

**FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA DE LORENA**

**CURSO DE  
TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS**



**Prof. Antonio Clélio Ribeiro**

**Livro Texto:**

**TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS Volumes 1 e 2**

**SILVA TELLES, Pedro Carlos**

**Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.**

**Livro Auxiliar:**

**TABELAS E GRÁFICOS PARA PROJETO DE TUBULAÇÕES**

**SILVA TELLES, Pedro Carlos e BARROS, Darcy G. de Paula**

**Editora Interciência Ltda.**

## **APRESENTAÇÃO**

O material deste curso, organizado em dez módulos denominados de Aula 1 até Aula 10, contém às transparências que são utilizadas em cada aula e correspondem aos resumos dos respectivos capítulos do Livro Texto.

Na organização de cada módulo (aula) do curso, além do Livro Texto, foram utilizadas tabelas e gráficos do livro auxiliar, bem como, figuras e dados de diversos catálogos de fabricantes de tubos, conexões, juntas de expansão, válvulas, purgadores etc..

Para garantir um bom aproveitamento no curso, o estudante deve utilizar os resumos das transparências juntamente com o Livro Texto. Somente através do Livro Texto é que se conseguirá o pleno entendimento dos resumos apresentados neste material.

Prof. Clélio

### **RELAÇÃO DE CATÁLOGOS UTILIZADOS:**

- Catálogo Geral da BÁRBARA
- S. A. Tubos Brasilit
- Conexões TUPY
- PBA/PBS/F TIGRE
- Catálogo Geral da NIAGARA
- Catálogo de Produtos da ASCA
- Válvulas Industriais DECA
- BROWM Válvulas e Conexões
- Catálogo Geral da RVM
- Válvulas de Diafragma CIVA-SAUNDERS
- Válvulas de Borboleta CBV-DEMCO

FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA DE LORENA  
TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS

## PROGRAMA E PLANO DE AULAS

AULA	ASSUNTO	ATIVIDADE
1	Tubos e Tubulações – Definições Tubos: Materiais, Processos de Fabricação e Normalização Dimensional	Exposição Teórica
2	Meios de Ligação de Tubos, Conexões de Tubulações e Juntas de Expansão	Exposição Teórica
3	Válvulas	Exposição Teórica
4	Purgadores de Vapor, Separadores e Filtros Recomendações de Material para Serviços	Exposição Teórica
5	Aquecimento, Isolamento Térmico, Pintura e Proteção	Exposição Teórica
6	Disposição das Construções em uma Instalação Industrial Arranjo e Detalhamento de Tubulações	Exposição Teórica
7	Sistemas Especiais de Tubulação Suportes de Tubulação Montagem e Teste de Tubulações	Exposição Teórica Prática de Campo
8	Desenhos de Tubulações	Exposição Teórica
9	Desenho de Tubulações	Exercícios
10	Exercício de Avaliação	
11	A Tubulação Considerada como Elemento Estrutural Cálculo da Espessura de Parede de Tubos e do Vão Entre Suportes	Exposição Teórica
12	Dilatação Térmica e Flexibilidade de Tubulações Cálculo de Flexibilidade	Exposição Teórica
13	Cálculo de Flexibilidade	Exposição Teórica
14	Cálculo de Flexibilidade	Exercícios
15	Visita Técnica	Prática de Campo

# *AULA 1*

*Volume I do Livro Texto*

## **CONTEÚDO:**

- *Capítulo 1*

*Tubulações Industriais: Generalidades, Classificação.*

- *Capítulo 2*

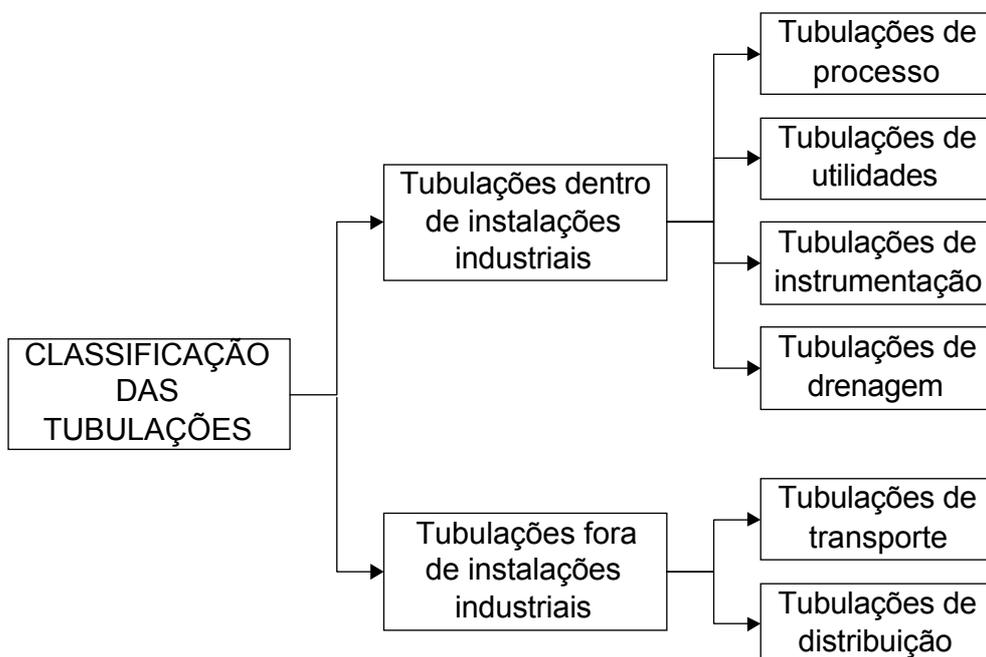
*Tubos: Materiais, Processos de Fabricação, Normalização Dimensional.*

**TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS**

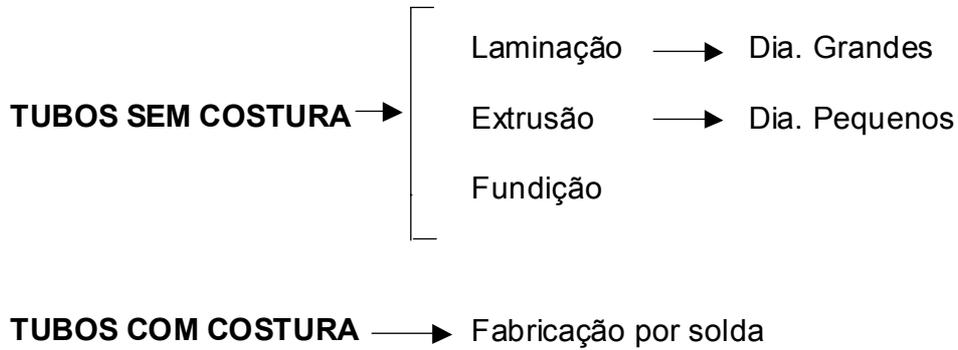
Definição: Conjunto de tubos e seus acessórios

Aplicações: Distribuição de vapor para força e/ou para aquecimento;  
Distribuição de água potável ou de processos industriais;  
Distribuição de óleos combustíveis ou lubrificantes;  
Distribuição de ar comprimido;  
Distribuição de gases e/ou líquidos industriais.

Custo: Em indústrias de processamento, indústrias químicas, refinarias de petróleo, indústrias petroquímicas, boa parte das indústrias alimentícias e farmacêuticas, o custo das tubulações pode representar 70% do custo dos equipamentos ou 25% do custo total da instalação.

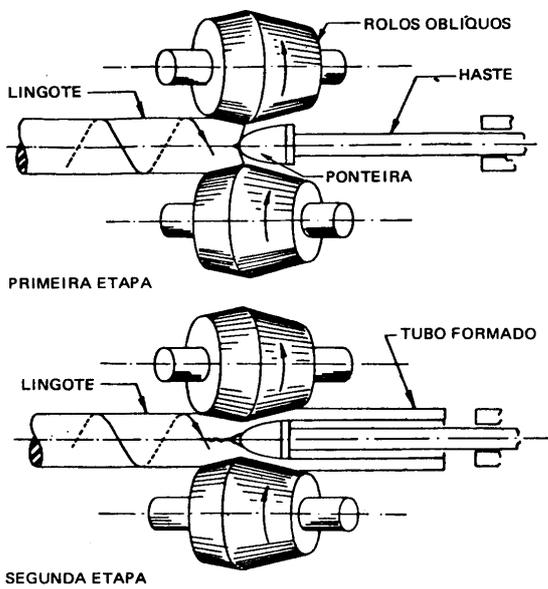


## PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE TUBOS

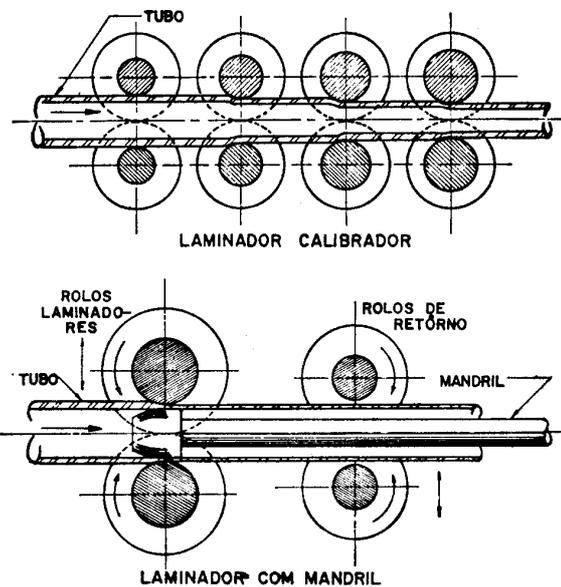


**A QUALIDADE DO TUBO INDEPENDE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO**

### FABRICAÇÃO POR LAMINAÇÃO

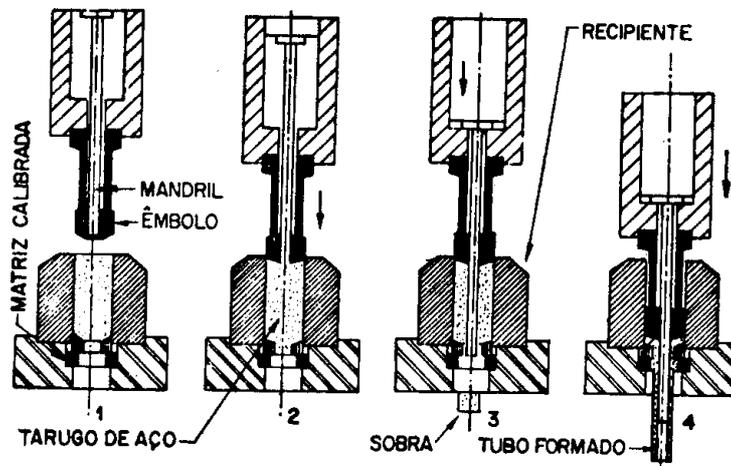


**Laminador Oblíquo  
(Mannesmann)**



**Laminadores de Acabamento**

### FABRICAÇÃO POR EXTRUSÃO



### FABRICAÇÃO POR FUNDIÇÃO

- Ferro Fundido (Nodular)
- Aços especiais não forjáveis
- Concreto
- Cimento-amianto
- Barro-vidrado

### FABRICAÇÃO DE TUBOS COM COSTURA

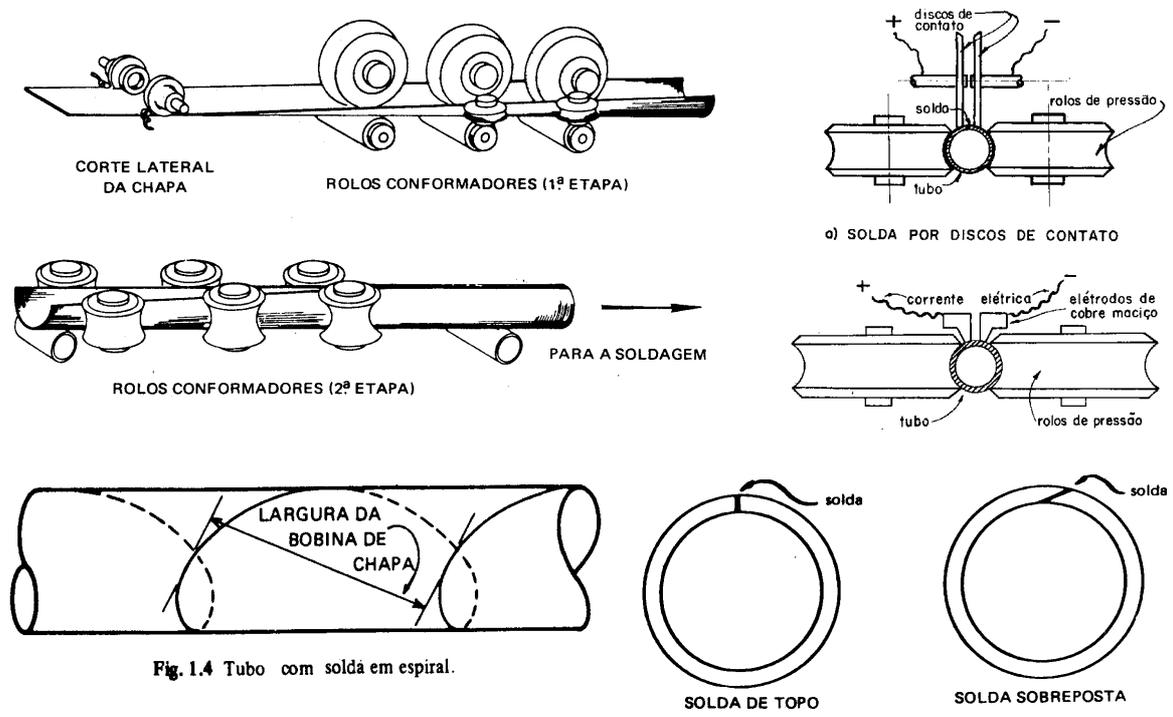
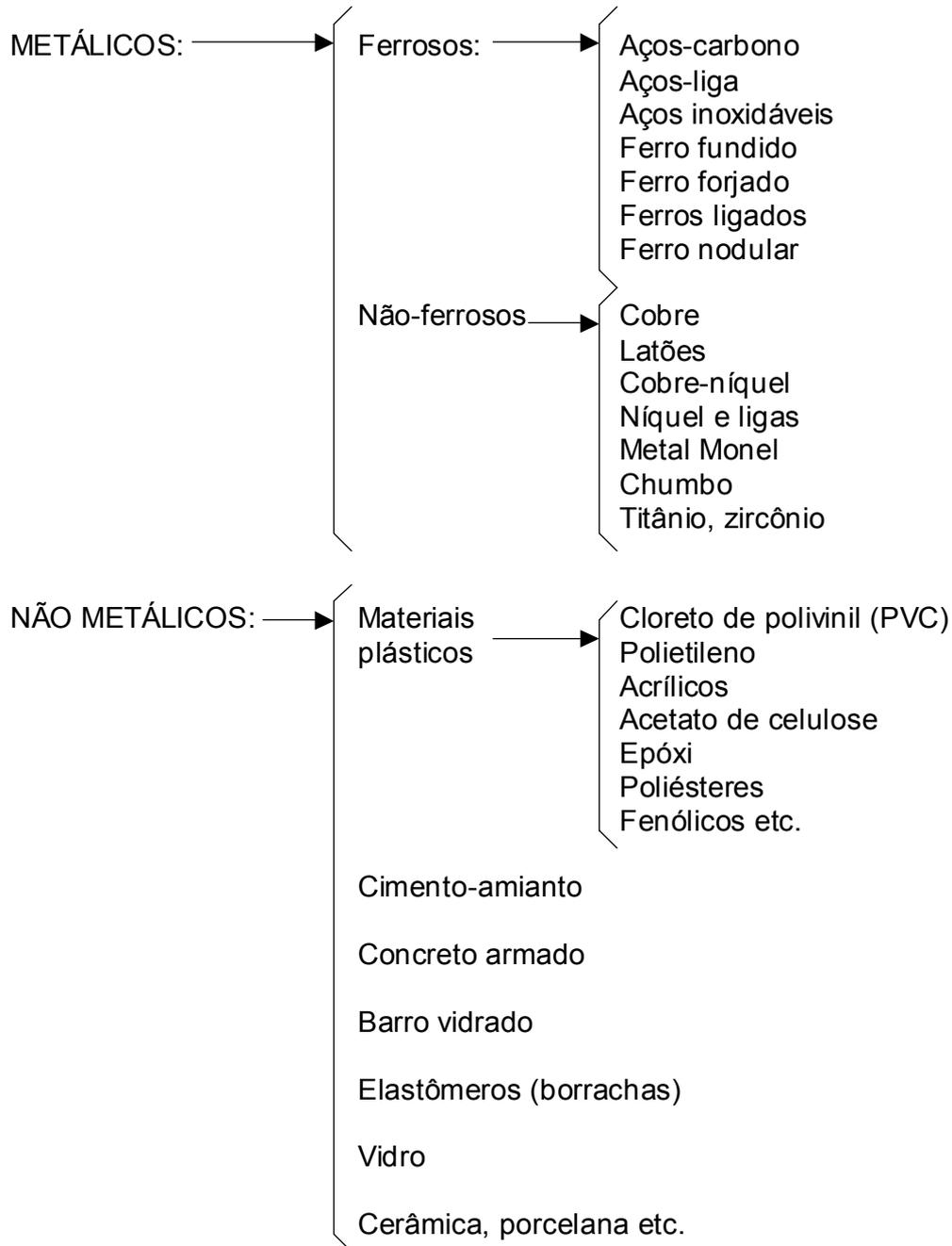


Fig. 1.4 Tubo com solda em espiral.

**MATERIAIS PARA TUBOS**

É muito grande a variedade dos materiais atualmente utilizados para a fabricação de tubos. Só a ASTM especifica mais de 500 tipos diferentes.



A seleção e especificação do material mais adequado para uma determinada aplicação pode ser um problema difícil cuja solução depende de diversos fatores.

## FATORES DE INFLUÊNCIA NA SELEÇÃO DE MATERIAIS

A seleção adequada é um problema difícil porque, na maioria dos casos, os fatores determinantes podem ser conflitantes entre si. Caso típico é corrosão versus custo.

Os principais fatores que influenciam são:

**Fluido conduzido** – Natureza e concentração do fluido Impurezas ou contaminantes; pH; Velocidade; Toxidez; Resistência à corrosão; Possibilidade de contaminação.

**Condições de serviço** – Temperatura e pressão de trabalho. (Consideradas as condições extremas, mesmo que sejam condições transitórias ou eventuais.)

**Nível de tensões do material** – O material deve ter resistência mecânica compatível com a ordem de grandeza dos esforços presentes. ( pressão do fluido, pesos, ação do vento, reações de dilatações térmicas, sobrecargas, esforços de montagem etc.

**Natureza dos esforços mecânicos** – Tração; Compressão; Flexão; Esforços estáticos ou dinâmicos; Choque s; Vibrações; Esforços cíclicos etc.

**Disponibilidade dos materiais** – Com exceção do aço-carbono os materiais tem limitações de disponibilidade.

**Sistema de ligações** – Adequado ao tipo de material e ao tipo de montagem.

**Custo dos materiais** – Fator freqüentemente decisivo. Deve-se considerar o custo direto e também os custos indiretos representados pelo tempo de vida, e os conseqüentes custos de reposição e de paralisação do sistema.

**Segurança** – Do maior ou menor grau de segurança exigido dependerão a resistência mecânica e o tempo de vida.

**Facilidade de fabricação e montagem** – Entre as limitações incluem-se a soldabilidade, usinabilidade, facilidade de conformação etc.

**Experiência prévia** – É arriscado decidir por um material que não se conheça nenhuma experiência anterior em serviço semelhante.

