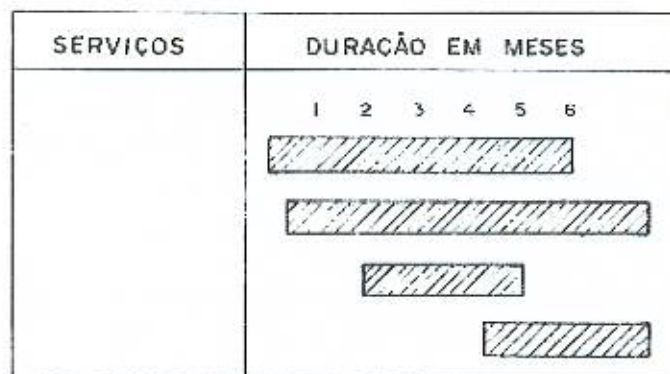
Não é difícil extrair o máximo rendimento de um canteiro, tudo depende, logicamente, em se atribuir a esse setor uma devida importância, planejando rigorosamente os depósitos de materiais, a localização dos equipamentos, a administração, o alojamento etc.

## 6.2 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DAS OBRAS

Não pretendemos neste capítulo, de molo algum e nem temos condição para tal, promover um curso de aplicação das novas técnicas de planejamento (CPM-PERT).

Toda obra na sua execução tem um planejamento e uma programação que pode ser definida e controlada e isto vinha sendo feito desde o início do século, e em obras de qualquer natureza com o gráfico de Gantt (Henry Gantt).

O gráfico de Gantt, ou cronograma, se constitui de barras horizontais, com uma escala de tempo, em que cada barra permite marcar o início, a duração e o fim de cada tarefa.



O gráfico, ou cronograma de Gantt, permite o controle da execução da obra pela comparação do programado com o efetivamente realizado.

Nos serviços e obras de construção de sistemas de distribuição de água, ainda se usa o cronograma de Gantt e sendo até mesmo o único.

O diagrama PERT é bastante semelhante ao CPM, porém no PERT o tempo de duração das tarefas é analisado por três estimativas, ou seja, a formal, otimista e a pessimista, levando desta maneira em conta a incerteza.

O PERT é um processo dinâmico que permite e exige modificações e ajustamentos no decorrer da obra.

### 6.2.1 O diagrama PERT

O primeiro passo na elaboração do sistema consiste na subdivisão do projeto total em etapas lógicas e distintas.

O número de etapas em que ele será subdividido variará de acordo com sua natureza, dependendo ainda esta subdivisão da precisão com que se possa estimar os tempos necessários à execução das várias atividades ligadas ao projeto.

Após a decomposição do projeto total em várias etapas, passa-se ao desenho do diagrama PERT do projeto em estudo. Cada círculo do diagrama corresponde a um evento e representa sempre o início ou o término de uma tarefa que deve ser executada para que se consiga o objetivo final.

As setas que ligam os diversos círculos do diagrama correspondem às atividades do sistema PERT e representam o trabalho necessário à execução das diversas tarefas do projeto.

Ao contrário do que acontece com os eventos, toda atividade, além de consumir tempo, exige normalmente a utilização de mão-de-obra, materiais, bem como outros recursos.

#### 6.2.1.1 Pontos básicos

Na elaboração do diagrama PERT o analista deverá dar especial atenção aos seguintes pontos:

Toda atividade possui sempre um evento inicial e um evento final.

Cada atividade deverá ser situada em relação às demais em uma seqüência lógica e correta.

Determina-se esta posição certa através das respostas dadas a algumas proposições: quais as atividades que deverão ser concluídas antes que esta possa ser iniciada; quais podem ser simultaneamente executadas com ela; e quais não podem ter início sem que se verifique o seu término.

Evidentemente, serão necessárias várias tentativas antes que o diagrama esteja pronto. O esforço desenvolvido nesta fase inicial assegura, entretanto, a obtenção de um diagrama inteligível e sem contradições. Uma vez terminado este, cada um de seus eventos deverá receber um número, o qual será escrito dentro do respectivo círculo no diagrama.

#### 6.2.1.2 Estimativa dos tempos

Em seguida, procede-se à estimativa dos tempos de execução de cada atividade assinalada no diagrama. O resultado dessa estimativa pode ser melhor garantido se houver possibilidade de obter consultas, nesse sentido, de pessoas experientes e eventualmente responsáveis pela execução das tarefas do projeto. Colhem-se três estimativas para cada atividade:

a) estimativa otimista — corresponde ao tempo mínimo para execução da tarefa, quando tudo se desenvolve de maneira ideal;

b) estimativa pessimista — diz respeito ao tempo máximo para execução da tarefa, tomando-se em consideração todas as condições negativas que poderiam retardá-la;

m) estimativa mais provável — tempo necessário à execução da tarefa dentro de condições normais.

Estas três estimativas são, em seguida, matematicamente combinadas em duas fórmulas que fornecem dois tipos de informações:

$$t_v = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Este valor  $t_v$  corresponde ao tempo médio que cada atividade consumiria caso fosse executada um grande número de vezes.

Grau de incerteza de cada atividade:

$$s^2 = \frac{(b - a)^2}{6}$$

O valor  $s^2$  refere-se à variância, isto é, os dados relativos ao grau de incerteza associado aos tempos necessários à execução das diversas atividades. Caso este valor seja pequeno, a estimativa pode, com propriedade, ser considerada precisa.