**Tempo de vida previsto** – O tempo de vida depende da natureza e importância da tubulação e do tempo de amortização do investimento. **Tempo de vida para efeito de projeto é de aproximadamente 15 anos.**

## OBSERVAÇÕES SOBRE A SELEÇÃO DE MATERIAIS

Para a solução do problema da escolha dos materiais, a experiência é indispensável e insubstituível ou seja, material para ser bom já deve ter sido usado por alguém anteriormente.

Seguir a experiência é a solução mais segura, embora nem sempre conduza à solução mais econômica.

Resumindo, pode-se indicar a seguinte rotina para seleção de materiais:

**1 – Conhecer os materiais disponíveis na prática e suas limitações físicas e de fabricação.**

**2 – Selecionar o grupo mais adequado para o caso tendo em vista as condições de trabalho, corrosão, nível de tensão etc.**

**3 – Comparar economicamente os diversos materiais selecionados, levando em conta todos os fatores de custo.**

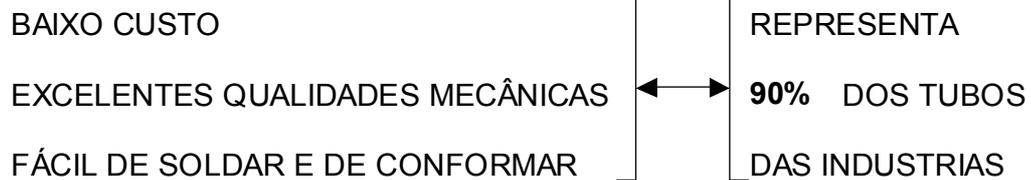
## COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE MATERIAIS

A comparação de custos deve ser feita comparando a relação custo/resistência mecânica ou seja, a comparação deve ser feita entre preços corrigidos que serão os preços por kg multiplicado pelo peso específico e dividido pela tensão admissível de cada material.

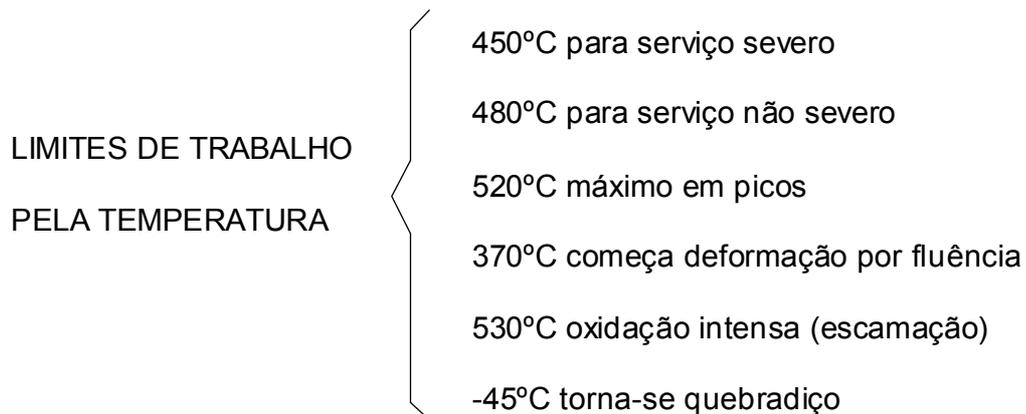
Na comparação de custos dos materiais devem ainda ser levados em consideração os seguintes pontos:

- **Resistência à corrosão** ( sobreespessura de sacrifício ).
- **Maior ou menor dificuldade de solda**
- **Maior ou menor facilidade de conformação e de trabalho**
- **Necessidade ou não de alívio de tensões.**

<b>CUSTO RELATIVO DOS MATERIAIS</b>			
<b>Materiais</b>	<b>Custo Relativo</b>	<b>Materiais</b>	<b>Custo Relativo</b>
<i>Aço-carbono estrutural</i>	<i>1,00</i>	<i>Ferro fundido</i>	<i>0,95</i>
<i>Aço-carbono qualificado</i>	<i>1,15</i>	<i>Alumínio</i>	<i>2,5</i>
<i>Aço-liga 1,25Cr – 0,5 Mo</i>	<i>3,1</i>	<i>Latão de alumínio</i>	<i>7,6</i>
<i>Aço inoxidável tipo 304</i>	<i>11,5</i>	<i>Metal Monel</i>	<i>31,8</i>
<i>Aço inoxidável tipo 316</i>	<i>15,0</i>	<i>Titânio</i>	<i>41,0</i>

**TUBOS DE AÇO-CARBONO** ( Chamados de uso geral)

UTILIZADO PARA: Água doce, vapor, condensado, ar comprimido, óleo, gases e muitos outros fluidos pouco corrosivos.



EXITEM AÇOS-CARBONO ESPECIAIS PARA BAIXAS TEMPERATURAS COM MENOS CARBONO E MAIS MANGANÊS

PARA TEMPERATURAS ABAIXO DE 0°C E ACIMA DE 400°C É RECOMENDADO A UTILIZAÇÃO DE AÇO-CARBONO ACALMADO ( 1% de Si)

O AÇO-CARBONO EXPOSTO À ATMOSFERA SOFRE CORROSÃO UNIFORME (ferrugem) E O CONTATO DIRETO COM O SOLO CAUSA CORROSÃO ALVEOLAR PENETRANTE.

DE UM MODO GERAL O AÇO-CARBONO APRESENTA BAIXA RESISTÊNCIA À CORROSÃO (utiliza-se com revestimento ou joga-se com sobreespessura).

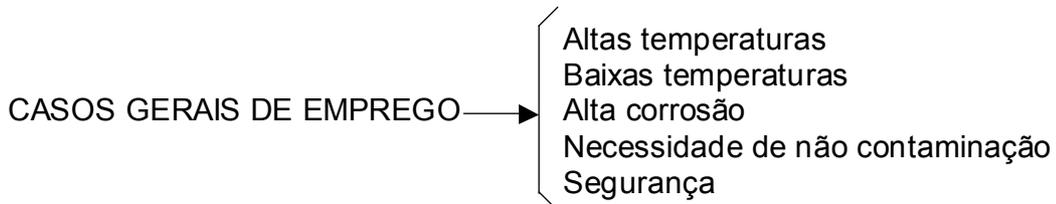
OS RESÍDUOS DE CORROSÃO DO AÇO-CARBONO NÃO SÃO TÓXICOS MAS PODEM AFETAR A COR E O GOSTO DO FLUIDO CONDUZIDO.

O AÇO-CARBONO É VIOLENTAMENTE ATACADO PELOS ÁCIDOS MINERAIS, PRINCIPALMENTE QUANDO DILUIDOS OU QUENTES E SUPORTA RAZOAVELMENTE O SERVIÇO COM ÁLCALIS.

OS TUBOS DE AÇO-CARBONO SÃO COMERCIALIZADOS SEM TRATAMENTO (**TUBO PRETO**) OU PROTEGIDOS COM REVESTIMENTO DE ZINCO DEPOSITADO A QUENTE (**TUBO GALVANIZADO**).

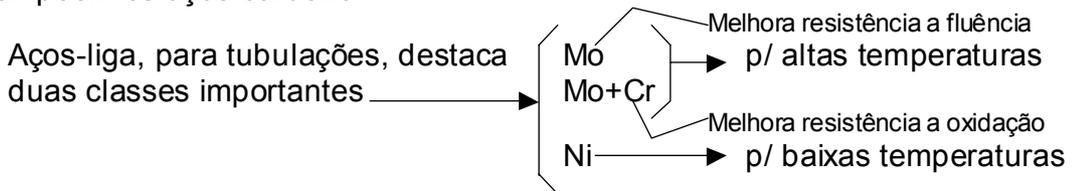
**TUBOS DE AÇOS-LIGA E AÇOS INOXIDÁVEIS**

OS TUBOS DE AÇOS-LIGA OU DE AÇOS INOXIDÁVEIS SÃO BEM MAIS CAROS QUE OS AÇOS-CARBONO, ALÉM DO QUE A SOLDAGEM, CONFORMAÇÃO E MONTAGEM TAMBÉM SÃO MAIS DIFÍCEIS E MAIS CARAS.

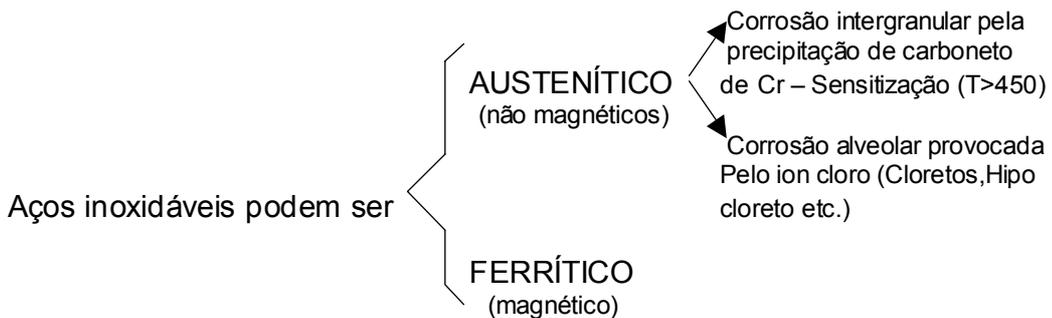


**DEFINIÇÕES:**

Aços-liga são todos os outros aços que contêm outros elementos, além dos que compõem os aços-carbono.



Aços inoxidáveis são os que contêm pelo menos 12% de Cr que lhes conferem a propriedade de não se enferrujarem mesmo em exposição prolongada em uma atmosfera normal.

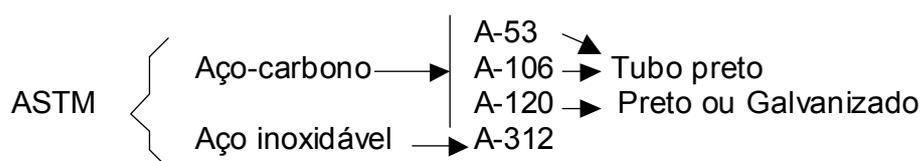


TIPOS DENOMINAÇÃO DO AISI	ESTRUTURA METALURGICA	ELEMENTOS DE LIGA (%)			LIMITES DE T (°C)	
		Cr	Ni	OUTROS	Máxima	Mínima
304	Austenítica	18	8		600	-255
304 L	Austenítica	18	8	C (max.): 0,03	400	sem limite
310	Austenítica	25	20		600	-195
316	Austenítica	16	10	Mo: 2	650	-195
321	Austenítica	17	9	Ti: 0,5	600	-195
405	Ferrítica	12	-	Al:0,2	470	zero

## ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAL PARA TUBOS DE AÇO

**NÃO CONFUNDIR ESPECIFICAÇÃO COM NORMA DIMENSIONAL.**

NO CASO DE TUBOS AS ESPECIFICAÇÕES MAIS COMUNS SÃO:



	C % (máx.)	Mn. %	Si % (mín.)	Ruptura (kg/mm <sup>2</sup> )	Escoamento (kg/mm <sup>2</sup> )
Grau A (baixo carbono)	0,25	0,27 — 0,93	0,10	34	20
Grau B (médio carbono)	0,30	0,29 — 1,06	0,10	41	24
Grau C (médio carbono)	0,35	0,29 — 1,06	0,10	48	27

Tabela de Exemplo para o ASTM A-106

## DIÂMETROS COMERCIAIS DOS TUBOS DE AÇO

Norma ANSI. B.36.10 —————> Aço Carbono e Aço Liga

Norma ANSI. B.36.19 —————> Aço Inoxidáveis

**TODOS OS TUBOS SÃO DESIGNADOS POR UM NÚMERO CHAMADO “DIÂMETRO NOMINAL IPS” (Iron Pipe Size) ou “BITOLA NOMINAL”**

Até 12” o Diâmetro Nominal não corresponde à nenhuma dimensão física do tubo; a partir de 14” o Diâmetro Nominal coincide com o diâmetro externo dos tubos.

### NORMA DIMENSIONAL ABNT

A ABNT ADOTOU A ANSI B.36 DESPREZANDO A POLEGADA DO DIÂMETRO NOMINAL USANDO O NÚMERO COMO DESIGNAÇÃO.

Para cada Diâmetro Nominal fabricam-se tubos com várias espessuras de parede, denominadas “séries” ou “schedule”.

$$\text{Série} = \frac{1000 P}{S}$$

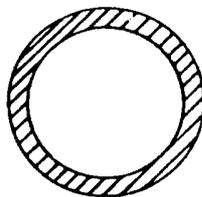
onde: →

P= Pressão interna de trabalho em psig .

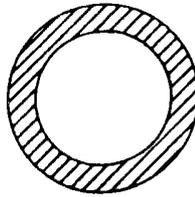
S= Tensão admissível do material em psig

**TABELA DE DIMENSÕES DE TUBOS – ANEXO 1/AULA1**

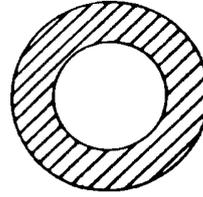
**PARA CADA DIÂMETRO NOMINAL O DIÂMETRO EXTERNO É SEMPRE CONSTANTE, VARIANDO APENAS O DIÂMETRO INTERNO, QUE SERÁ TANTO MENOR QUANTO MAIOR FOR A ESPESSURA DE PAREDE DO TUBO.**



Série 40  
DIA INT. = 1,049"  
ESP = 0,133"



Série 80  
DIA INT. = 0,957"  
ESP = 0,179"



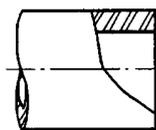
Série 160  
DIA INT. = 0,815"  
ESP = 0,250"

DIÂMETRO EXTERNO = 1,315"

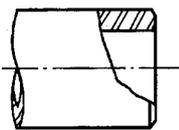
**SEÇÕES TRANSVERSAIS EM TUBOS DE 1" DE DIÂMETRO NOMINAL**

NORMALIZAÇÃO DA ABNT – P-PB-225	
Diâmetros	Séries
1/8", 1/4", 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2", 4", 5", 6", 8", 10", 12", 14", 16", 18", 20", 22", 24", 26", 30" e 36" (OS DIÂMETROS DE 1 1/4", 3 1/2" E 5" SÃO POUCO USADOS NA PRÁTICA)	10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 (NÃO EXISTE DISPONÍVEL NO MERCADO TODAS AS ESPESSURAS PARA TODOS OS DIÂMETROS)

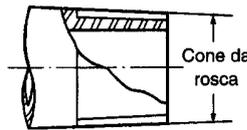
**TIPOS DE PONTAS DE TUBOS**



PONTA LISA



PONTA CHANFRADA



PONTA ROSQUEADA

**TABELA DE DIMENSÕES DE ROSCAS – ANEXO 2/AULA1**

## DIMENSIONAMENTO DO DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

**NA MAIORIA DOS CASOS É  
UM PROBLEMA  
HIDRÁULICO EM FUNÇÃO:**

Da vazão necessária de fluido  
Das diferenças de cotas existentes  
Das pressões disponíveis  
Das velocidades e perdas de carga admissíveis  
Da natureza do fluido  
Do material e tipo da tubulação

**EXCEÇÕES**

Diâmetro do bocal do equipamento (TUBOS CURTOS)  
Vão entre os suportes (VAZÕES PEQUENAS)

### O CÁLCULO É FEITO POR APROXIMAÇÕES SUCESSIVAS

**CÁLCULO DO DIÂMETRO**

Função das velocidades de escoamento  
ou  
Das perdas de carga

### TABELA DE VELOCIDADES ECONÔMICAS – ANEXO 3/AULA1

É PRECISO EVITAR VELOCIDADES ALTAS PORQUE PODE CAUSAR VIBRAÇÕES NA TUBULAÇÃO

**GRANDEZAS CONHECIDAS**  
(Cálculo da perda de carga)

Vazão  
Cota e pressão dos pontos extremos  
Natureza do líquido ( $\gamma, \nu, P_v$ )  
Comprimento equivalente

1. QUANTO MAIOR A PERDA DE CARGA MAIOR A ENERGIA PERDIDA
2. PARA DIMINUIR A PERDA DE CARGA É PRECISO AUMENTAR O DIÂMETRO
3. **RESULTA EM UM PROBLEMA ECONÔMICO**

**CALCULADO O DIÂMETRO EM FUNÇÃO DO ESCOAMENTO É PRECISO ADEQUAR O VALOR ENCONTRADO COM AS DIMENSÕES NORMALIZADAS PARA FABRICAÇÃO DE TUBOS.**

## **CÁLCULO DA ESPESSURA DA PAREDE DO TUBO**

( Em função da pressão interna)

$$t_1 = \frac{PD}{2S_h}; \text{ Onde } \rightarrow \begin{cases} t_1 = \text{Espessura da parede} \\ P = \text{Pressão interna} \\ D = \text{Diâmetro externo} \\ S_h = \text{Tensão admissível do material na temperatura de projeto} \end{cases}$$

**SÓ PODE SER UTILIZADA SE O DIÂMETRO EXTERNO FOR MAIOR QUE 6 (seis) VEZES A ESPESSURA DA PAREDE**

## **CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAREDE (Norma ANSI/ASME. B.31)**

$$t = \frac{PD}{2(S_h E + PY)} + C, \quad \text{ou} \quad t = \frac{Pd}{2(S_h E + PY - P)} + C$$

**Onde:**

*P* = pressão interna de projeto.

*D* = diâmetro externo; *d* = diâmetro interno

*S<sub>h</sub>* = tensão admissível do material na temperatura de projeto.

*E* = coeficiente de eficiência de solda:

*E*=1 Para tubos sem costura e tubos com costura por solda de topo, totalmente radiografa.

*E*=0,9 Para tubos com costura por solda de topo, radiografia parcial

*E*=0,85 Idem, sem radiografia, solda pelos dois lados.

*E*=0,8 Idem, Idem, solda por um só lado.

*Y* = coeficiente de redução de acordo com o material e a temperatura.

*Y*=0,4 Para tubos de aço carbono e outros aços ferríticos, em temperaturas de até 485 °C.

*Y*=0 Para tubos de ferro fundido.

*C* = soma das sobreespessura para corrosão, erosão e abertura de roscas.

**AS FÓRMULAS NÃO PODEM SER APLICADAS QUANDO  $P/SE > 0,385$  E TAMBÉM QUANDO  $t > D/6$**

**A SOBREESSPURA PARA CORROSÃO E EROSÃO SERÁ O PRODUTO DA TAXA ANUAL DE CORROSÃO PELO NÚMERO DE ANOS DA VIDA ÚTIL; PARA TUBULAÇÕES EM GERAL, TOMA-SE DE 10 A 15 ANOS DE VIDA ÚTIL.**

NA FALTA DE DADOS, PARA O AÇO CARBONO E AÇOS DE BAIXA LIGA, CONSIDERA-SE:	1. 1,2 mm como valor mínimo para a sobreespessura de corrosão
	2. 2,0 mm em serviços de média corrosão
	3. até 4,0 mm em serviços de alta corrosão

## DEFINIÇÃO DE UM TUBO

(Especificação para Compra)

DIÂMETRO NOMINAL

NÚMERO DE SÉRIE

TIPO DE EXTREMIDADE → 

Ponta lisa
Ponta chanfrada (especificada)
Ponta rosqueada (especificada)

PROCESSO DE FABRICAÇÃO (com ou sem costura)

ESPECIFICAÇÃO DO MATERIAL

TIPO DE ACABAMENTO OU DE REVESTIMENTO

QUANTIDADE → 

Normalmente indica-se a quantidade total em unidade de comprimento ou em peso. A indicação do comprimento da vara de tubo não é importante porque pode haver variação, em função do processo de fabricação
--

## TUBOS DE FERRO FUNDIDO

SÃO USADOS PARA ÁGUA, GÁS, ÁGUA SALGADA E ESGOTOS, EM SERVIÇOS DE BAIXA PRESSÃO, TEMPERATURA AMBIENTE E SEM GRANDES ESFORÇOS MECÂNICOS.

### ÓTIMA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO SOLO

OS TUBOS DE MELHOR QUALIDADE SÃO FABRICADOS EM MOLDES CENTRIFUGADOS

SÃO PADRONIZADOS PELO DIÂMETRO EXTERNO DE 2" A 48" COM AS

EXTREMIDADES → 

Lisa
Flange Integral
Ponta e Bolsa

SEGUEM AS NORMAS EB-43 e P-EB-137 DA ABNT E SÃO TESTADOS PARA PRESSÕES DE ATÉ 3 MPa ( $\approx 30 \text{ Kgf/cm}^2$ )

**FERRO FUNDIDO NODULAR** → Adição de Si, Cr ou Ni → Aumenta a resistência mecânica.

## TUBOS DE METAIS NÃO-FERROSOS

DE UM MODO GERAL SÃO DE POUCA UTILIZAÇÃO  
DEVIDO AO ALTO CUSTO

Comparação geral com o Aço Carbono:

NÃO-FERROSOS →

- Melhor resistência à corrosão
- Preço mais elevado
- Menor resistência mecânica
- Menor resistência às altas temperaturas
- Melhor comportamento em baixas temperaturas

### COBRE E SUAS LIGAS

Excelente resistência ao ataque →

- Da atmosfera
- Da água, inclusive salgada
- Dos álcalis e dos ácidos diluídos
- De muitos compostos orgânicos
- De numerosos outros fluidos corrosivos

Severo efeito de corrosão sob-tensão quando em contato com: →

- Amônia
- Aminas
- Compostos Nitrados

DEVIDO AO ALTO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO DE CALOR SÃO MUITO EMPREGADOS EM SERPENTINAS, COMO TUBOS DE AQUECIMENTO OU REFRIGERAÇÃO

**NÃO DEVEM SER EMPREGADOS PARA PRODUTOS ALIMENTARES OU FARMACÊUTICOS PELO FATO DE DEIXAREM RESÍDUOS TÓXICOS PELA CORROSÃO**

#### PRINCIPAIS ESPECIFICAÇÕES DA ASTM

- Tubos de Cobre    B.68, B.75, B.88
- Tubos de Latão    B.111
- Tubos de Cobre-níquel    B.466

## ALUMÍNIO E SUAS LIGAS

Muito boa resistência ao contato com: →

A atmosfera  
A água  
Muitos compostos orgânicos,  
inclusive ácidos orgânicos

A RESISTÊNCIA MECÂNICA É MUITO BAIXA  
(A adição de Si, Mg ou Fe melhora a resistência mecânica)

DEVIDO AO ALTO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO DE CALOR SÃO MUITO EMPREGADOS EM SERPENTINAS, COMO TUBOS DE AQUECIMENTO OU REFRIGERAÇÃO

**OS RESÍDUOS RESULTANTE DA CORROSÃO NÃO SÃO TÓXICOS**

PRINCIPAL ESPECIFICAÇÃO É A ASTM B.111

## CHUMBO

CARACTERÍSTICAS →

Baixa resistência mecânica  
Pesado  
excepcional resistência à corrosão  
Pode trabalhar com  $H_2SO_4$  em qualquer concentração

## NÍQUEL E SUAS LIGAS

APRESENTAM SIMULTANEAMENTE EXCEPCIONAL RESISTÊNCIA À CORROSÃO, E MUITO BOAS QUALIDADES MECÂNICAS E DE RESISTÊNCIA ÀS TEMPERATURAS, TANTO ELEVADAS COMO BAIXAS.

PRINCIPAIS TIPOS →

Níquel Comercial  
Metal Monel (67% Ni, 30% Cu)  
Inconel (80% Ni, 20% Cr)

## TITÂNIO, ZIRCÔNIO E SUAS LIGAS

MATERIAIS COM PROPRIEDADES EXTRAORDINÁRIAS TANTO DE RESISTÊNCIA À CORROSÃO, COMO RESISTÊNCIA ÀS TEMPERATURAS E QUALIDADES MECÂNICAS; ALÉM DISSO O PESO ESPECÍFICO É CERCA DE 2/3 DO PESO DOS AÇOS.

**A PRINCIPAL DESVANTAGEM É O PREÇO EXTREMAMENTE ELEVADO**

## TUBOS NÃO-METÁLICOS

### PLÁSTICOS (GRUPO MAIS IMPORTANTE)

A UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PLÁSTICO TEM CRESCIDO NOS ÚLTIMOS ANOS, PRINCIPALMENTE COMO SUBSTITUTOS PARA OS AÇOS INOXIDÁVEIS

VANTAGENS →

- Pouco peso
- Alta resistência à corrosão
- Coeficiente de atrito muito baixo
- Facilidade de fabricação e manuseio
- Baixa condutividade térmica e elétrica
- Cor própria e permanente

DESVANTAGENS →

- Baixa resistência ao calor
- Baixa resistência mecânica
- Pouca estabilidade dimensional
- Insegurança nas informações técnicas
- Alto coeficiente de dilatação
- Alguns plásticos podem ser combustíveis

PLÁSTICOS →

TERMOPLÁSTICOS (para dia. pequenos)	Polímeros de cadeia reta (Podem ser moldados pelo calor)
TERMOESTÁVEIS (Termofixos) (para dia. Grandes)	Polímeros de cadeia ramificada (Não podem ser moldados)

PLÁSTICO	AÇO CARBONO
RESISTEM AOS ÁCIDOS E ÁLCALIS DILUIDOS	NÃO RESISTEM AOS ÁCIDOS E ÁLCALIS DILUIDOS
NÃO RESISTEM AOS ÁCIDOS E ÁLCALIS CONCENTRADOS	RESISTEM AOS ÁCIDOS E ÁLCALIS CONCENTRADOS

QUASE TODOS OS PLÁSTICOS SOFREM UM PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO LENTA QUANDO EXPOSTOS POR MUITO TEMPO À LUZ SOLAR ( Ação dos raios U.V.)

**CIMENTO-AMIANTO** - (ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA COM ARMAÇÃO DE FIBRAS DE AMIANTO)

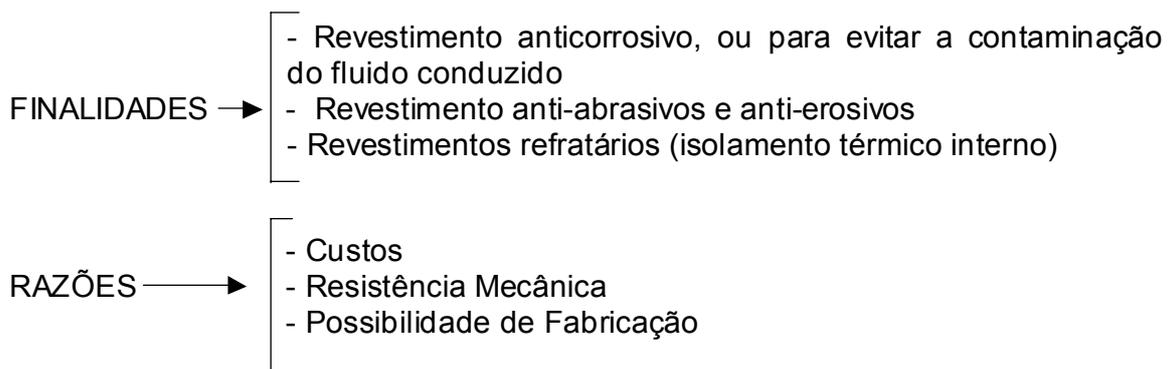
**CONCRETO ARMADO**

**BARRO VIDRADO** (MANILHAS)

**VIDRO, CERÂMICA**

**BORRACHAS** (MANGEIRAS E MANGOTES)

## **TUBOS DE AÇO COM REVESTIMENTO INTERNO**



**PRINCIPAIS DIFICULDADES: MONTAGEM E SOLDAGEM**

# **AULA 1**

*Referente aos Capítulos 1 e 2 do Livro Texto*

## 5. TUBOS DE AÇO - DIMENSÕES NORMALIZADAS

## 5.1. Tubos de Acordo com as Normas ANSI B.36.10 e B.36.19 ( v. Nota 1)

Dimensões normalizadas e principais características físicas para os diâmetros e espessuras mais usuais dos tubos de aço, de acordo com as normas ANSI B.36.10 (para tubos de aço-carbono e aços de baixa liga), e ANSI B.36.19 (para tubos de aços inoxidáveis)  
(V. Nota na página 19)

Diâmetro nominal (pol.) - Diâmetro externo (mm) (v. Nota 5)	Designação de espessura (v. Nota 3)	Espessura de Parede (mm) (v. Nota 4)	Diâmetro interno (mm)	Área de secção livre (cm <sup>2</sup> )	Área de secção de metal (cm <sup>2</sup> )	Superfície externa (m <sup>2</sup> /m)	Peso aprox. (kg/m)		Seção transversal		
							Tubo vazio (v. Nota 6)	Conteúdo de água (v. Nota 7)	Momento de inércia (cm <sup>4</sup> )	Momento resistente (cm <sup>3</sup> )	Raio de giração (cm)
1/4 -	10S	1,65	10,4	0,85	0,62	0,043	0,49	0,085	0,116	0,169	0,430
	Std.40,40S	2,23	9,2	0,67	0,81		0,62	0,067	0,138	0,202	0,413
	XS,80,80S	3,02	7,7	0,46	1,01		0,79	0,046	0,157	0,229	0,393
3/8 -	10S	1,65	13,8	1,50	0,81	0,054	0,63	0,150	0,236	0,285	0,551
	Std.40,40S	2,31	12,5	1,23	1,08		0,84	0,123	0,304	0,354	0,531
	XS,80,80S	3,20	10,7	0,91	1,40		1,10	0,090	0,359	0,419	0,506
1/2 -	Std.40,40S	2,77	15,8	1,96	1,61	0,071	0,42	0,20	0,71	0,67	0,66
	XS,80,80S	3,73	13,8	1,51	2,06		1,62	0,15	0,84	0,78	0,64
	160	4,75	11,8	1,10	2,47		1,94	0,11	0,92	0,86	0,61
21	XXS	7,47	6,4	0,32	3,52		2,55	0,03	1,01	0,95	0,56
3/4 -	Std.40,40S	2,87	20,9	3,44	2,15	0,083	1,68	0,34	1,54	1,16	0,85
	XS,80,80S	3,91	18,8	2,79	2,80		2,19	0,28	1,86	1,40	0,82
	160	5,54	15,6	1,91	3,68		2,88	0,19	2,19	1,65	0,77
27	XXS	7,82	11,0	0,95	4,63		3,63	0,10	2,41	1,81	0,72
1 -	Std.40,40S	2,87	26,6	5,57	3,19	0,105	2,50	0,56	2,64	2,18	1,07
	XS,80,80S	4,55	24,3	4,64	4,12		3,23	0,46	4,40	2,63	1,03
	160	6,35	20,7	3,37	5,39		4,23	0,34	5,21	3,12	0,98
33	XXS	9,09	15,2	1,82	6,94		5,44	0,18	5,85	3,50	0,92
11/4 -	Std.40,40S	3,56	35,0	9,65	4,32	0,132	3,38	0,96	8,11	3,85	1,37
	XS,80,80S	4,85	32,5	8,28	5,68		4,46	0,83	10,06	4,77	1,33
	160	6,35	29,4	6,82	7,14		5,60	0,68	11,82	5,61	1,29
42	XXS	9,70	22,7	4,07	9,90		7,76	0,41	14,19	6,74	1,20
11/2 -	Std.40,40S	3,68	40,8	13,1	5,15	0,151	4,04	1,31	12,90	5,34	1,58
	XS,80,80S	5,08	38,1	11,4	6,89		5,40	1,14	16,27	6,75	1,54
	160	7,14	33,9	9,07	9,22		7,23	0,91	20,10	8,33	1,48
48	XXS	10,16	27,9	6,13	12,2		9,53	0,61	23,64	9,80	1,39
2 -	Std.40,40S	3,91	52,5	21,7	6,93	0,196	5,44	2,17	27,72	9,20	2,00
	XS,80,80S	5,54	49,2	19,0	9,53		7,47	1,90	36,13	11,98	1,95
	160	8,71	42,9	14,4	14,1		11,08	1,44	48,41	16,05	1,85
60	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1		13,44	1,14	54,61	18,10	1,79
21/2 -	Std.40,40S	5,16	62,7	30,9	11,0	0,235	8,62	3,09	63,68	17,44	2,41
	XS,80,80S	7,01	59,0	27,3	14,5		11,40	2,73	80,12	21,95	2,35
	160	9,52	54,0	22,9	19,0		14,89	2,29	97,94	26,83	2,27
73	XXS	14,0	44,9	15,9	26,0		20,39	1,59	119,5	32,75	2,14
3 -	10S	3,05	82,8	53,9	8,22	0,282	6,44	5,39	75,84	17,06	3,04
	Std.40,40S	5,48	77,9	47,7	14,4		11,28	4,77	125,70	28,26	2,96
	XS,80,80S	7,62	73,6	42,6	19,5		15,25	4,26	162,33	36,48	2,89
89	160	11,1	66,7	34,9	27,2		21,31	3,49	209,36	47,14	2,78
	XXS	15,2	58,4	26,8	35,3		27,65	2,68	249,32	56,22	2,66
4 -	10S	3,05	108,2	91,9	10,6	0,361	8,35	9,19	164,83	28,88	3,93
	Std.40,40S	6,02	102,3	82,1	20,4		16,06	8,21	300,93	52,61	3,84
	XS,80,80S	8,56	97,2	74,2	28,4		22,29	7,42	399,99	69,99	3,75
114	160	13,5	87,3	59,9	42,7		33,49	5,99	552,34	96,70	3,60
	XXS	17,1	80,1	50,3	52,3		40,98	5,03	636,42	111,29	3,49
6 -	10S	3,40	161,4	204,5	17,6	0,535	13,82	20,45	599,37	71,30	5,83
	Std.40,40S	7,11	154,0	186,4	36,0		28,23	18,64	1.171,3	139,32	5,70
	XS,80,80S	10,97	146,3	168,2	54,2		42,51	16,82	1.685,7	200,45	5,58
168	120	14,3	139,7	153,4	69,0		54,15	15,34	2.064,5	245,52	5,47
	160	18,2	131,8	136,4	86,0		67,41	13,64	2.455,8	291,91	5,34
	XXS	21,9	124,4	121,5	100,9		79,10	12,15	2.759,6	328,29	5,23
8 -	10S	3,76	211,5	351,6	25,4	0,692	19,93	35,16	1.473,4	134,56	7,62
	Std.40,40S	8,18	202,7	322,6	54,2		42,48	32,26	3.017,7	275,52	7,46
	60	10,3	198,4	309,1	67,6		53,03	30,91	3.696,1	337,31	7,39
219	XS,80,80S	12,7	193,7	294,8	82,3		64,56	29,48	4.399,5	401,88	7,31
	120	18,2	182,6	261,9	115,1		90,22	26,19	5.852,2	534,31	7,13
	160	22,2	174,6	239,4	137,4		107,8	23,94	6.742,9	616,26	7,00
		23,0	173,1	235,5	141,7		111,1	23,55	6.905,3	631,02	6,98

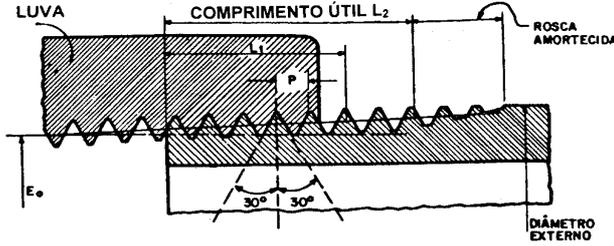
## 5. TUBOS DE AÇO – DIMENSÕES NORMALIZADAS (Continuação)

Diâmetro nominal (pol.) - Diâmetro externo (mm) (v. Nota 5)	Designação de espessura (v. Nota 3)	Espessura de Parede (mm) (v. Nota 4)	Diâmetro interno (mm)	Área de seção livre (cm <sup>2</sup> )	Área de seção de metal (cm <sup>2</sup> )	Superfície externa (m <sup>2</sup> /m)	Peso aprox. (kg/m)		Seção transversal		
							Tubo vazio (v. Nota 6)	Conteúdo de água (v. Nota 7)	Momento de inércia (cm <sup>4</sup> )	Momento resistente (cm <sup>3</sup> )	Raio de giração (cm)
10	5S	3,40	266,2	556,8	29,2	0,858	22,54	55,68	2.651,4	194,22	9,53
	10S	4,19	264,7	550,3	35,4		27,83	55,03	3.200,8	234,38	9,50
	Std, 40, 40S	9,27	254,5	509,1	76,8		60,23	50,91	6.692,9	490,06	9,32
	XS, 60, 80S	12,7	247,6	481,9	103,9		81,45	48,19	8.824,1	645,77	9,22
	80	15,1	242,9	463,2	122,1		95,72	46,32	10.193	747,38	9,14
	120	21,4	230,2	416,1	169,3		132,7	41,61	13.486	988,32	8,94
273	160	28,6	215,9	365,8	219,4	172,1	36,58	16.607	1.217,8	8,71	
12	5S	4,19	315,5	782,0	42,1	1,018	29,11	78,20	5.377,7	332,23	11,30
	10S	4,57	314,7	778,1	45,9		36,00	77,81	5.848,0	361,07	11,28
	20	6,35	311,1	780,7	63,5		49,70	76,07	7.987,5	493,34	11,23
	Std, 30	9,52	304,8	729,6	94,1		73,74	72,96	11.675	717,88	11,13
	40, 40S	10,3	303,2	722,0	101,5		79,65	72,20	12.487	771,97	11,10
	XS 80S	12,7	298,4	699,4	124,1		97,34	69,94	15.067	929,31	11,00
324	60	14,3	295,3	685,2	138,8	1,118	108,8	68,52	16.691	1.029,3	10,95
	80	17,4	288,9	655,5	168,0		131,7	65,55	19.771	1.221,1	10,85
	100	25,4	273,0	585,8	238,1		186,7	58,58	26.722	1.650,5	10,59
	10	6,35	342,9	923,3	69,7		54,62	92,33	10.630	598,24	12,34
	Std, 30	9,52	336,5	889,7	103,5		81,20	88,97	15.525	873,59	12,24
	40	11,1	333,4	872,9	120,1		94,29	87,29	17.856	1.003,1	12,19
356	XS	12,7	330,2	856,2	136,8	1,277	107,3	85,62	20.145	1.132,5	12,14
	60	15,1	325,5	832,3	161,2		126,3	83,23	23.392	1.316,1	12,04
	80	19,0	317,5	791,7	201,3		157,9	79,17	28.595	1.609,5	11,91
	100	23,8	308,0	745,2	248,4		194,5	74,52	34.339	1.930,7	11,76
	10	6,35	393,7	1.217,5	79,8		62,57	121,7	15.983	786,72	14,15
	Std, 30	9,52	387,3	1.178,1	118,8		93,12	117,8	23.392	1.152,2	14,05
406	XS, 40	12,7	381,0	1.140,1	157,1	1,436	123,2	114,0	30.468	1.499,7	13,92
	60	16,6	373,1	1.093,0	203,9		159,9	109,3	38.834	1.911,1	13,79
	80	21,4	363,6	1.038,1	258,7		203,0	103,8	48.158	2.370,0	13,64
	100	26,2	354,0	984,6	312,9		245,3	98,46	56.815	2.796,1	13,46
	10	6,35	444,5	1.551,7	89,9		70,52	155,2	22.851	999,79	15,95
	Std, 20	9,52	438,1	1.507,8	133,9		105,0	150,8	33.589	1.468,5	15,82
457	XS	12,7	431,8	1.464,6	177,4	1,597	139,0	146,5	43.829	1.917,6	15,72
	40	14,3	428,6	1.443,3	198,7		155,9	144,3	48.782	2.133,9	15,67
	60	19,0	419,1	1.379,4	261,9		205,6	137,9	63.059	2.758,4	15,49
	80	23,8	409,6	1.317,5	323,9		254,1	131,7	76.337	3.340,3	15,34
	100	29,4	398,5	1.247,2	394,8		309,4	124,7	90.738	3.969,7	15,16
	10	6,35	495,3	1.926,6	100,1		78,46	192,7	31.509	1.240,7	17,73
508	Std, 30	9,52	488,9	1.877,5	149,2	1,914	116,9	187,7	46.368	1.825,8	17,63
	XS, 30	12,7	482,6	1.829,1	197,4		154,9	182,9	60.645	2.388,0	17,53
	40	15,1	477,9	1.793,6	233,5		182,9	179,4	70.926	2.792,9	17,42
	60	20,6	466,7	1.711,1	315,5		247,6	171,1	93.943	3.699,2	17,25
	80	26,2	455,6	1.630,4	396,1		310,8	163,0	115.379	4.543,3	17,07
	100	32,5	442,9	1.540,7	485,8		381,1	154,1	138.188	5.441,5	16,84
610	10	6,35	596,9	2.800,2	120,3	2,393	94,35	280,0	54.776	1.796,3	21,34
	Std, 20	9,52	590,5	2.742,1	179,5		140,8	274,2	80.873	2.482,8	21,21
	XS	12,7	584,2	2.677,6	238,1		186,7	267,8	106.139	2.653,5	21,11
	40	17,4	574,7	2.593,7	324,5		254,7	259,4	142.351	4.674,4	20,96
	60	24,6	560,4	2.464,6	451,6		354,3	246,5	193.547	6.359,3	20,70
	80	30,9	547,7	2.355,0	562,6		440,9	235,5	236.002	7.752,5	20,50
762	100	38,9	531,8	2.219,5	697,5	546,7	221,9	285.118	9.358,7	20,22	
	10	7,92	746,1	4.374,4	187,7	147,2	437,4	133.609	3.507,5	26,67	
	20	12,7	736,6	4.264,8	298,7	234,4	426,5	209.779	5.507,0	26,49	
30	15,9	730,2	4.187,3	371,6	371,6	291,8	418,7	258.895	6.801,8	26,39	