QUADRO I

Evento inicial	Evento final	a	m	b	$t_v$	$s_v$
1	2	11	12	13	12	0,1
2	6	2	7	12	7	8,8
1	3	11	14	17	14	1,0
3	6	1	6	11	6	2,8
1	4	13	15	17	15	0,4
4	5	6	7	8	7	0,1
5	6	4	8	12	8	1,8

O quadro I resume as principais informações de um exemplo de funcionamento do sistema PERT. Nesse exemplo, as unidades de a, b, m e t, correspondem a semanas.

Já o gráfico 1 ilustra o diagrama PERT em sua primeira versão, para esse mesmo caso. Observe-se que, sobre as setas que representam as diversas atividades, já foram incluídos todos os valores respectivos de  $t_a$ .

O próximo passo deve ser a determinação dos tempos mínimos necessários para alcançar os diversos eventos do diagrama. Estes tempos, representados por símbolos  $T_n$ , serão transcritos no diagrama sobre os círculos representativos dos diversos eventos. O  $(T_n)_1$  é igual a zero, uma vez que não é necessário executar qualquer tarefa para dar início ao projeto. Os  $T_n$  dos eventos 2, 3 e 4 são, respectivamente, 12, 14 e 15 semanas. Para que se atinja o evento 5, é preciso executar duas tarefas com os  $t_a$  iguais a 15 e 7 semanas. A soma destes dois  $t_a$  fornece com valor de  $(T_n)_5$ , 22 semanas.

Ainda de acordo com o diagrama, todas as atividades do projeto precisam estar terminadas, a fim de que se possa alcançar o evento 6. Em virtude de existirem três "caminhos" até ele, conclui-se que aquele que exigir mais tempo fornecerá o tempo mais breve para que o evento em questão seja alcançado. Examinando-se esse gráfico, verifica-se que o  $(T_n)_6$  corresponde a 30 semanas.

Prosseguindo-se no exemplo, torna-se agora necessário determinar os últimos prazos aceitáveis para que sejam alcançados os diversos eventos do projeto. Estes tempos permissíveis são representados por símbolos  $T_L$  e vêm transcritos no diagrama PERT embaixo dos círculos representativos dos vários eventos.

Os valores para os vários  $T_L$ , entretanto, só podem ser obtidos a partir de uma data previamente acertada para o término de todo o projeto. Este tempo certo é representado pelo símbolo  $T_s$  e é transcrito embaixo do círculo representativo do evento final do diagrama.

Suponhamos, inicialmente, que  $T_s$  seja igual a 30 semanas. Este prazo leva à conclusão óbvia de que o  $T_L$  do último evento  $(T_L)_6$  é também de 30 semanas. Para determinar os  $T_L$  relativos aos demais eventos, deve-se observar o seguinte:

— Iniciar pelo último evento, desenvolvendo os cálculos do fim para o começo, até atingir o evento inicial do projeto.

— Para que se calcule o  $T_L$  de um evento, subtrai-se o valor de  $t_a$  relativo à atividade, que conduzirá do evento cujo  $T_L$  já se conhece, até o evento cujo  $T_L$  se procura.

— Caso se obtenha para um só evento mais de um valor para  $T_L$ , deve-se escolher o menor valor obtido.

Uma vez seguidas estas instruções, chega-se facilmente aos seguintes resultados:

$$(T_L)_1 = 0$$

$$(T_L)_2 = 28$$

$$(T_L)_3 = 24$$

$$(T_L)_4 = 15$$

$$(T_L)_5 = 22$$

$$(T_L)_6 = 30$$

O gráfico 2 ilustra a versão final do diagrama PERT nesse exemplo. Aí aparecem transcritos todos os valores de  $T_n$  e  $T_L$ , correspondentes aos diversos eventos do projeto.

### 6.2.1.3 Caminho crítico

Uma análise dos valores de  $T_n$  e  $T_L$  de todos os eventos do projeto permite determinar o que se denomina de caminho crítico do projeto.

No diagrama focalizado, o caminho crítico corresponde àquela rota que passa pelos eventos com folgas nulas. O exame do quadro II permite verificar que o caminho crítico do projeto é 1 — 4 — 5 — 6. É assim denominado porque o atraso em qualquer atividade dentro desta rota implicará no não atendimento da data aprazada para o término do projeto, que é de 30 semanas. Atrasos em rotas não críticas, no entanto, não são consideradas sérios, pois os eventos nelas situadas possuem folgas.

Conseqüentemente, a atenção do dirigente pode concentrar-se nas tarefas do caminho crítico, evitando-se, dessa maneira, atrasos indesejáveis.

QUADRO II

Eventos	TEMPOS DE ALCANCE		
	Mínimos	Máximos	Folgas
	$T_k$	$T_L$	$T_L - T_k$
1	0	0	0
2	12	23	11
3	14	24	10
4	15	15	0
5	22	22	0
6	30	30	0

#### 6.2.1.4 Possibilidade não discutida

No caso citado, houve a suposição de que o prazo acertado para o término de todo o projeto era de 90 semanas. Observe-se que este prazo,  $T_s = 30$ , coincidiu com o tempo mínimo necessário para chegar ao último evento do projeto:  $(T_s)_c = 30$  semanas.

Caso o prazo contratual para o término do projeto tivesse sido estipulado, por exemplo, em 28 semanas ( $T_s = 28$  semanas), o diagrama PERT passaria a apresentar o aspecto descrito no gráfico 3. O caminho crítico deste diagrama continuaria sendo o mesmo do anterior, pois os eventos neles situados continuam a ter folgas menores do que a dos eventos de outras rotas.

A presença de folgas negativas, no entanto, não deve ser causa de alarme. Indicam apenas que os planos iniciais devem ser reexaminados, a fim de que o projeto possa ser concluído na data aprazada. Desta maneira, o sistema informa o dirigente, também, sobre as medidas corretivas que devem ser tomadas.