- vota:
- Esta tabela inclui tubos de todos os tipos de aços: aço-carbono e aços de baixa liga (norma ANSI B.36.10), e aços inoxidáveis (norma ANSI B.36.19).
  - A norma ANSI B.36.19 só abrange tubos até o diâmetro nominal de 12".
  - As designações "Std", "XS" e "XXS" correspondem às espessuras denominadas "standard", "extra-forte" e "duplo extra-forte" da norma ANSI B.36.10. As designações 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120 e 160 são os "números de série" (schedule number) dessa mesma norma. As designações 5S, 10S, 20S, 40S e 80S são da norma ANSI B.36.19 para tubos de aços inoxidáveis.
  - As espessuras em mm indicadas na tabela são os valores nominais; as espessuras mínimas correspondentes dependerão das tolerâncias de fabricação, que variam com o processo de fabricação do tubo. Para tubos sem costura a tolerância usual é  $\pm 12,5\%$  do valor nominal.
  - Nesta tabela estão omitidos alguns diâmetros e espessuras não usuais na prática. Para a tabela completa, contendo todos os diâmetros e espessuras, consulte as normas ANSI B.36.10 e ANSI B.36.19.
  - Os pesos indicados nesta tabela correspondem aos tubos de aço-carbono ou de aços de baixa liga. Os tubos de aços inoxidáveis ferríticos pesam 5% menos, e os inoxidáveis austeníticos cerca de 2% mais.
  - Esses mesmos números representam também a vazão em l/seg. para a velocidade de 1 m/seg.

6. ROSCAS PARA TUBOS

a) Rosca americana NPT (De acordo com a norma ANSI B.2.1)



$$E_0 = D - (0,05D + 1,1) P$$

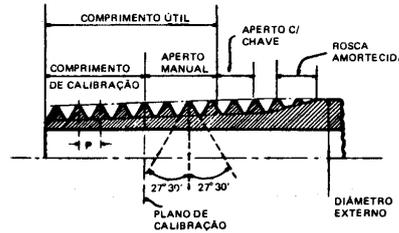
$$L_2 = (0,80 \times \text{Diâm. ext.} + 6,8)P$$

Altura do filete = 0,8 P  
Conicidade da rosca: 1 : 16

Diâmetro nominal do tubo (pol.)	Diâmetro externo de tubo (pol.)	Número de fios por polegada	Passo P (pol.)	Altura do filete (pol.)	Diâmetro médio na ponta da rosca F <sub>0</sub> (pol.)	Comprimento de aperto manual L <sub>1</sub>		Comprimento útil da rosca L <sub>2</sub>	
						(pol.)	fios	(pol.)	fios
1/4	0,540	18	0,05556	0,04444	0,47739	0,228	4,10	0,4018	7,23
3/8	0,675	18	0,05556	0,04444	0,61201	0,240	4,32	0,4078	7,34
1/2	0,840	14	0,07143	0,05714	0,75843	0,320	4,48	0,5337	7,47
3/4	1,050	14	0,07143	0,05714	0,96768	0,339	4,75	0,5457	7,64
1	1,315	11 1/2	0,08696	0,06957	1,21363	0,400	4,60	0,6828	7,85
1 1/4	1,660	11 1/2	0,08696	0,06957	1,55713	0,420	4,83	0,7068	8,13
1 1/2	1,900	11 1/2	0,08696	0,06957	1,79609	0,420	4,83	0,7235	8,32
2	2,375	11 1/2	0,08696	0,06957	2,26902	0,436	5,01	0,7565	8,70
2 1/2	2,875	8	0,12500	0,10000	2,71953	0,682	5,46	1,1375	9,10
3	3,500	8	0,12500	0,10000	3,34062	0,766	6,13	1,2000	9,60
4	4,500	8	0,12500	0,10000	4,33438	0,844	6,75	1,3000	10,40

b) Rosca "Withworth" (De acordo com as normas PB-14, ISSO R-7 e DIN-259)

(Denominada "Rosca gás")



Conicidade da rosca: 1 : 16

Diâmetro nominal do tubo (pol.)	Número de fios por pol.	Passo P (mm)	Altura do filete (mm)	Diâmetro no plano de calibração (mm)		Comprimento de calibração (mm)		Comprimento útil da rosca (mm)		Comprimento de aperto manual		Comprimento de aperto com chave	
				Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	(mm)	fios	(mm)	fios
1/4	19	1,337	0,856	13,157	11,445	7,3	4,7	11,0	8,4	3,7	2 3/4	2,0	1 1/2
3/8	19	1,337	0,856	16,862	14,950	7,7	5,1	11,4	8,8	3,7	2 3/4	2,0	1 1/2
1/2	14	1,814	1,162	20,955	18,631	10,0	6,4	15,0	11,4	5,0	2 3/4	2,7	1 1/2
3/4	14	1,814	1,162	26,441	24,117	11,3	7,7	16,3	12,7	5,0	2 3/4	2,7	1 1/2
1	11	2,309	1,479	33,249	30,291	12,7	8,1	19,1	14,5	6,4	2 3/4	3,5	1 1/2
1 1/4	11	2,309	1,479	41,910	38,952	15,0	10,4	21,4	16,8	6,4	2 3/4	3,5	1 1/2
1 1/2	11	2,309	1,479	47,803	44,845	15,0	10,4	21,4	16,8	6,4	2 3/4	3,5	1 1/2
2	11	2,309	1,479	59,614	56,656	18,2	13,6	25,7	21,1	7,5	3 1/4	4,6	2
2 1/2	11	2,309	1,479	76,184	72,226	21,0	14,0	30,2	23,2	9,2	4	5,8	2 1/2
3	11	2,309	1,479	87,884	84,926	24,1	17,1	33,3	26,3	9,2	4	5,8	2 1/2
4	11	2,309	1,479	113,030	110,072	28,9	21,9	39,3	32,3	10,4	4 1/2	6,9	3

ANEXO 2 – Livro de Tabelas (pág. 23)

Folha 1 de 1

## VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA TUBULAÇÕES

Fluido	Material dos Tubos	Velocidade (m/s)
Água doce -redes em cidades -redes em instalações industriais - alimentação de caldeiras - sucção de bombas	Aço-carbono idem idem idem	1 a 2 2 a 3 4 a 8 1 a 1,5
Água salgada idem idem idem idem Amônia (gás) Amônia (líquido)	{ Aço com revestimento Latão Cobre-níquel 90-10 Metal Monel, cobre-níquel 70-30 Aço-carbono Aço-carbono	1,5 a 2,5 1,5 (máximo) 3 (máximo) 4 (máximo) 25 a 35 2
Ar comprimido Ácido sulfúrico idem, concentrado	Aço-carbono Chumbo Aço-carbono	15 a 20 1 a 1,2 1 a 1,2
Acetileno Cloro (líquido) Cloro (gás) Cloreto de cálcio Cloreto de sódio Tetra-cloreto de carbono	Aço-carbono idem idem idem idem idem	20 a 25 1,5 a 2 15 a 20 1,5 1,5 a 2 2
Hidrocarbonetos líquidos em instalações industriais - linhas de sucção - linhas de recalque Hidrocarbonetos gasosos em instalações industriais	Aço (qualquer tipo) Aço (qualquer tipo) Aço (qualquer tipo)	1 a 2 1,5 a 2,5 25 a 30
Hidrogênio Soda cáustica 0 a 30% idem, 30 a 50% idem, 50 a 75%	Aço (qualquer tipo) idem Aço-C ou Metal Monel idem	20 2 1,5 1,2
Vapor - até 2 kg/cm <sup>2</sup> (196 Kpa) saturado - 20 a 10 kg/cm <sup>2</sup> (196 a 981 Kpa) - mais de 10 kg/cm <sup>2</sup> (981 Kpa)	Aço-carbono Aço (qualquer tipo) Aço (qualquer tipo)	20 a 40 40 a 80 60 a 100

Nota: Essas velocidades são valores sugeridos que devem servir apenas como primeira aproximação

## ANEXO 3 – Livro de Tabelas (pág. 28)

Folha 1 de 1

# *AULA 2*

*Volume I do Livro Texto*

## *CONTEÚDO:*

- *Capítulo 3*

*Meios de Ligação de Tubos.*

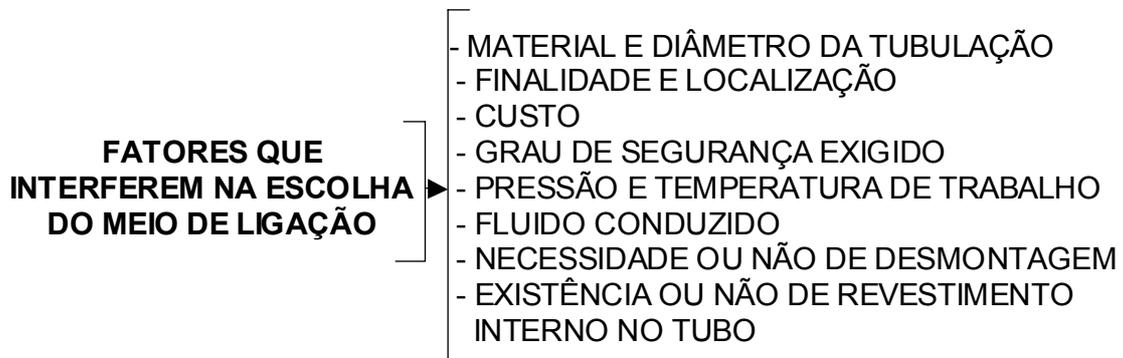
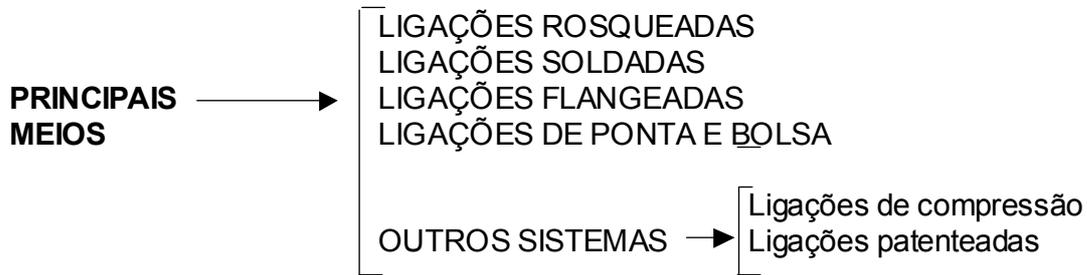
- *Capítulo 5*

*Conexões de Tubulação.*

- *Capítulo 6*

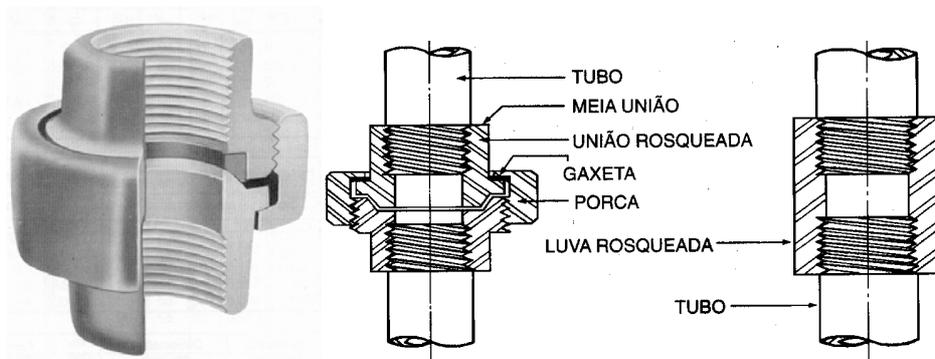
*Juntas de Expansão*

## MEIOS DE LIGAÇÃO DE TUBOS



## LIGAÇÕES ROSQUEADAS

**SÃO LIGAÇÕES DE BAIXO CUSTO E DE FÁCIL EXECUÇÃO UTILIZADAS EM PEQUENOS DIÂMETROS (Até 2")**



## LIGAÇÕES SOLDADAS

### PRINCIPAIS VANTAGENS

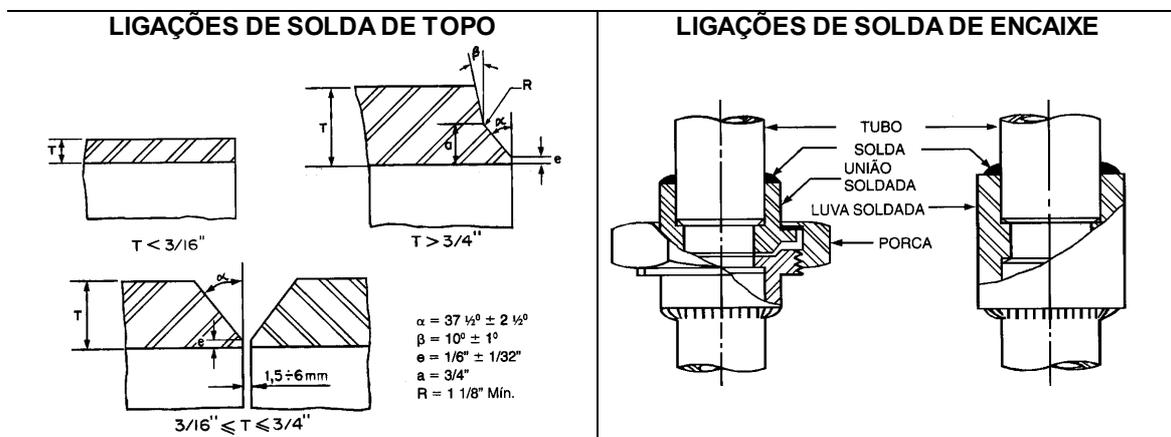
- BOA RESISTÊNCIA MECÂNICA
- ESTANQUEIDADE PERFEITA E PERMANENTE
- BOA APARÊNCIA
- FACILIDADE PARA APLICAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO E DE PINTURA
- NENHUMA NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO

### PRINCIPAIS DESVANTAGENS

- DIFICULDADE DE DESMONTAGEM
- EXIGE MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA

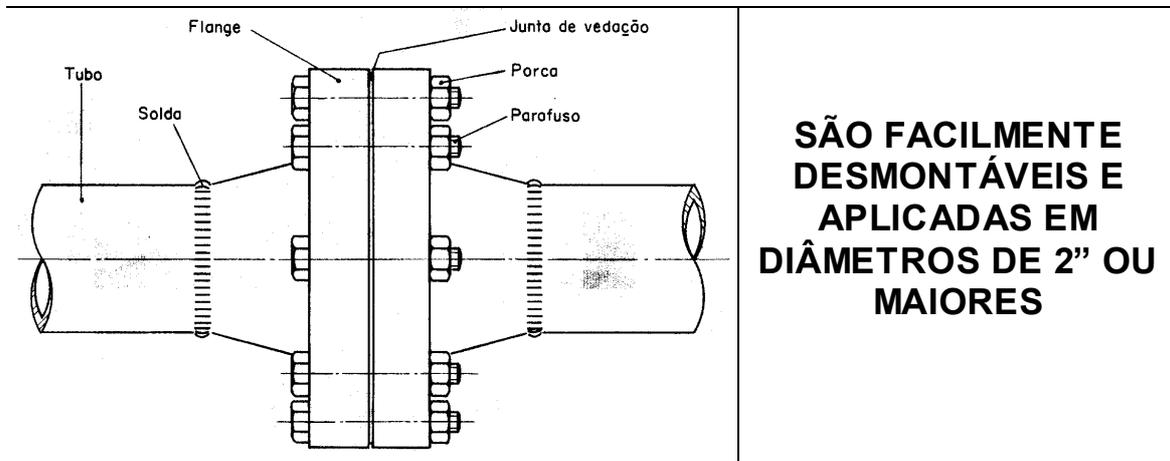
**SOLDA DE TOPO** – PARA DIÂMETROS DE 2" OU MAIORES

**SOLDA DE ENCAIXE (soquete)** – PARA DIÂMETROS DE ATÉ 1 1/2"



A NORMA ANSI/ASME B 31.3 CONTÉM INUMERAS RECOMENDAÇÕES SOBRE SOLDAGEM DOS TUBOS, INCLUINDO SEQUÊNCIA DE SOLDAGEM, TRATAMENTOS TÉRMICOS, QUALIFICAÇÃO DE SOLDADORES, TESTES DE INSPEÇÃO E ACEITAÇÃO ETC..