Fazendo-se uma análise do quadro II, pode-se observar que os  $t_c$  das atividades incluídas no caminho crítico necessitam sofrer uma redução de duas semanas, para que o projeto esteja pronto na data marcada ( $T_s = 28$  semanas). Duas atividades do caminho crítico, 1 — 4 e 4 — 5, possuem variância —  $s^2$ , reduzida. A atividade 5 — 6, porém, possui uma variância igual a 1,8, o que significa que o grau de incerteza associado à estimativa do  $t_c$  desta atividade é bem maior do que aquele associado às duas outras atividades do caminho crítico. O dirigente responsável pelo projeto deverá, em conseqüência, reestudar a atividade 5 — 6, a fim de diminuir o  $t_c$  da mesma.

Entre as medidas possivelmente aconselháveis para isso, pode-se citar:

Transferência de pessoal qualificado das outras atividades não situadas no caminho crítico para a atividade 5 — 6.

Autorização de horas extras para acelerar os trabalhos relativos à atividade 5 — 6.

Contratação de pessoal adicional para reduzir o tempo necessário da atividade 5 — 6.

Saliente-se, no entanto, que as duas últimas providências sugeridas só seriam aconselháveis no caso de verificar-se a impossibilidade de resolver o problema através da transposição de recursos que foi mencionada em primeiro lugar.

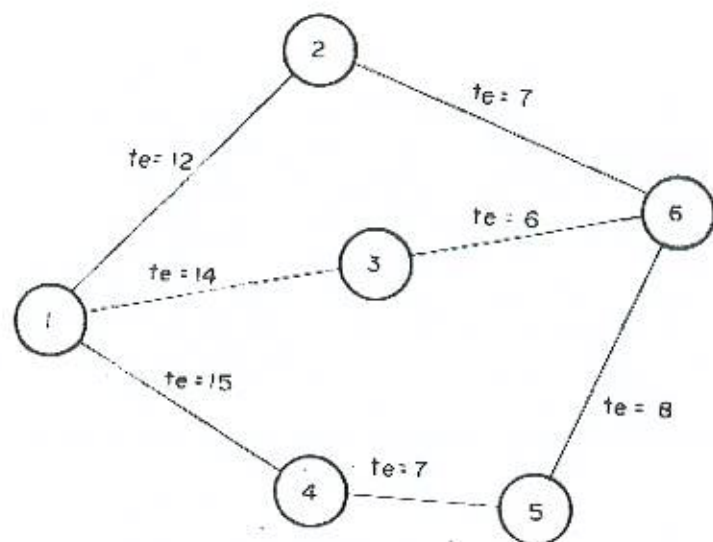


Gráfico 1

#### 6.2.1.5 Processamento de dados

Pode dar-se o caso de que, à falta de informação, os dirigentes de empresas construtoras imaginem que a aplicação da técnica não pode prescindir da utilização de um computador eletrônico.

Isto não é certo, especialmente considerando-se que o processamento dos dados de um diagrama PERT pode sempre ser feito manualmente ou com o simples auxílio de uma máquina de calcular. O uso de computador eletrônico só se justifica quando o número de atividades e eventos do diagrama for consideravelmente grande, isto é, quando ele ultrapassar um total de 200 atividades.

Por outro lado, é necessário salientar que algumas das vantagens do sistema são alcançadas antes mesmo do processamento dos dados inicialmente lançados no diagrama. O exame lógico e completo do projeto em estudo imprescindível à preparação do diagrama PERT, faz com que o responsável

por ele, familiarizando-se com seus pormenores, descubra áreas críticas que deverão exigir sua maior atenção no futuro.

Além disso, o registro no diagrama, de todas as atividades do projeto, estabelece uma nova e eficiente via de comunicação entre dirigentes, mestres e trabalhadores.

Embora seja bastante vasto seu campo de aplicação, a técnica, evidentemente, não serve como solução para todos os problemas de planejamento e acompanhamento do projeto que possam surgir.

Por outro lado, seus bons resultados só serão garantidos em função do esforço despendido. PERT não passa de uma ferramenta de trabalho ou de um serviço de informações. Por si só, ele não pode assegurar o sucesso de um projeto.

Caberá ainda e sempre aos dirigentes a tomada de posições corretas. A técnica proporcionará, no entanto, uma melhor visão para orientar as decisões finais.