## LIGAÇÕES FLANGEADAS

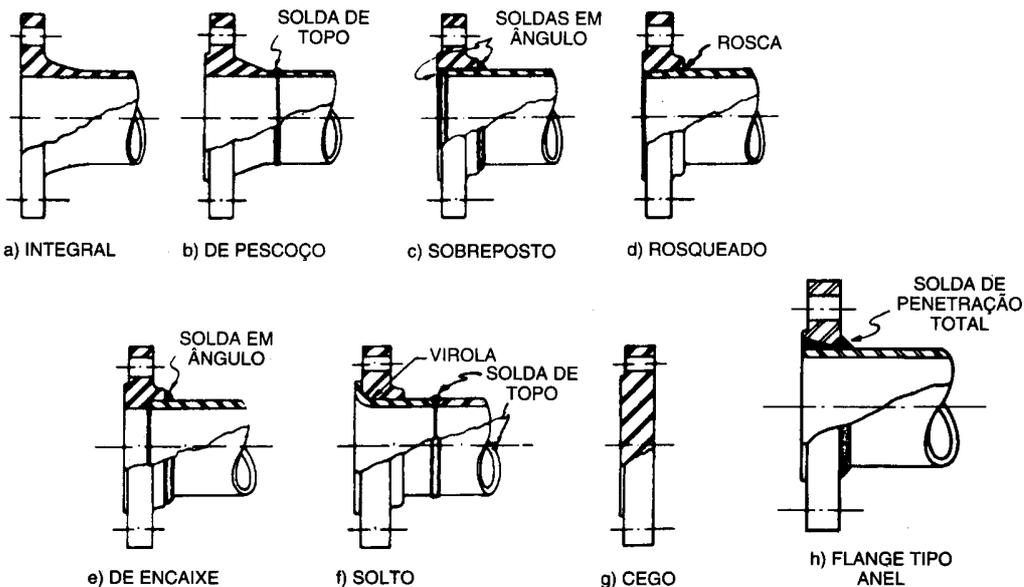


### UTILIZAÇÃO

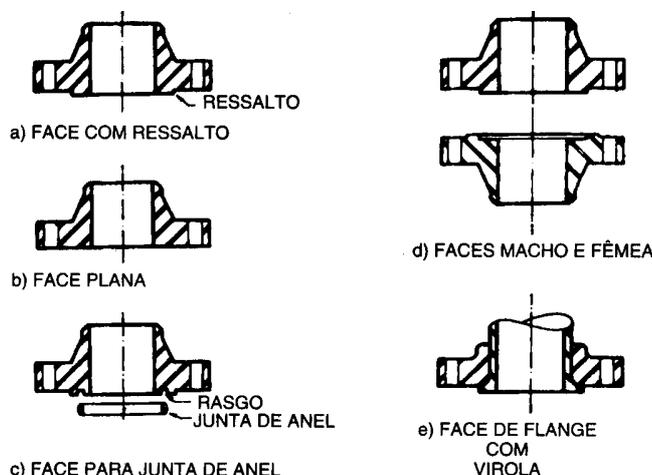
1. Ligação de tubos com válvulas e equipamentos e também nos pontos da tubulação que for necessário desmontagem;
2. Ligações correntes em tubulações de aço que possuam revestimento interno anticorrosivo.

**DEVEM SER USADAS NO MENOR NÚMERO POSSÍVEL, PORQUE SÃO PONTOS PASSÍVEIS DE VAZAMENTO E TAMBÉM PORQUE SÃO PEÇAS CARAS, PESADAS E VOLUMOSAS.**

### TIPOS DE FLANGES PARA TUBOS



## FACEAMENTO DOS FLANGES



## DIMENSIONAMENTO DOS FLANGES

**O DIÂMETRO NOMINAL DO TUDO ASSOCIADO À CLASSE DE PRESSÃO NOMINAL DEFINEM TODAS AS DIMENSÕES DOS DIVERSOS TIPOS DE FLANGES**

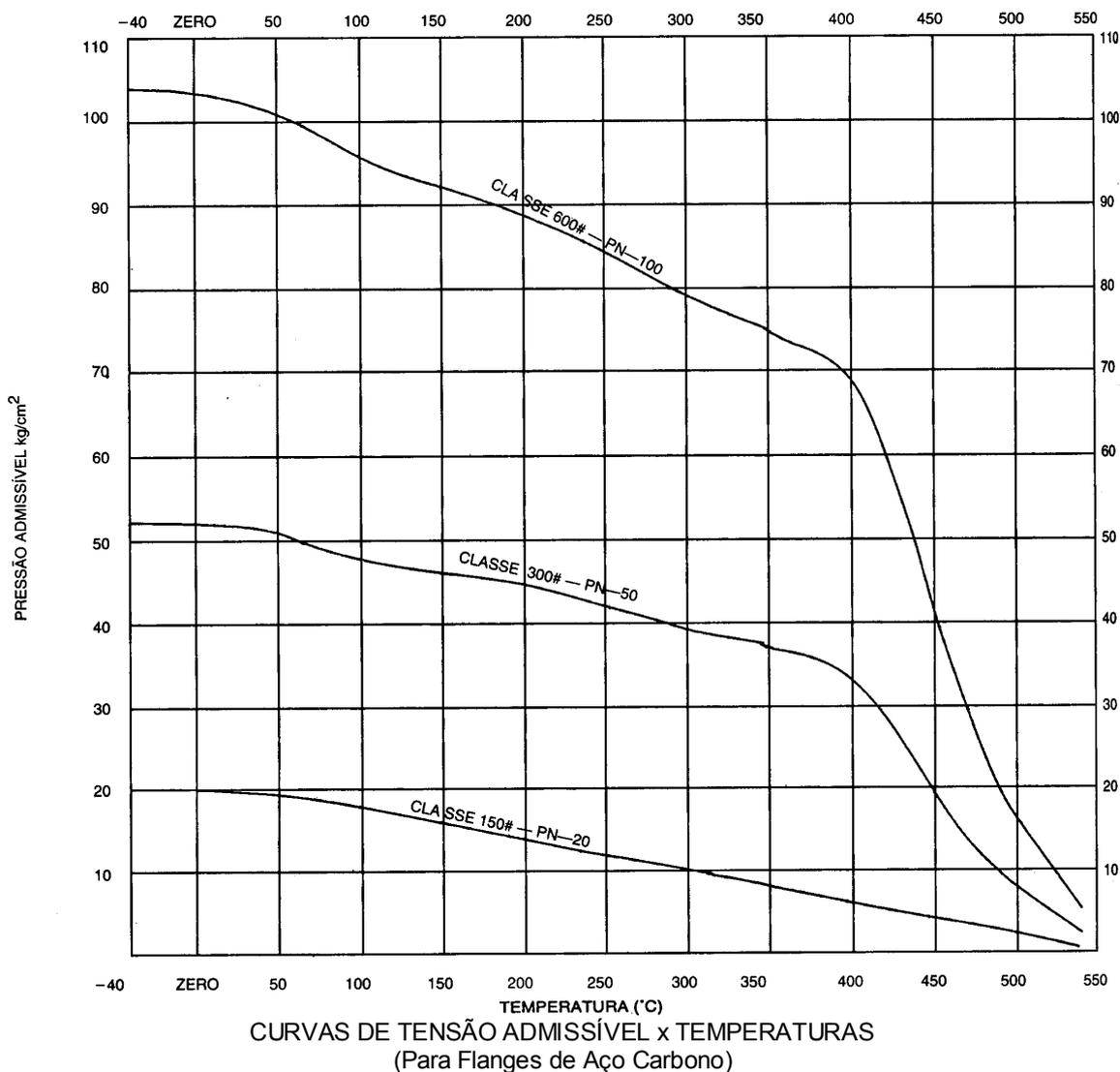
A norma dimensional de uso mais generalizado no Brasil é a ANSI B. 16.5 que abrange flanges de aço forjado de todos os tipos, nos diâmetros nominais de até 24”.

Essa norma define 7 séries de flanges denominadas de “**classe de pressão**” e designadas pelos números adimensionais 150#, 300#, 400#, 600#, 900#, 1500# e 2500#.

A partir da edição de 1981, a norma ANSI/ASME B.16.5 inclui também as tabelas de dimensões e pressões admissíveis em unidades SI, definindo as classes: PN20, PN50, PN68, PN100, PN150, PN250 e PN420.

Para cada uma dessas classes de pressão tem-se uma curva de interdependência entre a pressão admissível e a temperatura de cada material

**TABELA DE DIMENSÕES DE FLANGES – ANEXO 1/AULA2**



**PRESSÃO ADMISSÍVEL PARA FLANGES DE AÇO – ANEXO 2/AULA2**

## ESPECIFICAÇÃO DE FLANGES

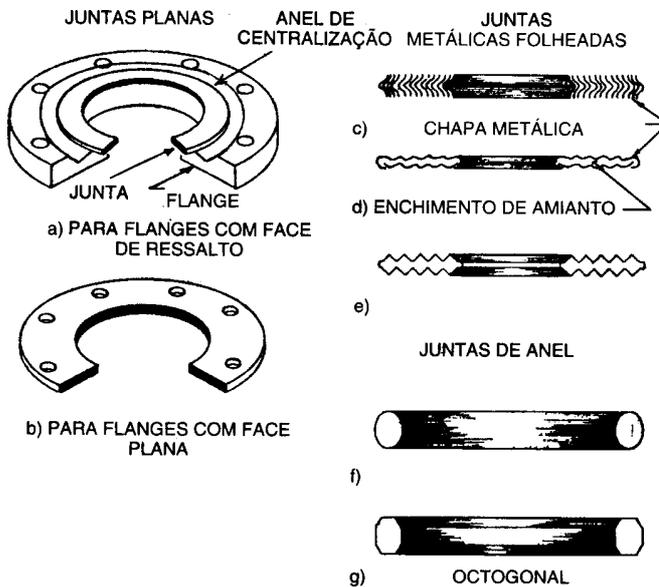
PARA ENCOMENDA OU REQUISIÇÃO DE FLANGES SÃO NECESSÁRIAS AS SEGUINTE INFORMAÇÕES:

- **QUANTIDADE** (Número de peças)
- **TIPO DE FLANGE**
- **DIÂMETRO NOMINAL** ( do Tubo)
- **TIPO DE FACE**
- **ESPECIFICAÇÃO DO MATERIAL DO FLANGE**

**Obs.:** Para os flanges de pescoço e flanges de encaixe é necessário especificar a espessura de parede do tubo a ser soldado.

Para os flanges rosqueados é necessário especificar o tipo de rosca.

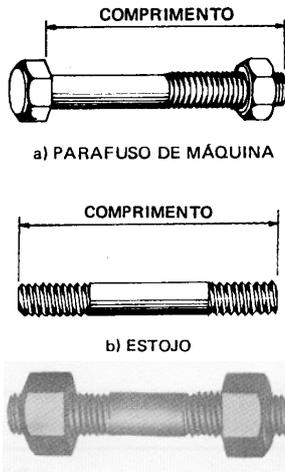
## JUNTAS PARA FLANGE



### JUNTAS NÃO METÁLICAS:

- **Borracha Natural** – Usada para água, ar e condensado até 60 °C.
- **Borracha Sintética** – Usada para óleos até 80 °C.
- **Materiais Plásticos** – Usados para fluidos corrosivos em baixas pressão e temperatura ambiente.
- **Papelão Hidráulico (juntas de amianto comprimido, grafitado e com aglutinante)** Existem vários tipos normalizados que podem trabalhar em temperaturas de até 500 °C e resistem a ácidos, álcalis e hidrocarbonetos

## PARAFUSOS E ESTOJOS PARA FLANGES



**APERTO INICIAL** – Tem a finalidade de adaptar as juntas às faces do flange, amoldando-a às imperfeições.

### Valores do Aperto Inicial:

- Juntas de Borracha de 2,5 a 4 MPa
- Juntas de Papelão Hidráulico de 8 a 12 MPa
- Juntas Metálicas de 20 a 40 MPa

**APERTO RESIDUAL** – Tem o objetivo de combater o efeito da pressão interna ( $P_i$ ) na tubulação tendendo a separar os flanges.

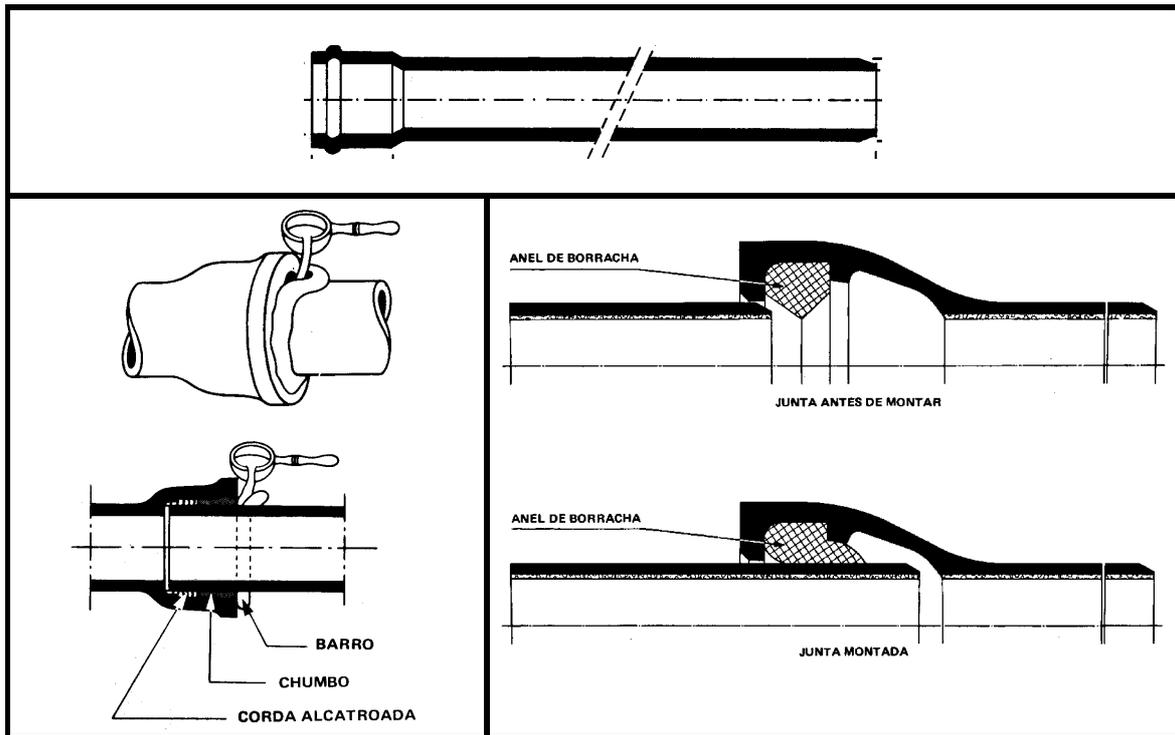
**Valor do Aperto Residual** → 1,5 a 2 vezes  $P_i$

**APERTO FINAL** – Para compensar os efeitos de dilatações devido a variações de temperatura

## LIGAÇÕES DE PONTA E BOLSA

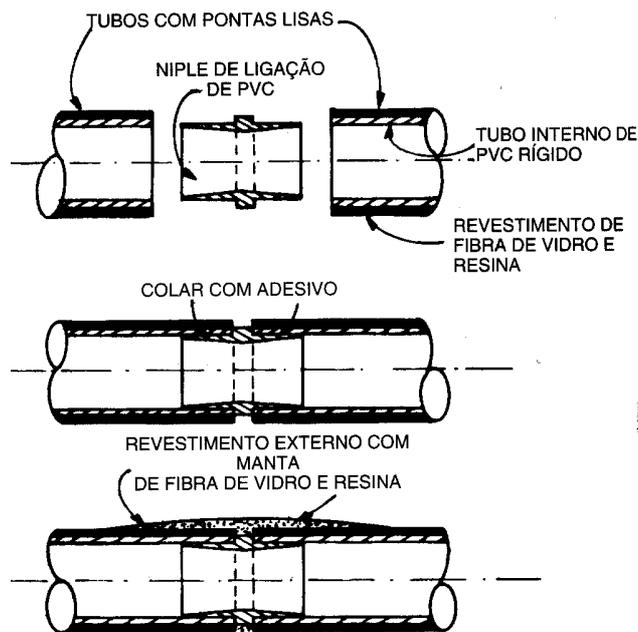
UTILIZADAS EM

→ Tubulações de Ferro Fundido  
 Tubulações de Barro Vidrado e Cimento Amianto  
 Tubulações de Concreto  
 Tubulações de Materiais Plásticos

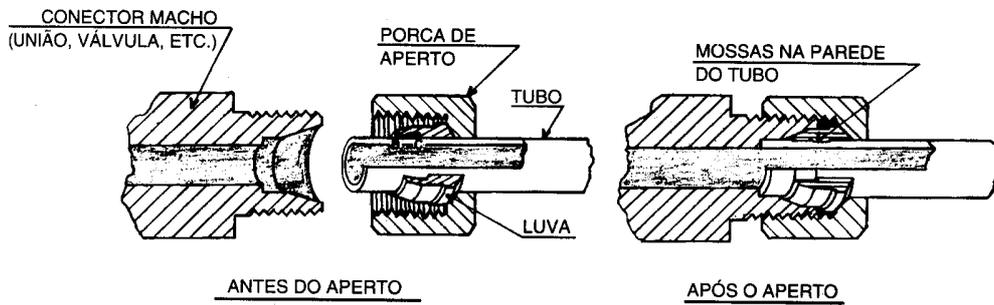


## OUTROS MEIOS DE LIGAÇÕES DE TUBOS

### LIGAÇÕES PARA TUBO DE PLÁSTICO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO



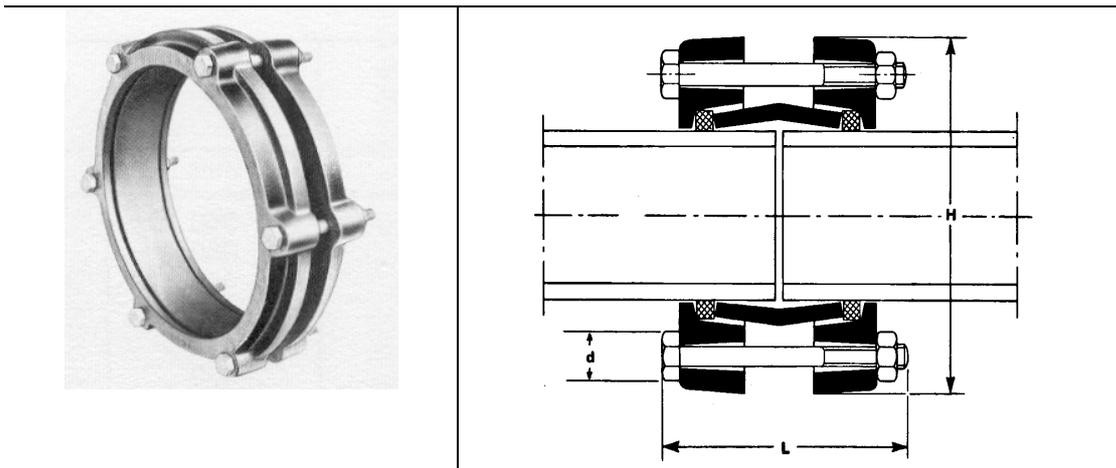
LIGAÇÕES DE COMPRESSÃO



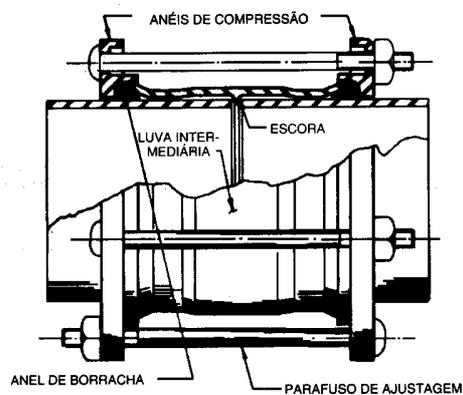
LIGAÇÕES PATENTEADAS DIVERSAS

SÃO LIGAÇÕES DE MONTAGEM E DESMONTAGEM FÁCIL E PERMITEM MOVIMENTOS ANGULARES E PEQUENOS MOVIMENTOS AXIAIS

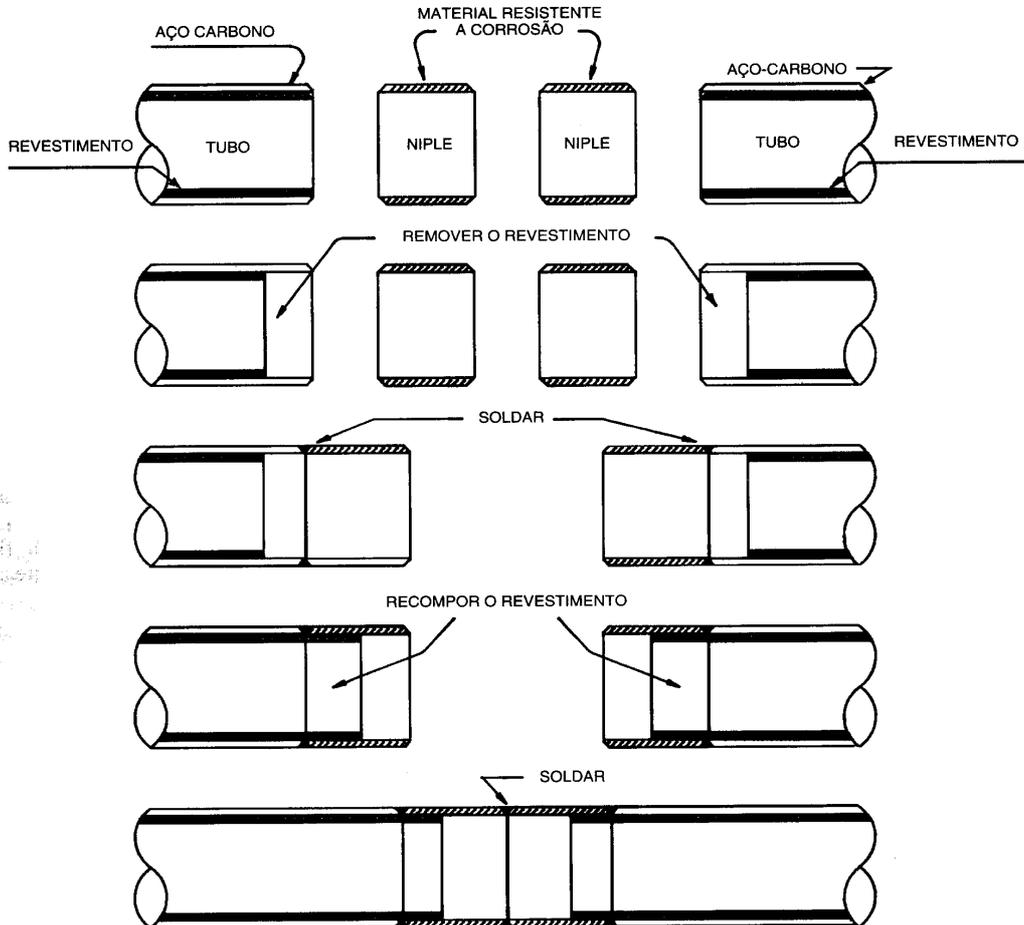
1- JUNTA “GIBAULT”