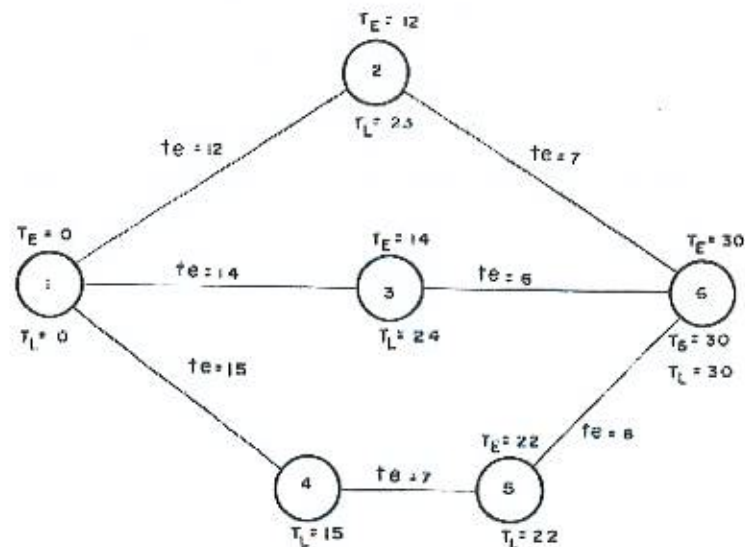


Gráfico 2

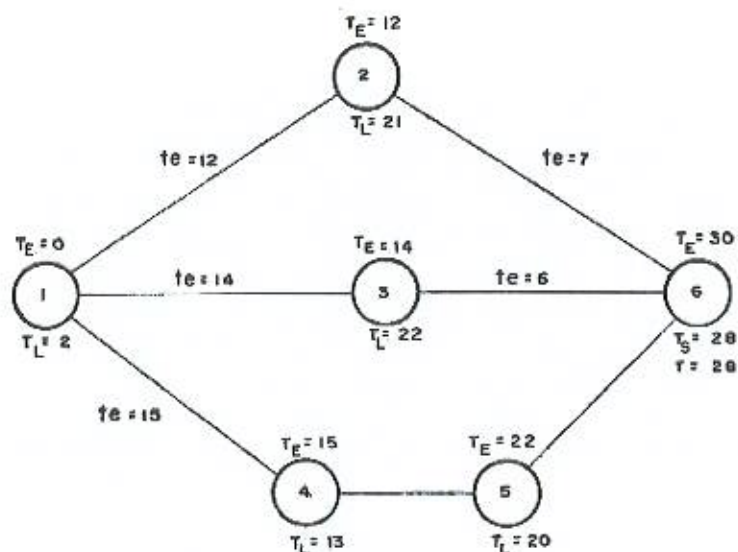


Gráfico 3

### 6.3 CANTEIRO DE SERVIÇO E ALOJAMENTO

#### 6.3.1 Introdução

As construções das obras necessárias ao sistema de distribuição de água, não fogem às regras, e como nas construções civis, por menor que seja o vulto da obra, requer necessariamente, guardadas as devidas proporções, a instalação do canteiro de serviços, antes mesmo do início das obras.

#### 6.3.2 Projeto do canteiro de serviço

Ao se planejar um canteiro de serviço, vários fatores devem e precisam ser considerados para que se tenha facilidade nas operações normais da construção e um perfeito controle na saída e entrada de materiais.

O controle perfeito do material permitirá garantir a apropriação final do custo da obra.

De um modo geral o projeto do canteiro de serviços deverá ser sempre analisado e organizado em função dos seguintes itens:

- disponibilidade do local;
- características da obra;
- equipamentos disponíveis a serem utilizados;
- condições topográficas.

Nas construções de reservatórios, torres e estações elevatórias o canteiro de serviço de um modo geral obedece às mesmas diretrizes comumente empregadas nas construções civis; assim sendo, estes canteiros deverão sempre ser projetados atendendo a um mínimo de dependências, como seja:

- a administração;
- almoxarifado;
- alojamento;
- refeitório;
- depósito de ferramentas e equipamentos leves;
- local destinado aos diversos materiais a granel;
- carpintaria e seção de ferragem.

Algumas diretrizes são importantes quanto à localização desses diversos elementos:

- O compartimento destinado à administração deverá sempre ser situado na entrada do canteiro, permitindo deste modo o mais fácil atendimento de controle.
- O almoxarifado deve sempre se situar próximo ao escritório administrativo.
- O material a granel deve ser armazenado em local bem delimitado e que permita a descarga direta.
- O equipamento de concretagem deve sempre ser situado no centro geométrico da área a servir e na medida do possível a betoneira deve ser instalada junto aos depósitos de cimento, areia e pedra.

e) A carpintaria e a seção de ferragem funciona melhor quando, embora isoladas, se situem contíguas e preferivelmente sob o comando de um encarregado comum.

f) A estocagem de madeira e de ferro devem ser feitas próximas à seção de carpintaria e de ferragem, respectivamente.

g) O alojamento dos operários deve obedecer às dimensões necessárias a abrigar o número pré-fixado e deverá ser dotado de instalações sanitárias satisfatórias e em número adequado.

Para as obras de assentamento de tubulação o canteiro de serviço assume um aspecto mais simples, podendo contar com:

- a) administração;
- b) almoxarifado;
- c) alojamento;
- d) refeitório.

Em muitos casos, como seja o de assentamento de tubulação em zonas urbanas, podem ser dispensadas a construção do alojamento e até mesmo do refeitório, substituindo-os apenas por um cômodo para o guarda da obra.

Geralmente o canteiro para obras de assentamento de tubulação é instalado em terrenos alugados pela firma empreiteira, e assim sendo, o terreno a ser alugado deve de preferência estar situado no centro geométrico da linha ou da rede a ser assentada e ainda preferivelmente deve ser uma área adequada e de proporção tal que permita a estocagem e guarda de boa quantidade de peças especiais, registros e ainda de tubos de menores diâmetros, que não devem ser descarregados ao longo do caminhamento.

### 6.3.3 Quanto pesa o canteiro no custo da obra

Vários técnicos de construção civil, com a vivência do problema chegaram à conclusão que o canteiro de serviço atinge, de um modo geral, em média, de 3% a 5% do valor da

obra, no entanto, nas construções de sistema de distribuição de água estamos certos que este custo não deva atingir nem 2%.

Considerando-se os desperdícios de material e homem/hora que um canteiro mal organizado pode acarretar, podemos admitir que o seu custo, mesmo ultrapassando as porcentagens acima, estará ao final da obra perfeitamente compensado e até mesmo com vantagens.

### 6.3.4 Considerações finais

O canteiro de serviço racionalmente projetado para uma determinada obra, deve girar sempre em torno desse planejamento.

Os materiais a serem empregados devem ser adquiridos em quantidades certas e de maneira a se evitar o acúmulo exagerado ou a falta no momento necessário.