2 – JUNTA “DRESSER”



LIGAÇÕES EM TUBOS COM REVESTIMENTOS INTERNOS ANTICORROSIVOS

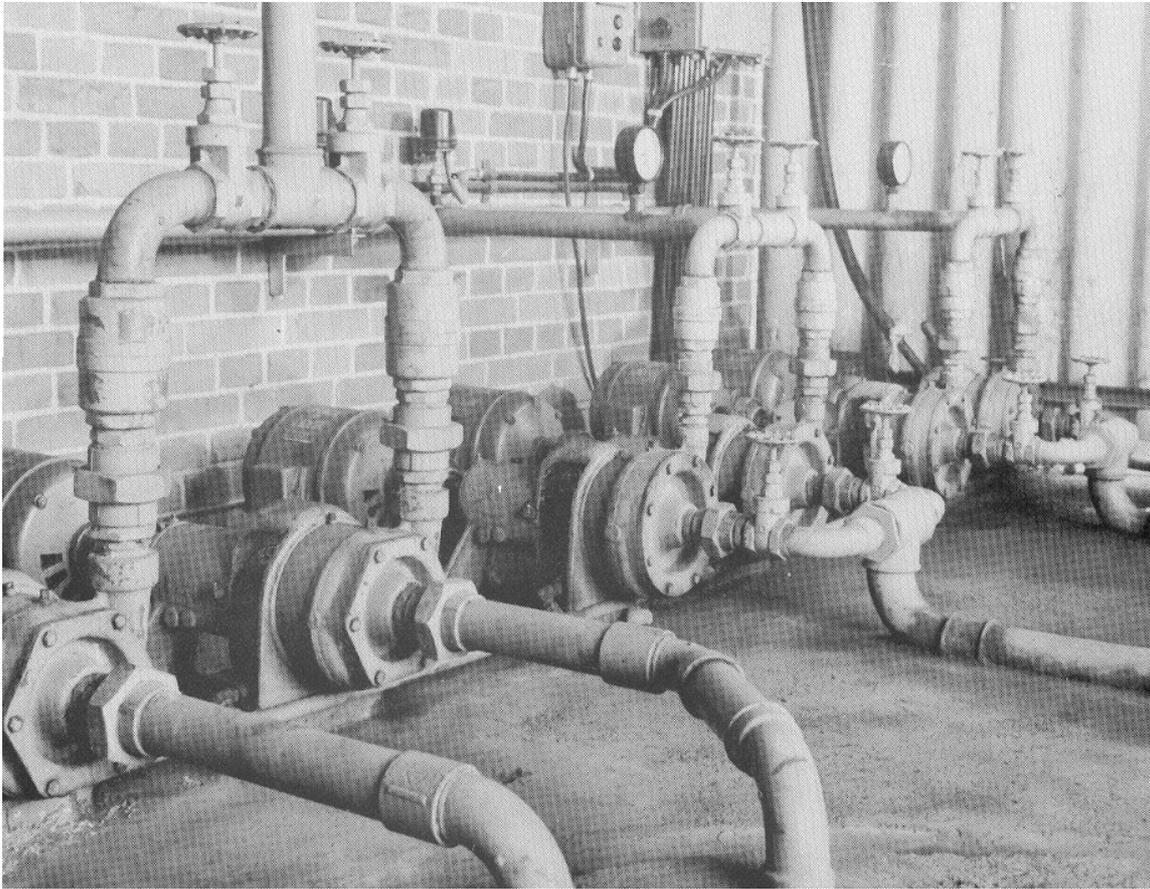


SISTEMAS DE LIGAÇÕES PARA TUBULAÇÕES DE AÇO

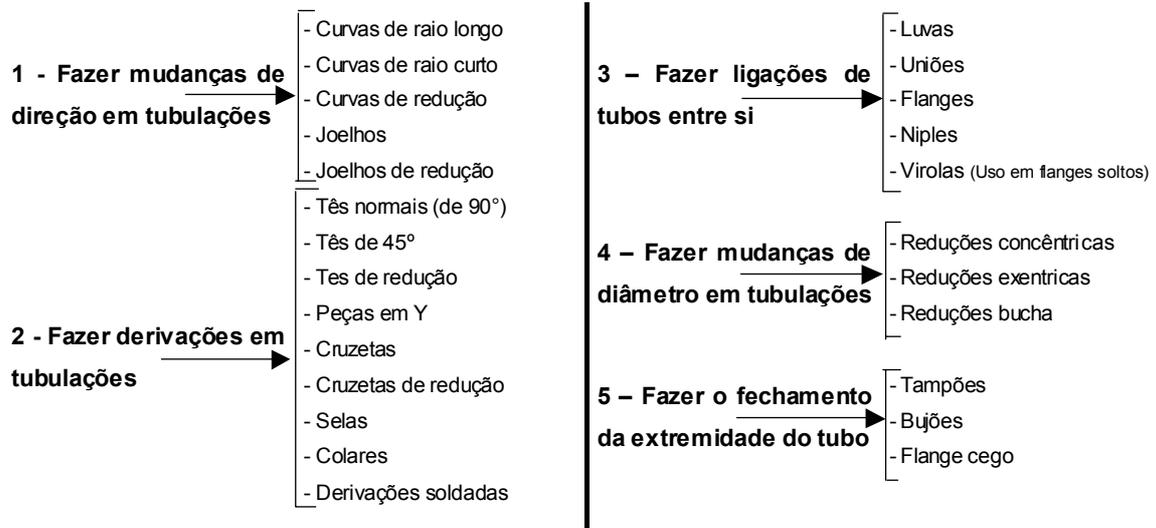
Ligações corrente ao longo da tubulação	Serviços de baixa responsabilidade, ou não-severos	Diâmetros até 4"	Ligações rosqueadas com luvas
		Diâmetros de 6" ou maiores	Solda de topo
	Serviços severos	Diâmetros até 1 1/2"	Ligações de solda de encaixe com luvas
		Diâmetros de 2" ou maiores	Solda de topo
Ligações nos extremos da tubulação, ou onde for exigido facilidade de desmontagem	Serviços de baixa responsabilidade, ou não-severos	Diâmetros até 4"	Ligações rosqueadas com uniões
		Diâmetros de 6" ou maiores	Ligações flangeadas (flanges rosqueados ou sobrepostos)
	Serviços severos	Diâmetros até 1 1/2"	Ligações de solda de encaixe com uniões
		Diâmetros de 2" ou maiores	Ligações flangeadas (flanges de pescoço ou do tipo anel)

Serviço não-severo → Fluido não perigoso, pressão de até 0,7 MPa e temperatura de até 100°C

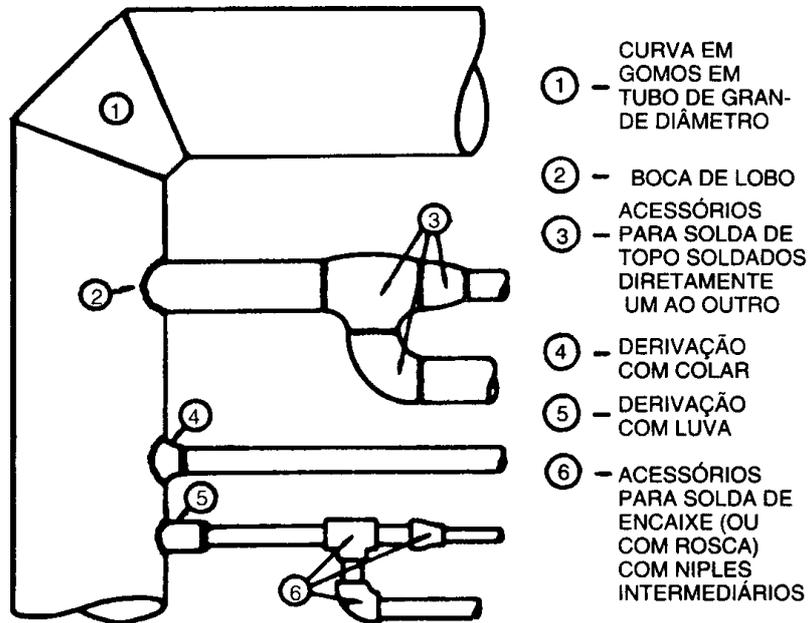
## CONEXÕES DE TUBULAÇÃO



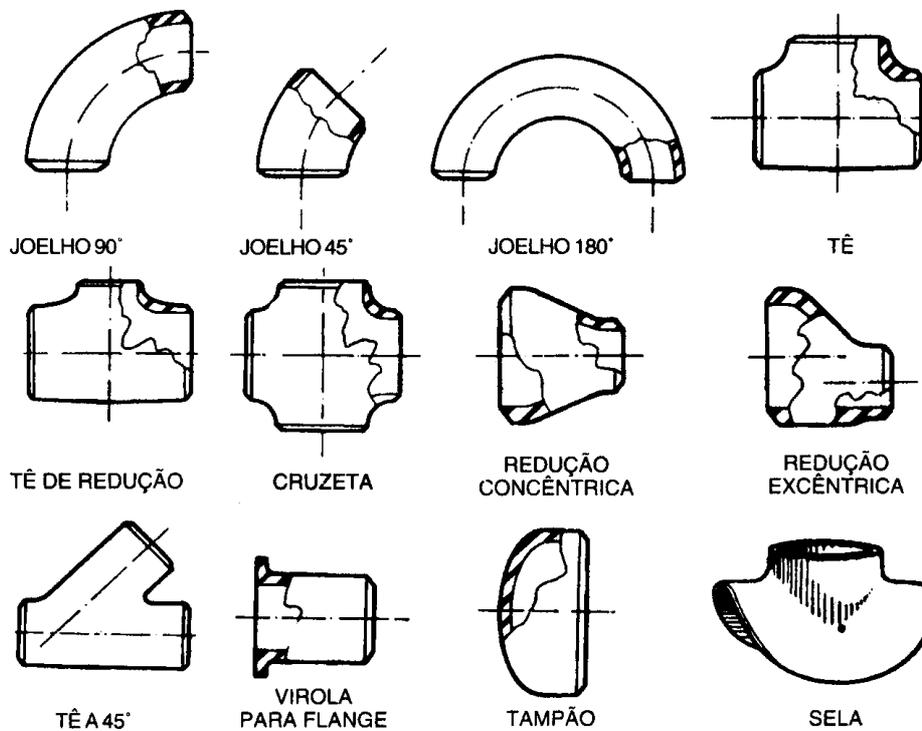
### CLASSIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DE TUBULAÇÃO



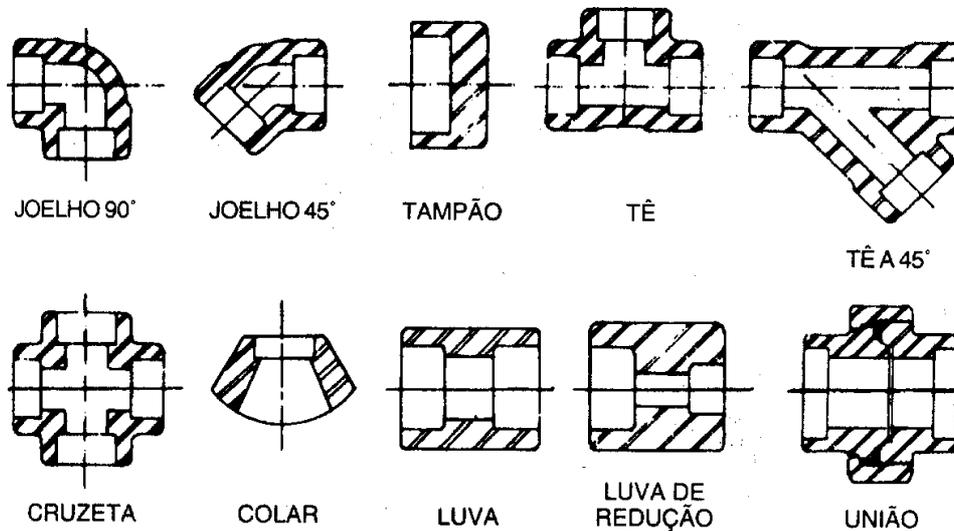
**EXEMPLOS DE EMPREGO**



**CONEXÕES PARA SOLDA DE TOPO**



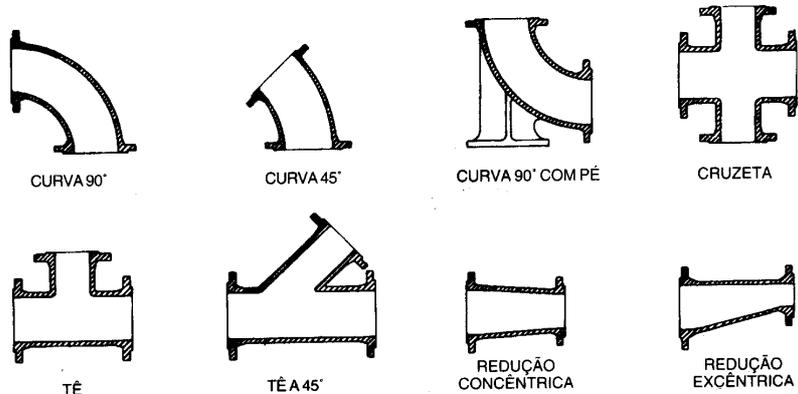
## CONEXÕES PARA SOLDA DE ENCAIXE



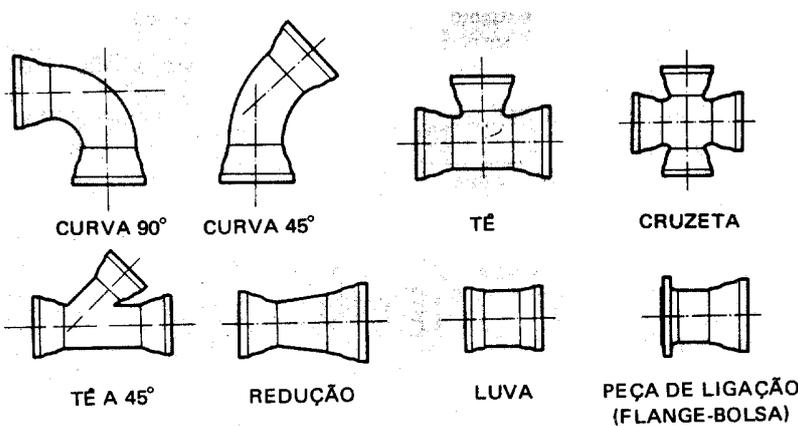
## CONEXÕES ROSQUEADAS



### CONEXÕES PARA FLANGEADAS



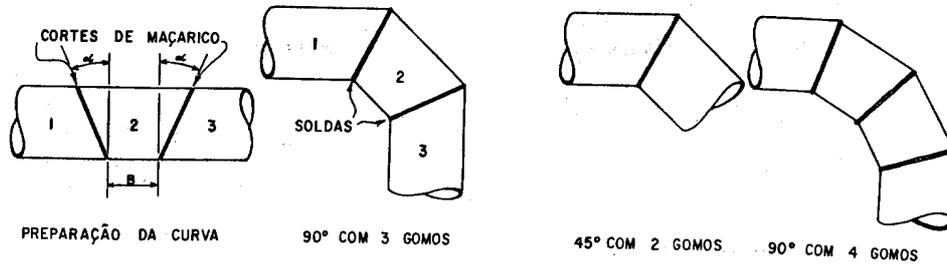
### CONEXÕES DE PONTA E BOLSA



### CONEXÕES DE LIGAÇÃO – NIPLES

<p><b>NIPLES PARALELOS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ambos os extremos rosqueados</li> <li>Ambos os extremos lisos</li> <li>Um extremo rosqueado e outro liso</li> </ul>	<p>O COMPRIMENTO DOS NIPLES VARIA DE 50 a 150 mm</p>
<p><b>NIPLES DE REDUÇÃO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ambos os extremos rosqueados</li> <li>Ambos os extremos lisos</li> <li>Extremo maior rosqueado e menor liso</li> <li>Extremo maior liso e menor rosqueado</li> </ul>	

### CURVA EM GOMOS



**UTILIZAÇÃO** →

Em diâmetros acima de 20", devido ao alto custo e dificuldade de obtenção de outros tipos de curvas.  
 Em diâmetros acima de 8", em tubulações com pressão e temperatura moderadas (Classes de pressão 150# a 400#), por motivo econômico

**A PRESSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL EM UMA CURVA EM GOMOS É SEMPRE MENOR QUE A PRESSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL EM TUBO DE MESMO DIÂMETRO, ESPESSURA E MATERIAL**

### CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAREDE DA CURVA EM GOMOS

A espessura mínima (*T*) de uma curva em gomos deve ser tal que a pressão máxima admissível (*P<sub>m</sub>*) seja igual ou maior que a pressão de projeto da tubulação.