A estocagem de material deve ser cuidadosamente estudada, devendo-se evitar atravancar o canteiro de serviço visando a garantia contra a eventual falta de determinados produtos ou beneficiando-se de condições excepcionais de aquisição de outros, em comprometimento da boa movimentação no canteiro, fazendo desaparecer rapidamente as vantagens previstas.

Dentro do critério, que coloca o canteiro de serviço como elemento regulador do fluxo de operações da obra, parece-nos que um gasto inicial na organização de um bom canteiro é compensado no custo final da obra.

### 6.4 MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Como em todo e qualquer tipo de obra, também nas de construção de sistemas de distribuição de água, se procura, na medida do possível, substituir-se a execução manual por execução mecânica.

Esta substituição, no Brasil, é feita muito mais em decorrência do prazo de execução da obra do que propriamente de redução no custo da mão-de-obra, uma vez que a mão-de-obra aqui ainda é barata, o que não ocorre em outros países.

É evidente que em muitos casos o emprego de máquinas também é função da impossibilidade de execução manual.

Assim mesmo podemos considerar que as obras destinadas à distribuição de água são de características tais que nem sempre permitem execução mecânica, no entanto, dentro das possibilidades podemos enumerar as máquinas e equipamentos que podem ser utilizados nos diferentes serviços.

#### 6.4.1 Escavação

##### a) Escavadeiras

As escavadeiras são usadas neste tipo de construção na abertura de valas para assentamento de tubulação; seu uso, no entanto, está condicionado a local onde não exista outros melhoramentos públicos (gás, esgotos, eletricidade, telefone etc.).

As escavadeiras podem ser montadas sobre rodas pneumáticas ou sobre lagartas (esteira). O emprego de uma ou de outra depende da resistência do solo e das condições de mobilidade desejada.

Geralmente as escavadeiras até 3/4 de jardas cúbicas (0,573 m<sup>3</sup>), são montadas sobre rodas pneumáticas.

As escavadeiras são máquinas do tipo escavadeira-carregadeiras, pois as operações executadas são de escavar e carregar as unidades de transporte.

As escavadeiras podem ser equipadas com "dragline", "gramshell", com guindaste, além do "retro shovel". Com este último acessório ela é denominada de retro-escavadeira.

Na abertura de valas a mais usada comumente é a retro-escavadeira, que funciona abaixo do nível que se encontra, é eficiente em terrenos duros e sua caçamba munida de dentes, é apropriada para escavar em vários tipos de solo desde areia até a rocha decomposta.

O uso do "dragline" ou draga de arrasto tem utilidade limitada no caso de abertura de valas; geralmente usado quando a escavação obriga o uso de lança comprida.

O emprego de escavadeira equipada com "gramshell" é mais usado como carregadeira; nos terrenos lamacentos ela é desprovida das garras.

A escolha de uma escavadeira é feita em função da determinação prévia da capacidade da caçamba e para tanto influem os seguintes fatores:

- material a ser escavado;
- condições de trabalho;
- tempo de conclusão da obra;
- dimensões da frente de ataque.

A produção de uma escavadeira depende do material a ser escavado, do ângulo de giro e da profundidade do corte.

Para este último deve ser definida a profundidade ótima de corte, que é aquela que corresponde ao máximo de rendimento ou ainda aquela em que se obtém o maior volume de escavação (encher totalmente a caçamba) sem esforço excessivo. O rendimento de uma escavadeira expressa por m<sup>3</sup> por hora é dado pela fórmula:

$$R = \frac{3.600 \times Q \times F \times E \times K}{T} \text{ onde:}$$

Q = capacidade da caçamba em m<sup>3</sup> (valor catalogado);

F = fator de conversão do solo (tabela 2);

E = fator de eficiência da escavadeira. Sendo o valor médio aceitável o de 80%;

K = fator de eficiência da caçamba (tabela 3);

T = tempo de operação completa da escavadeira em segundos. Este tempo é o de operação completa, isto é, desde o corte até a posição inicial para novo corte, incluindo-se o giro para a posição de descarga, a descarga e os giros para as diversas posições da máquina. Este tempo é fixado cronometrando-se a operação.

TABELA 1 — Correspondência entre m³ e jd³

m³	jd³	m³	jd³
0,287	3/8	1,888	1 1/4
0,382	1/2	1,529	2
0,573	3/4	1,011	2 1/2
0,765	1	2,292	3
0,956	1 1/4	3,056	4
1,147	1 1/2	—	—

TABELA 2 — Fator de conversão dos volumes de terra (f)

Tipo de solo	Condições em que está	Convertida em		
		No local	Solta	Compactada
Areia	No local	1,00	1,11	0,95
	Solta	0,90	1,00	0,86
	Compactada	1,05	1,17	1,00
Terra comum	No local	1,00	1,25	0,90
	Solta	0,80	1,00	0,72
	Compactada	1,11	1,39	1,00
Argila	No local	1,00	1,43	0,90
	Solta	0,70	1,00	0,63
	Compactada	1,11	1,59	1,00

TABELA 3 — Fator de eficiência da caçamba para diversos terrenos (k)

Natureza do equipamento	Terra solta	Terreno médio	Terreno meio-duro	Terreno duro
Showel	0,95-1,00	0,85-0,90	0,70-0,80	0,50-0,70
Drag-line	0,95-1,00	0,80-0,90	0,65-0,75	0,40-0,65

Atualmente, nos serviços de assentamento de linhas tronco para redes de água muitos empreiteiros estão usando escavadeiras montadas em um trator e tendo de outro lado a caçamba carregadeira. Com este tipo de máquina é possível se abrir até 150 metros de valas com a largura de 75 cm e uma profundidade de 1,60 m, por dia.