Para ângulo α até 22,5° e com uma única solda;

$$P_m = \frac{SE(T - C)}{r_2} \left( \frac{T - C}{(T - C) + 0,643 \operatorname{tg} \alpha \sqrt{r_2(T - C)}} \right)$$

Para ângulo α maior que 22,5° e com uma única solda;

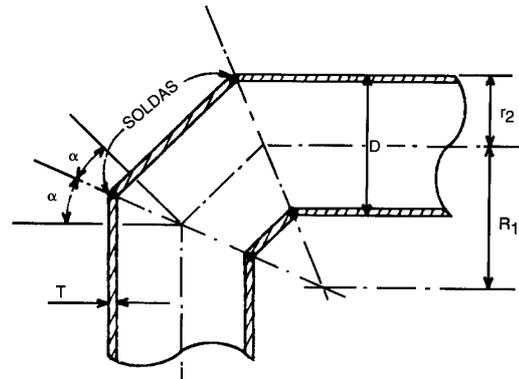
$$P_m = \frac{SE(T - C)}{r_2} \left( \frac{T - C}{(T - C) + 1,25 \operatorname{tg} \alpha \sqrt{r_2(T - C)}} \right)$$

Para ângulo α até 22,5° e com mais de uma solda;

$$P_m = \frac{SE(T - C)}{r_2} \left( \frac{R_1 - r_2}{R_1 - 0,5r_2} \right)$$

Onde:

- P<sub>m</sub>*: pressão interna máxima admissível (MPa)
- S*: tensão admissível do material (MPa)
- E*: coeficiente de eficiência de solda  
*E*=1 para tubos sem costura e tubos com costura totalmente radiografada  
*E*=0,9 para tubos com costura parcialmente radiografada  
*E*=0,8 para tubos com costura sem radiografia



*T, C*: espessura mínima e sobreespesura para corrosão (mm)

*R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, α, D*: dimensões da figura acima

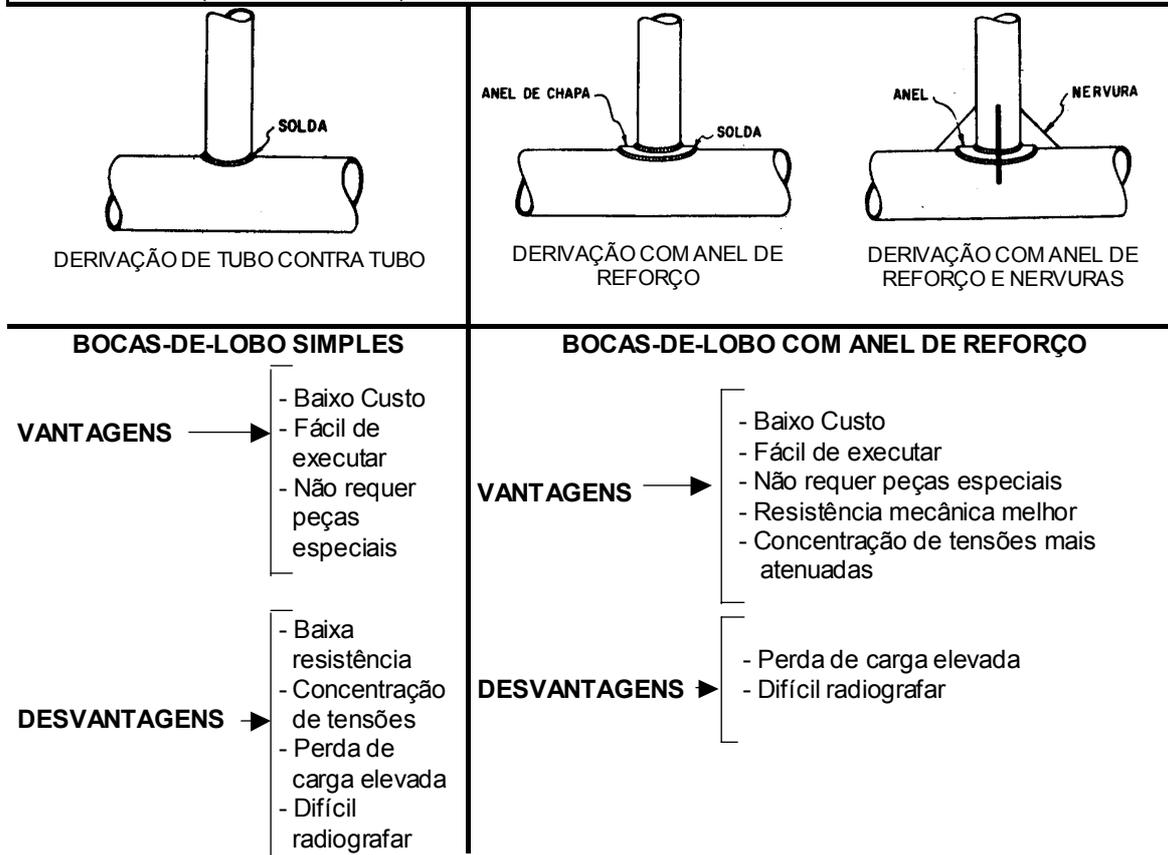
Em qualquer caso deve-se ter  $R_1 < \frac{A}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{D}{2}$ ,

onde o coeficiente empírico *A* tem os seguintes valores, para *T* e *C* em polegadas:

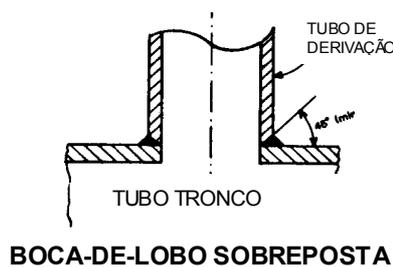
<i>T-C</i> (pol.)	<i>A</i>
até 0,5	1,0
0,5 < ( <i>T-C</i> ) < 0,88	2( <i>T-C</i> )
maior que 0,88	2{( <i>T-C</i> )/3} + 1,17

## DERIVAÇÕES SOLDADAS ( Boca-de-Lobo)

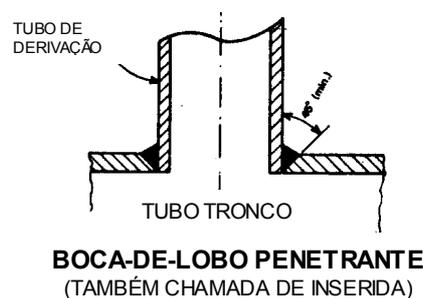
Para ramais de 2" ou mais, desde que o diâmetro do tubo tronco seja maior que o do ramal, o sistema mais usado em tubulações industriais é a solda direta de um tubo no outro (Boca-de-Lobo)



### TIPOS DE BOCA-DE-LOBO



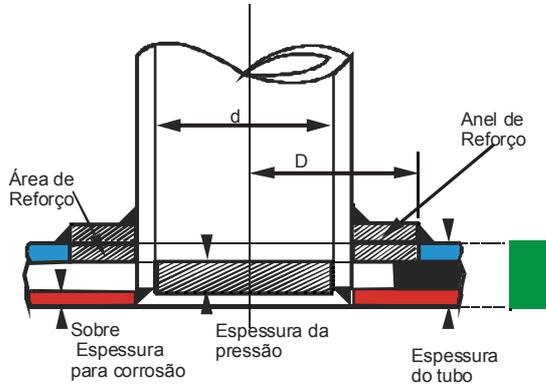
Embora tenham menor resistência mecânica, são empregadas na maioria dos casos porque são mais baratas, mais fácil de executar e dão menores tensões residuais de soldagem.



Tem maior resistência, porem, resultando em maiores tensões residuais de soldagem. São utilizadas em tubulações de parede espessa, para pressões altas.

**NOMOGRAMA (Necessidade de Anel de Reforço) – ANEXO 3/AULA2**

**CÁLCULO DO ANEL DE REFORÇO**

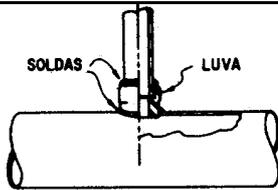


D = Raio do Anel de reforço  
 d = diâmetro interno da derivação  
**D = d**

- Sobre espessura p/ corrosão (Cp)
- Sobre
- Espessura da pressão (t)
- Espessura nominal (En)

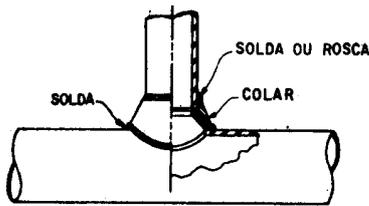
$$t_1 = \frac{PD}{2S_h}; \text{ Onde } \left\{ \begin{array}{l} t_1 = \text{Espessura da parede} \\ P = \text{Pressão interna} \\ D = \text{Diâmetro externo} \\ S_h = \text{Tensão admissível do material na temperatura de projeto} \end{array} \right.$$

**DERIVAÇÕES COM LUVA, COLAR E SELA**



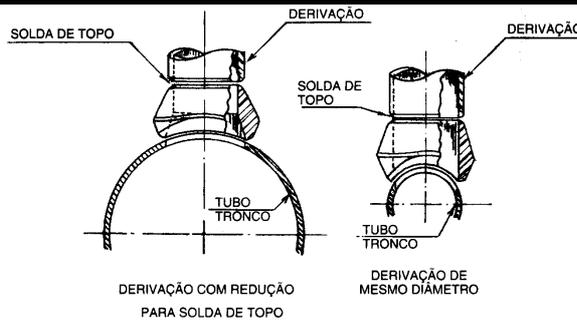
DERIVAÇÃO COM LUVA

- Utilizada para ramais de até 1 1/2", sem limite de pressão e temperatura, desde que a relação entre os diâmetros nominais do tubo-tronco e da derivação seja igual ou superior a 4.
- A resistência da luva tem que ser compatível com a pressão de trabalho

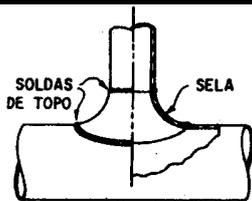


DERIVAÇÃO COM COLAR

**VANTAGENS:** Boa resistência mecânica, melhor distribuição de tensões, não há limitações de serviço ou de pressão e temp..



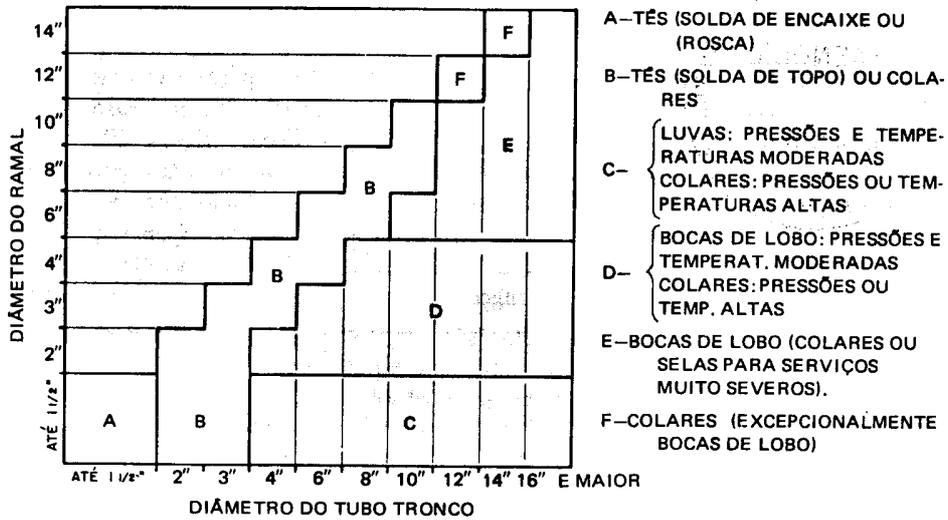
**DESVANTAGENS:** Custo alto e necessidade de estoque de uma grande quantidade de peças



**VANTAGENS:** Excelente resistência mecânica, baixa perda de carga, melhor distribuição de tensões, não há limitações de serviço ou de pressão e temperatura.

**DESVANTAGENS:** Custo elevado (peças importadas), montagem difícil.

## RESUMO DAS RECOMENDAÇÕES PARA DERIVAÇÕES



## OUTROS ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO

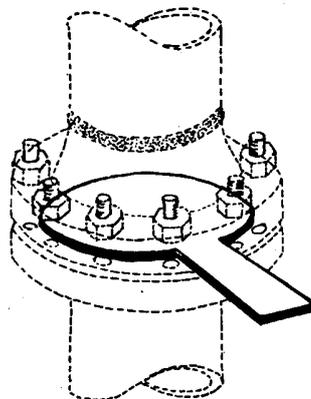
**PEÇAS "Figura 8"**

**RAQUETAS**

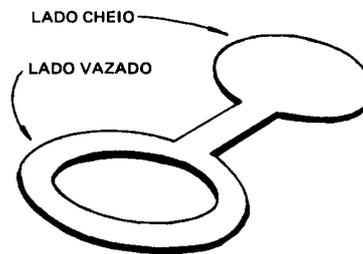
**DISCOS DE RUPTURA**

São empregadas quando se deseja um bloqueio rigoroso e absoluto na tubulação.

São empregados para proteger a tubulação contra sobrepressões internas

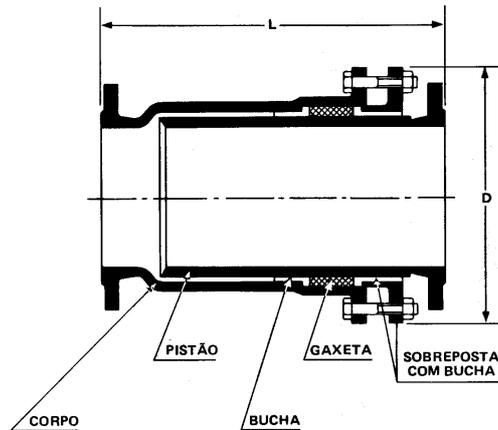
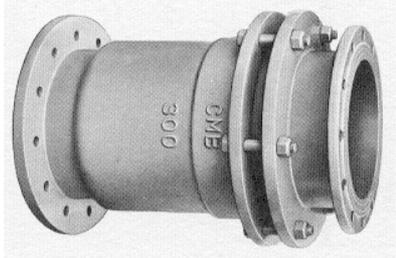


RAQUETA



PEÇA "FIGURA 8"

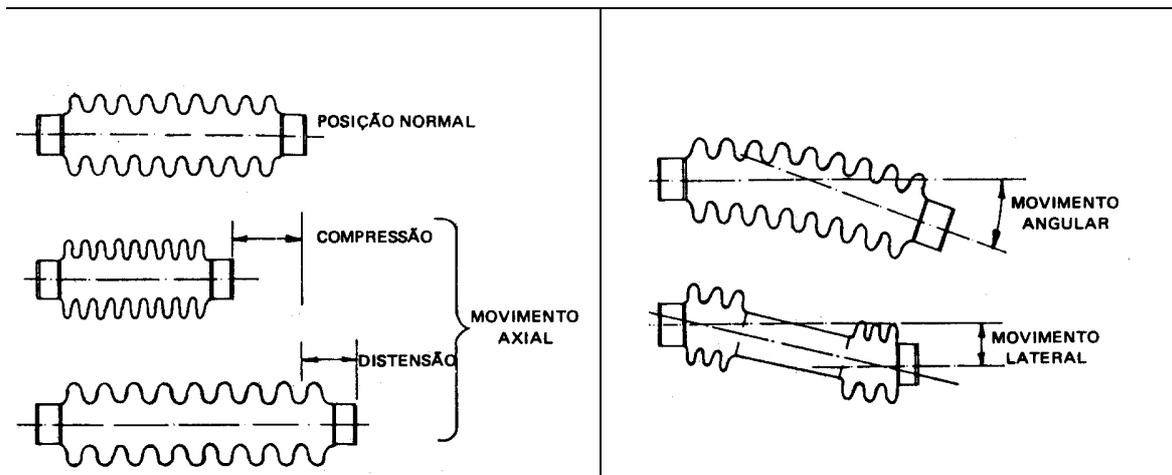
## JUNTAS DE EXPANSÃO



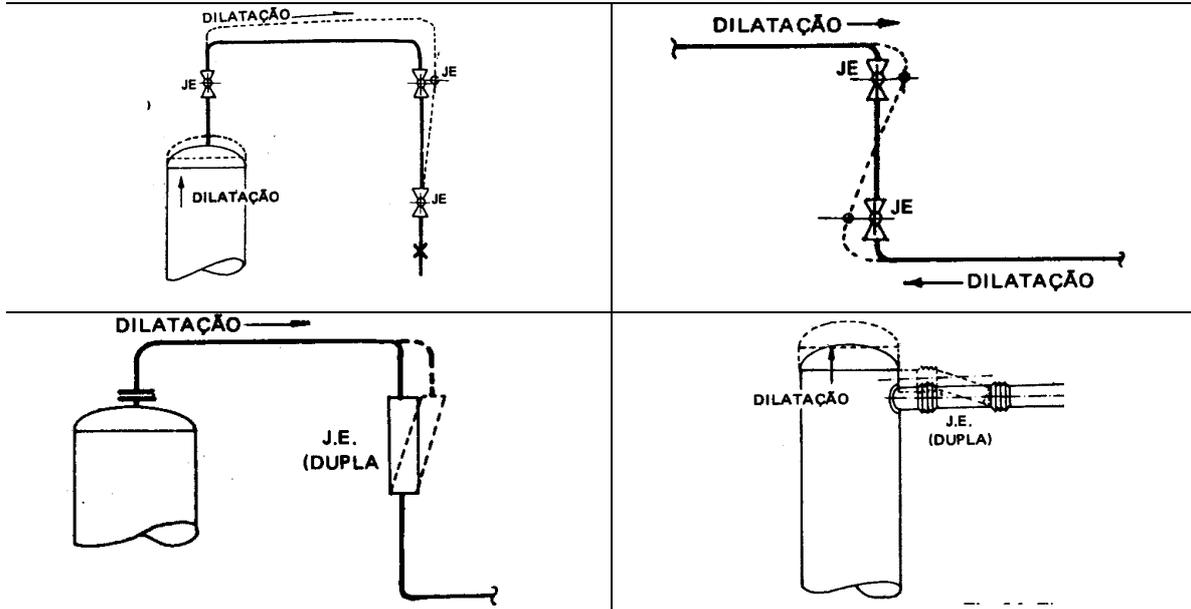
### CASOS EM QUE SE JUSTIFICA O EMPREGO DE JUNTAS DE EXPANSÃO

- 1- Quando o espaço disponível for insuficiente para se ter um traçado da tubulação com flexibilidade.
- 2- Em serviços de baixa responsabilidade (CONDENSADO, VAPOR DE BAIXA PRESSÃO, ÁGUA QUENTE ETC.), quando a junta representar uma alternativa mais econômica, em relação ao traçado não retilíneo da tubulação.
- 3- Em tubulações de diâmetro grande (ACIMA DE 20") ou de material caro, onde haja interesse econômico de se ter um trajeto mais curto
- 4- Em tubulações que por exigência de serviço precisam ter trajetos retilíneos.
- 5- Em tubulações sujeitas a vibrações de grande amplitude, ou ligadas a equipamentos que não possam sofrer esforços transmitidos pela tubulação.