Estas escavadeiras, além de abrirem a vala, descem os tubos, dão o tranco para o emboco dos mesmos, no caso de juntas de borracha, e ainda são usadas para a remoção dos excessos de terra, carregando as unidades transportadoras, servindo ainda para empurrar a terra no fechamento das valas.

As retro-escavadeiras deste tipo permitem a abertura de valas com profundidade de até 4,10 metros.

#### b) Valetadeiras

Do mesmo modo que as escavadeiras, as valetadeiras podem ser montadas sobre rodas pneumáticas ou sobre lagartas. Este tipo de máquina desperta pouco interesse às firmas construtoras, porquanto a sua utilização é limitada, não apresentando a versatilidade de uso como a escavadeira.

A produção da valetadeira é contínua, assim sendo, o seu uso é possível em terrenos que não necessitem escoramento.

Existem muitos modelos e marcas de valetadeiras, com a possibilidade de abrirem valas de 0,20 m a 1,50 m de largura e com a profundidade de até 2,50 metros.

Outro inconveniente da valetadeira é o seu difícil ou quase impossível emprego em trechos curvos.

#### 6.4.2 Bombas

As bombas são usadas para esgotamento de valas. Dado à grande aplicação das bombas, hoje em dia podemos contar com uma enorme variedade de tipos para cada caso, porém, nos serviços de execução do sistema de distribuição de água os tipos mais utilizados são:

- centrífugas;
- de diafragma (sapo).

A escolha de uma bomba é feita em função da altura de sucção e do volume de água a ser esgotada.

##### a) Bombas centrífugas

As bombas centrífugas possuem um rotor que transforma a energia cinética dada por uma máquina propulsora em energia de pressão. A máquina propulsora é um motor elétrico ou de explosão.

Nas obras de assentamento de redes, adutoras ou subadutoras, o mais comum é o emprego de bombas centrífugas acionadas por motor a gasolina.

A sucção é feita por tubulação de borracha e lona armada com arame de aço; esta tubulação é denominada de "mangotes". Os mangotes são encontrados na praça nos diversos diâmetros usuais.

Na extremidade do mangote, que vai ficar imerso, geralmente é adaptado um ralo com válvula de pé (válvula de retenção), cuja função é evitar a entrada de material sólido, como pedras, paus, borracha, ferro etc.

A válvula de retenção evita o esvaziamento do mangote e do rotor, não havendo a necessidade de escorvar a bomba quando ela deixa de operar.

##### b) Bombas de diafragma

Estas bombas normalmente são chamadas de "bomba sapo". Funcionam com uma membrana elástica que dá um movimento alternativo.

No centro e na parte inferior estas bombas possuem uma válvula de pressão. O diafragma é de borracha e de fácil remoção e são de vários tipos.

As bombas sapo são de pequena vazão e podem ser acionadas manualmente ou com motor a explosão.

##### c) Rebaixamento dos lençóis d'água

Atualmente tem-se aplicado, também em obras de construção de sistemas de distribuição de água o esgotamento por rebaixamento do lençol de água, sistema "meanda". O processo consiste em se introduzir, espaçadamente no terreno a ser rebaixado o nível d'água, uma ponteira-vácuo-filtro, à altura que se quer rebaixar. O conjunto de ponteiras são ligadas entre si à uma rede-mãe, que por sua vez é ligada ao sistema de bombas.

O processo tem se mostrado eficiente em terrenos de baixa permeabilidade e de nível d'água muito raso.

#### 6.4.3 Compressor de ar

São máquinas destinadas a produzir ar comprimido a uma pressão necessária para acionar, eficientemente, ferramentas pneumáticas.

Os compressores de ar podem ser fixos ou móveis. Os compressores de ar móveis são os mais usados nas obras do tipo que realizamos, são montados sobre pneus e acionados a gasolina ou diesel.

Aos compressores de ar, se adaptam os marteleiros que recebem o acessório necessário ao serviço que se quer executar. Adaptando-se os marteleiros em cabeçote, pode-se empregar-los como bate-estacas nos escoramentos de valas.

Com a adaptação de um ponteiro, eles são utilizados para rompimento de pavimentação asfáltica e com a adaptação de perfuratrizes e brocas na escavação mecânica de rocha.

Ao compressor de ar pode também ser adaptado o sapo mecânico, utilizado na compactação dos aterros de valas.

#### 6.4.4 Sapo mecânico

É o equipamento próprio para serviço de compactação de aterro de valas. É equipamento de comando manual e pode ser acionado por motores a explosão ou a ar comprimido. O operador vai sempre aproveitando o salto e guia o "sapo" na direção desejada.

A precaução indispensável na utilização do sapo mecânico é deixar cair o corpo do mesmo até o fim do pistão.

O diâmetro do pé socador dos "sapos mecânicos" varia entre 20 e 30 cm.

O número de passadas numa mesma camada, varia em função do tipo de terreno. O soquete deve ser dirigido de tal maneira que cada pancada seja dada abrangendo cerca da metade da área socada pela pancada anterior.

O início da operação deve sempre ser do centro da vala para as bordas, conseguindo-se, com isso, que o material seja comprimido contra o talude da vala que é o lugar mais difícil de ser compactado, havendo mesmo necessidade de maior número de passada junto ao talude.

Nos serviços de compactação mecânica pode ser usado também o rolo compressor, ou ainda equipamentos dotados de placas vibratórias.

A compactação pode ser feita ainda manualmente com o emprego de maços ou soquetes feitos de madeira ou ferro fundido. Os soquetes são de formas e pesos variados e geralmente trabalhados por dois homens.

#### 6.4.5 Equipamentos para feitura de juntas e cortes de tubos de ferro fundido

a) Caldeirões: são de ferro fundido e de tamanhos vários, devendo ser escolhidos de acordo com o número de juntas e da quantidade de chumbo a ser derretido.

b) Concha: é o elemento que transporta o chumbo derretido do caldeirão para a junta a ser chumbada. É também de ferro fundido e possui um bico por onde escorre o chumbo para o cachimbo.

c) Estopadeiras: são ferramentas que servem para calçar e dividir o tubo e ainda rebater a estopa no fundo da junta. São em número de três e geralmente são de 25 cm de comprimento.

d) Ferros rebatedores: são ferros destinados a rebater o chumbo da junta. São em número de três em espessuras que variam de acordo com o tamanho da junta. Os dois primeiros a serem usados são realmente os rebatedores, o terceiro geralmente tem a função de dar o acabamento mais uniforme da junta.

e) Marretas: são de cabos curtos e para juntas até 300 mm, utilizando-se as de 1,5 kg; para diâmetros maiores são usadas marretas de 2 kg.

f) Borilo: é a ferramenta usada na operação de corte de tubos de ferro fundido.

g) Corta-frios: são equipamentos usados também para corte de tubos de ferro fundido. São constituídos, geralmente, de navalhas reunidas de tal maneira que, circundando o tubo, corta-o com um movimento de rotação. Os corta-frios são de diversos tipos, variando a aplicação de acordo com o diâmetro do tubo.

Atualmente, tem-se empregado o corta frios elétrico, que é um disco de fibra de nylon acoplado a um motor elétrico de alta rotação.

#### 6.4.6 Equipamento para feitura de juntas e cortes de tubos de aço

a) Maçarico: para executar qualquer corte em tubos de aço no campo é usado o maçarico de oxi-acetileno, tomando-se a precaução de remover, com antecedência, o revestimento interno e externo, cerca de 20 cm de cada lado da linha de corte, a fim de se evitar a combustão do revestimento.

b) Junta: a junta em tubos de aço é feita por soldagem. A soldagem de campo é feita por máquina de solda acionada por conjunto gerador a gasolina. A máquina de solda para o trabalho de campo deve ser montada sobre rodas para maior facilidade de locomoção. Cada conjunto é operado por um

soldador, devendo dispor de cabo com extensão suficiente para permitir o trabalho ao longo de 40 a 50 metros da tubulação, sem necessidade do deslocamento da máquina. Para esse tipo de serviço a máquina de solda não deve ter capacidade inferior a 300 ampères.

#### Acessórios

*Cabos condutores de energia:* são cabos de solda usados para levar a corrente da máquina ao porta-eletrodo e da peça à máquina. Quando o cabo condutor é ligado da máquina à peça a ser soldada, leva o nome de cabo de ligação "massa" ou "terra".

Estes cabos devem ser flexíveis e de isolamento robusto (borracha vulcanizada), tendo nas extremidades, com excesso do porta-eletrodo, terminais de cobre.

TABELA DE CABO ADEQUADO

Capacidade da máquina em ampères	N.º do cabo em função do comprimento		
	Até 15 m	15 a 30 m	30 a 70 m
Até 150 ampères	2	2	2
Até 200 ampères	3	1	2/0
Até 300 ampères	0	2/0	4/0
Até 400 ampères	2/0	4/0	4/0
Até 600 ampères	2/0	4/0	4/0

Deve-se evitar a substituição do cabo "terra" por vergalhões ou prolongamentos desta natureza. É, portanto, recomendável que os dois cabos sejam "cabos condutores para solda" e a ligação terra seja a mais próxima possível do local da soldagem.

*Porta-eletrodo:* pinça ou alicate, destinada a prender o eletrodo, composta de mandíbulas condutoras, punho isolador e conexão própria para ser ligada ao cabo condutor.

*Grampo de ligação "massa ou terra":* pinça ou grampo metálico, condutor, conectado à obra e ao terminal do cabo condutor.

*Máscaras e capuzetes protetores:* equipamento de proteção do operador (soldador), geralmente confeccionado de fenolico fibra, dotado de visor que leva um filtro especial. O vidro protetor ou filtro tem por fim atenuar a intensidade dos raios (ultravioletas, infravermelhos e luminosos) emitidos pelo arco voltaico. O vidro protetor, também chamado de lente, tem graduação variável de conformidade com a amperagem utilizada no processo de soldagem, conforme tabela abaixo.

N.º da lente	Amperagem utilizada
6	até 30 ampères
8	30 a 75 ampères
10	75 a 200 ampères
12	200 a 400 ampères
14	400 ampères

*Luvas, aventais, perneiras e mangas:* são confeccionados geralmente em couro-raspa e servem para proteger o soldador dos raios emitidos pelo arco durante a soldagem e também pelos respingos da solda.

*Martelos picadores de escória e escova de aço:* são usados na remoção de escória e limpeza do cordão de solda.

#### 6.4.7 Máquinas e equipamentos para concreto

a) *Betoneiras:* é a máquina que permite o preparo do concreto, evitando-se os inconvenientes do preparo manual. As betoneiras podem ser acionadas eletricamente ou por motor a gasolina. Normalmente, as betoneiras possuem reservatórios de água automático, dando a quantidade exata para cada traço.

As betoneiras são de vários tipos, porém, a mais usada é a com tambor tronco-cônico, rotativo e basculante. Estas betoneiras têm capacidade de até 500 litros. O tambor possui um movimento de rotação em torno do seu eixo e recebe inclinações várias, de maneira a poder possuir as posições necessárias de carregamento, amassamento e descarga de concreto. O tambor possui palhetas internamente que fazem a mistura dos materiais e o amassamento do concreto.

b) Vibrador: tem a função específica de reduzir o número de vazios do concreto, aumentando assim sua resistência. Também pode ser acionado eletricamente ou por motor a explosão.

Existem vários tipos de vibradores:

- externo: atuam externamente às formas;
- interno: atuam internamente às formas e são de movimento de imersão ou agulha;
- superficiais: são chapas vibratórias e são mais utilizados em serviços de pavimentação com placas de concreto. O tipo de imersão ou agulha é o mais utilizado e é de fácil manejo.

#### 6.4.8 Transporte

A unidade transportadora de qualquer material é o caminhão. No transporte de material a granel, como terra, areia, pedra etc., o caminhão aconselhado é o de carroçaria basculante, por ser de descarga automática do material transportado.

Os basculantes podem ser de descarga lateral ou traseira, sendo estes últimos os preferidos. Nos serviços de escavação ou de desmonte, o número de caminhões a ser usado deve ser calculado de modo a não permitir a paralisação da máquina carregadeira. Este número de caminhões pode ser calculado pela fórmula:

$$N = 1 + \frac{60 \left( \frac{d}{v_1} + C + \frac{d}{v_2} + t \right)}{nT} \text{ onde:}$$

d = distância média de transporte (m);

v<sub>1</sub> = velocidade do caminhão carregado (m/min);

v<sub>2</sub> = velocidade do caminhão descarregado (m/min);

C = tempo necessário para o caminhão colocar-se em posição de carga, inclusive tempo de espera (min);

t = tempo de descarga do caminhão (min);

n = número de ciclos completos da escavadeira, necessários para encher o caminhão;

$$n = \frac{\text{capacidade do caminhão}}{\text{capacidade da caçamba} \times \text{fator de eficiência da caçamba}}$$

T = tempo de uma operação completa da escavadeira (seg).

Os caminhões com carroçarias de madeira são usados no transporte de outros materiais: embalados, equipamentos, peças, acessórios, madeiras, tubos etc. Os caminhões com carroçarias de madeira dão melhor proteção aos materiais transportados, evitando danos e quebras. Todo material a ser transportado deve ter a sua carga e conseqüente descarga dentro da técnica recomendada para o material.

Assim, por exemplo, o transporte de tubos de qualquer material, deve ser feito de maneira que o mesmo chegue à beira da vala em perfeitas condições, idênticas às de saída da fábrica.

Para isso, o transporte de tubos deve ser feito em berços de maneira, com acomodação adequada, que no caso de transporte de tubos de aço consiste em acolchoamento com material não abrasivo.

Este material deve, inclusive, proteger também todos os pontos de contato, entre os tubos e as cordas, correntes ou tirantes que envolvem o carregamento no caminhão.

A descarga dos materiais deve também ser feita com os mesmos cuidados exigidos na carga. A descarga de tubos deve ser feita, tanto quanto possível, nas proximidades da vala de assentamento, procurando deste modo eliminar despesas de nova

carga e descarga e ainda eliminando-se a possibilidade de eventuais danos, decorrentes destas operações.

Os tubos revestidos não devem ser lançados ao solo e nem ser manejados de maneira a prejudicar o revestimento.

A carga e descarga de tubos de pequenos diâmetros e portanto de pouco peso, podem ser feitos com cordas e por meio de rampas de madeira que permitem o rolamento dos tubos.

Nos tubos revestidos deve-se tomar precauções para que não seja afetado o revestimento, assim por exemplo, as cordas devem ser aplicadas nas extremidades onde não existe o revestimento e as rampas de madeira devem ser largas e preferivelmente acolchoadas, evitando assim marcas no revestimento.

Neste tipo de descarga o choque com o solo é evitado usando-se amortecedores de pneus velhos. A carga e a descarga de tubos de maiores diâmetros e portanto pesados, podem ser feitas com guinchos providos de correntes com patolas nas pontas, desde que estas suspendam o tubo pelas extremidades, de modo a não entrarem em contato com o revestimento.

De preferência a carga e a descarga de tubos de grandes diâmetros deve ser feita com guindaste, utilizando-se nesta descarga suportes de lona suficientemente larga. Estes suportes devem ter a largura mínima de 8 cm para tubos de menos de 500 kg, com um aumento de 3 cm para cada 500 kg de acréscimo e devem sempre ser aplicados em região de equilíbrio do tubo.

A empilhagem de tubos somente deve ser permitida com utilização de peças de madeira (sarrafos), e no caso de tubo de aço revestido, sempre aplicada na extremidade não revestida.

#### 6.4.9 Pessoal

Assim como todo e qualquer tipo de construção, nos serviços de construção de sistema de distribuição de água deve-se ter o operário adequado para cada tipo de serviço e o operador capacitado para o bom funcionamento de cada máquina e equipamento. Assim como todo trabalhador, os operários desse tipo de construção, também têm as suas obrigações, os direitos e vantagens previstas na Consolidação das Leis Trabalhistas.

Este livro foi composto e impresso  
nas oficinas gráficas da



TIPOGRAFIA EDANEE S.A.

à Rua do Bosque n.º 1.426 - São Paulo

CEP 01138

Entrada: 70/09/06
Indicação: Subst ex. 3
Aquisição:
Preço:
Tombado em: 20/07/06

CETESB - COMPANHIA  
DE SANEAMENTO  
BIBLIOTECA

Se este livro não for devolvido no prazo regulamentar, o usuário ficará sujeito às penalidades do regulamento.

O prazo poderá ser prorrogado, desde que não houver pedido para esse fim.