## MOVIMENTOS DAS JUNTAS DE EXPANSÃO



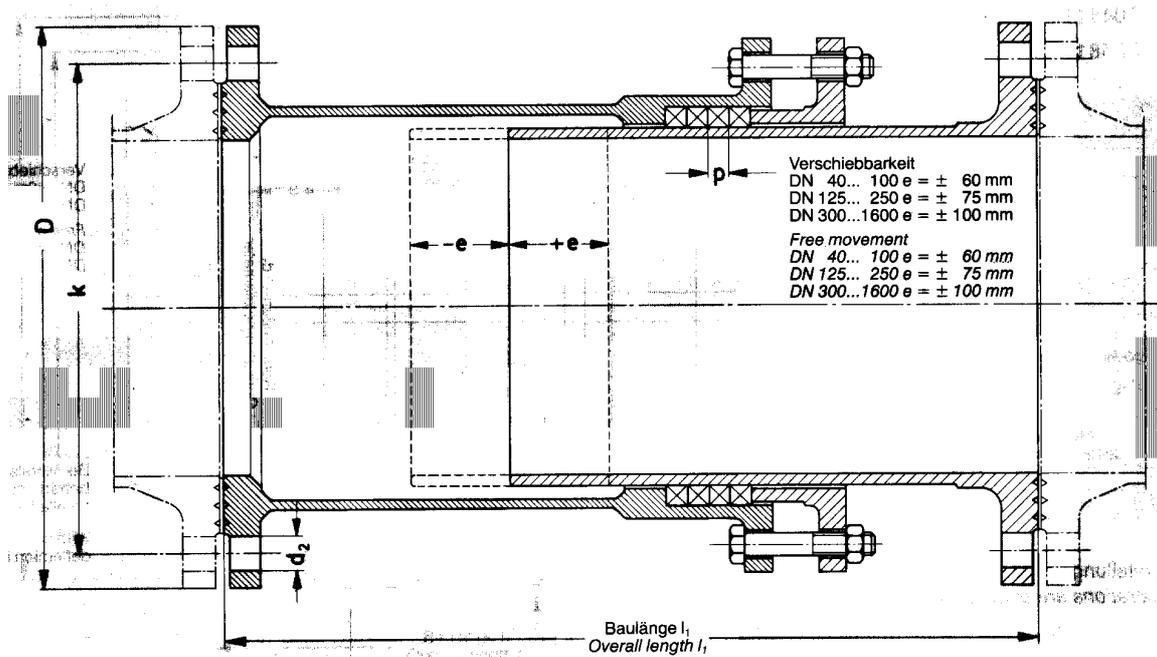
**EXEMPLOS DE APLICAÇÃO**



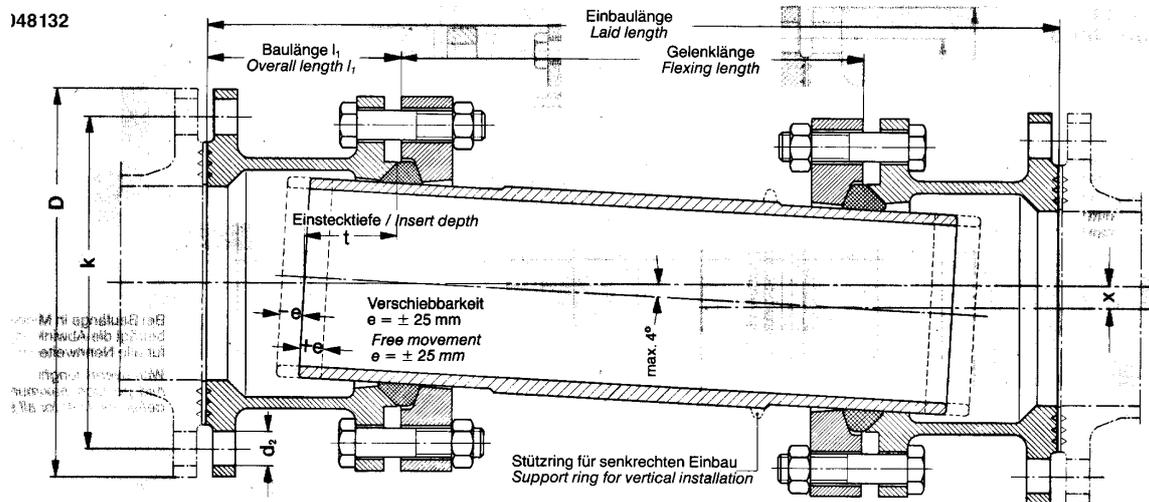
**JUNTAS DE TELESCÓPIO**

DEVEM SER EMPREGADAS EM SERVIÇOS NÃO SEVEROS E ONDE OS MOVIMENTOS NÃO SEJAM FREQUENTES

**NÃO DEVEM SER UTILIZADAS COM FLUIDOS PERIGOSOS**



## JUNTA TELESCÓPICA DUPLA (Movimento Axial e Lateral)

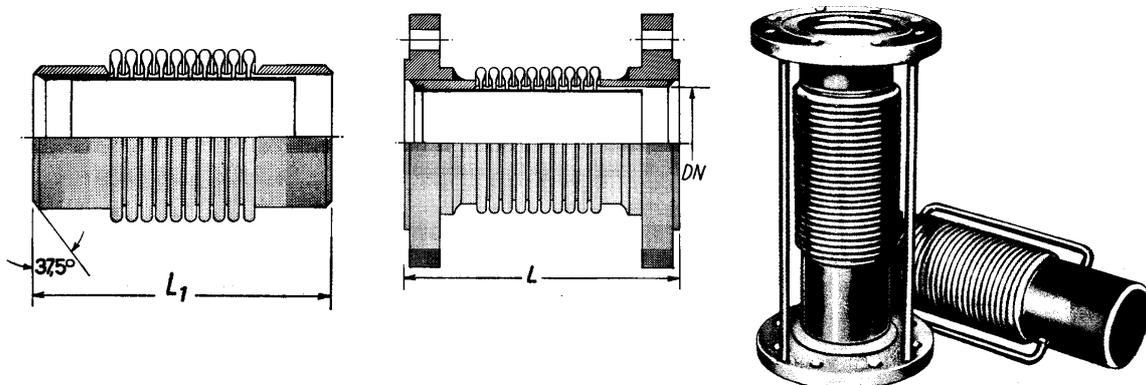


## JUNTAS DE FOLE

COMO NÃO POSSUEM GAXETAS, NÃO HÁ RISCO DE VAZAMENTOS, E A MANUTENÇÃO É MENOR COMPARADA COM AS JUNTAS TELESCÓPICAS

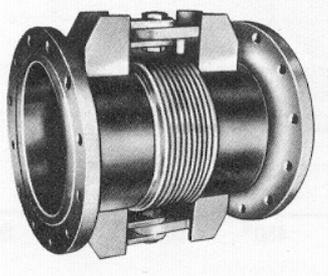
**PODEM SER USADAS EM SERVIÇOS SEVEROS E COM FLUIDOS PERIGOSOS (Inflamáveis, tóxicos etc.)**

O RISCO DE ACIDENTES NESSAS JUNTAS É A RUPTURA SÚBITA DO FOLE.



**TIPOS DE JUNTAS DE FOLE**

COM DOBRADIÇAS  
(movimento angular no plano)



CARDAM  
(movimento angular em qualquer plano)

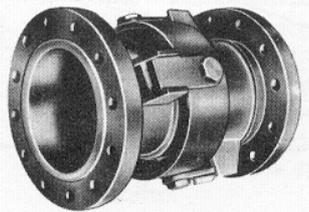
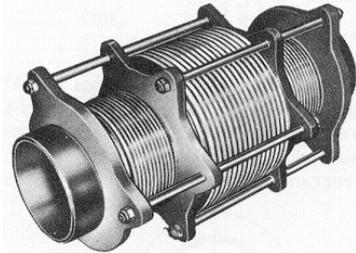
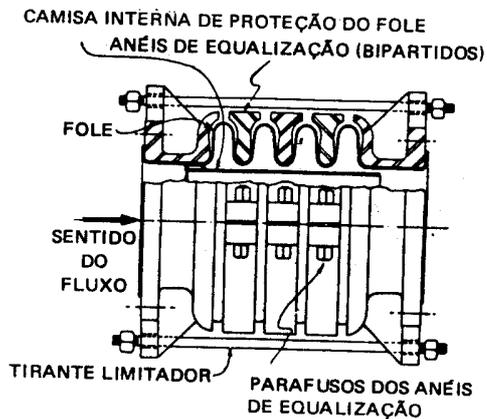


FIG. 647

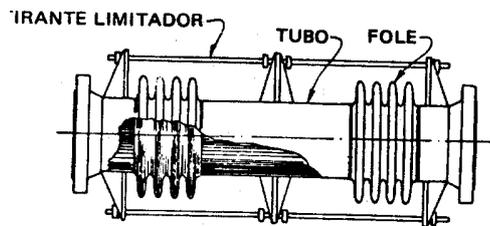
AXIAIS AUTOCOMPENSADAS  
(cria forças de igual módulo e direção, porém em sentido oposto aos esforços axiais)



COM ANÉIS DE EQUALIZAÇÃO

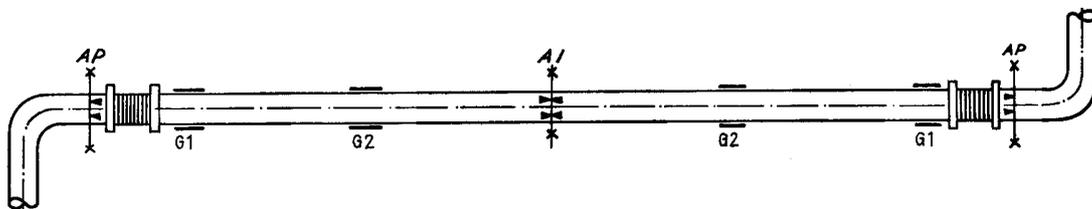


JUNTA DUPLA



**INSTALAÇÃO DE UMA JUNTA DE EXPANSÃO**

AS JUNTAS DE EXPANSÃO SEMPRE DEVEM SER INSTALADAS ENTRE DOIS PONTOS FIXOS (Ancoragens)



A1 e AP —————> ANCORAGENS (Pontos fixos)

G1 e G2 —————> GUIAS (Garantem somente movimento axial)

## **DADOS PARA ENCOMENDA DAS JUNTAS DE EXPANSÃO**

- 1- Natureza e propriedades do fluido conduzido
- 2- Pressão e temperatura de operação e de projeto
- 3- Variações possíveis da pressão e da temperatura, com indicação dos valores máximos e mínimos e da duração destas variações
- 4- Diâmetro nominal do tubo
- 5- Tipo de ligação da junta à tubulação
- 6- Material da tubulação
- 7- Condições especiais de corrosão, de abrasão ou de erosão
- 8- Valores dos movimentos axiais
- 9- Cargas que estejam agindo sobre a junta

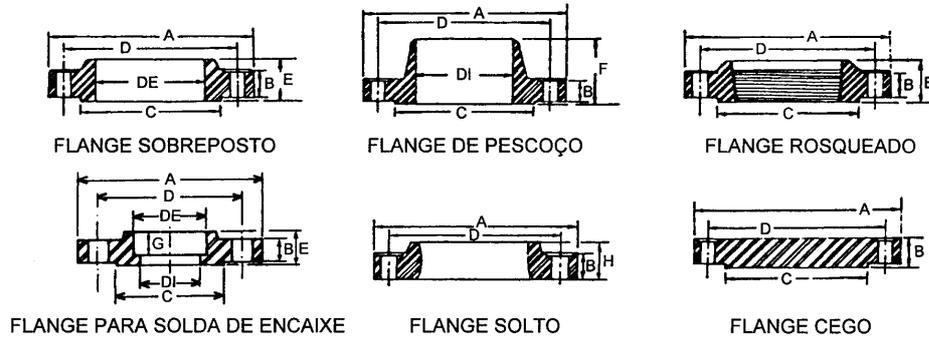
**FOLHA DE CATÁLOGO DE JUNTAS – ANEXO 4/AULA2**

## ***AULA 2***

*Referente aos Capítulos 3,5 e 6 do Livro Texto*

**38. FLANGES DE AÇO FORJADO**

**38.1. Dimensões de Acordo com a Norma ANSI/ASME B.16.5**



- Notas:
1. Para os flanges de face com ressalto, as dimensões E, F, H são a altura total do flange, incluindo a altura do ressalto (2,0 mm para as classes 150# e 300#, e 7,0 mm para as demais classes).  
Para as flanges de face plana, a altura do ressalto deve ser descontada das dimensões E, F, H.  
Para os flanges de face para junta de anel, o ressalto tem sempre a altura de 7,0 mm; desta forma, para os flanges das classes 150# e 300# devem ser acrescentados 5,0 mm às dimensões E, F, H. Veja Tabela 42.  
As dimensões DE e DI são respectivamente os diâmetros externo e interno do tubo conectado ao flange (Veja Tabela 5).
  2. Para materiais e pressões admissíveis veja Gráficos 39.
  3. Para os diâmetros nominais de 3", ou menores, não existem flanges da classe 400#, devendo-se usar a classe 300#. Para os diâmetros nominais de 2 1/2", ou menores não existem flanges da classe 900#, devendo-se usar a classe 1.500#.
  4. Para os pesos dos flanges veja Tabela 41.
  5. Para os diâmetros e comprimentos dos parafusos e estojos veja Tabela 43.
  6. Para dimensões das juntas e afastamento entre os flanges veja Tabela 44.
  7. A partir da edição de 1981, a norma ANSI/ ASME B.16.5 inclui tabelas em unidades métricas. Nessas tabelas as sete classes de pressão são denominadas respectivamente de PN 20, PN 50, PN 68, PN 100, PN 250 e PN 420.

Classe de Pressão	Diâmetro nominal (pol.)	Dimensões (mm)								Furos	
		A	B	C	D	E	F	G	H	Quantid.	Diâmetro
150# (PN 20)	1/2	90	9,5	35	60,5	16	48	10	16	4	16
	3/4	100	11,0	43	70	16	52	11	16	4	16
	1	110	12,5	51	79,5	17	56	13	17	4	16
	1 1/4	120	14,0	63	89	21	57	14	21	4	16
	1 1/2	130	15,5	73	98,5	22	62	16	22	4	16
	2	150	17,5	92	120,5	25	64	17	25	4	20
	2 1/2	180	20,5	105	139,5	29	70	19	29	4	20
	3	190	22,0	127	152,5	30	70	21	30	4	20
	4	230	22,0	157	190,5	33	76		33	8	20
	6	280	23,5	216	241,5	40	89		40	8	22
	8	345	27,0	270	298,5	44	102		44	8	22
	10	405	28,5	324	362	49	102		49	12	26
	12	485	30,0	381	432	56	114		56	12	26
	14	535	33,0	413	476	57	127		79	12	30
	16	600	35,0	470	540	64	127		87	16	30
	18	635	38,0	533	578	68	140		97	16	33
20	700	41,0	584	635	73	145		103	20	33	
24	815	46,0	692	749,5	83	152		111	20	36	
300# (PN 50)	1/2	95	12,5	35	66,5	22	52	10	22	4	16
	3/4	120	14,0	43	82,5	25	57	11	25	4	20
	1	125	15,5	51	89	27	62	13	27	4	20
	1 1/4	135	17,5	63	98,5	27	65	14	27	4	20
	1 1/2	155	19,0	73	114,5	30	68	16	30	4	22
	2	165	20,5	92	127	33	70	17	33	8	20
	2 1/2	190	23,5	05	149	38	76	19	38	8	22
	3	210	27,0	127	168,5	43	79	21	43	8	22
	4	255	30,0	157	200	48	86		48	8	22
	6	320	35,0	216	270	52	98		52	12	22
	8	380	39,5	270	330	62	111		62	12	23
	10	445	46,0	324	387,5	67	117		95	16	30
	12	520	49,0	381	451	73	130		102	16	33
	14	585	52,0	413	514,5	76	143		111	20	33
	16	650	55,5	470	571,5	83	146		121	20	36
	18	710	58,5	533	682,5	89	159		130	24	36
20	775	61,5	584	686	95	162		140	24	36	
24	915	68,0	692	813	106	168		152	24	42	

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 118)

Folha 1 de 2

## 38. FLANGES DE AÇO FORJADO

## 38.1. Dimensões de Acordo com a Norma ANSI/ASME B.16.5 (continuação)

Classe de pressão	Diâmetro nominal (pol.)	Dimensões (mm)								Furos	
		A	B	C	D	E	F	G	H	Quantid.	Diâmetro
400# (PN 68) (Para diâmetros menores usar a classe 600#)	4	255	35,0	157	200	51	89		51	8	26
	6	320	41,5	216	270	57	103		57	12	26
	8	380	48,0	270	330	68	118		68	12	30
	10	445	54,0	334	387,5	73	124		102	16	33
	12	520	57,5	381	451	79	136		108	16	36
	14	585	60,5	413	514,5	84	149		117	20	36
	16	650	63,5	470	571,5	94	152		127	20	39
	18	710	67,0	533	628,5	98	165		137	24	39
600# (PN 100)	20	775	70,0	584	686	102	168		146	24	42
	24	915	76,5	692	813	114	175		159	24	48
	1/2	95	14,5	35	66,5	22	52	10	22	4	16
	3/4	120	16,0	43	82,5	25	57	11	25	4	20
	1	125	17,5	51	89	27	62	13	27	4	20
	1 1/4	135	21,0	63	98,5	29	67	14	29	4	20
	1 1/2	155	22,5	73	114,5	32	70	16	32	4	22
	2	165	25,5	92	127	37	73	17	37	8	20
	2 1/2	190	29,0	105	149	41	79	19	41	8	22
	3	210	32,0	127	168,5	46	83	21	46	8	22
	4	275	38,5	157	216	54	102		54	8	26
	6	356	48,0	216	292	67	117		67	12	30
	8	420	55,5	270	349	76	133		76	12	33
	10	510	63,5	324	432	86	152		111	16	36
	12	560	66,5	381	489	92	156		117	20	36
	14	605	70,0	413	527	94	165		127	20	39
16	685	76,5	470	603	106	178		140	20	42	
18	745	83,0	533	654	117	184		152	20	45	
20	815	89,0	584	724	127	190		165	24	45	
24	940	102,0	692	838	140	203		184	24	52	
900# (PN 150) (Para diâmetros menores usar a classe 1500#)	3	240	38,5	127	190,5	54	102		54	8	26
	4	295	44,5	157	235	70	114		70	8	32
	6	380	56,0	216	317,5	86	140		86	12	32
	8	470	63,5	270	393,5	102	162		112	12	39
	10	545	70,0	324	470	108	184		127	16	39
	12	610	79,5	381	533,5	117	200		143	20	39
	14	640	86,0	413	559	130	213		156	20	42
	16	705	89,0	470	616	133	216		165	20	45
	18	785	102,0	533	686	152	229		191	20	52
	20	855	108,0	584	749,5	159	248		210	20	54
24	1.040	140,0	692	901,5	203	292		287	20	68	
1500# (PN 250)	1/2	120	22,5	35	82,5	32	60	10	32	4	22
	3/4	130	25,5	43	89	35	70	11	35	4	22
	1	150	29,0	51	101,5	41	73	13	41	4	26
	1 1/4	160	29,0	63	111	41	73	14	41	4	26
	1 1/2	180	32,0	73	124	44	83	16	44	4	30
	2	215	38,5	92	165	57	102	17	57	8	26
	2 1/2	245	41,5	105	190,5	64	105	19	64	8	30
	3	270	48,0	127	203	73	118		73	8	33
	4	310	54,0	157	241,5	90	124		90	8	36
	6	395	83,0	216	317,5	119	171		119	12	39
	8	465	92,0	270	393,5	143	213		143	12	45
	10	585	108,0	324	482,5	159	254		178	12	52
	12	675	124,0	381	571,5	181	283		219	16	56
	14	750	133,5	413	635		298		241	16	60
	16	825	146,5	470	705		311		260	16	68
	18	915	162,0	533	774,5		327		276	16	76
20	985	178,0	584	832		356		292	16	80	
24	1.170	203,5	692	990,5		406		330	16	94	
2500# (PN 420)	1/2	135	30,5	35	89	40	73		40	4	22
	3/4	140	32,0	43	95	43	79		43	4	22
	1	160	35,0	51	108	48	89		48	4	26
	1 1/4	185	38,5	63	130	52	95		52	4	30
	1 1/2	205	44,5	73	146	60	111		60	4	33
	2	235	51,0	92	171,5	70	127		70	8	30
	2 1/2	270	57,5	105	197	79	143		79	8	33
	3	305	67,0	127	228,5	92	168		92	8	36
	4	355	76,5	157	273	108	190		108	8	42
	6	485	108,0	216	368,5	152	273		152	8	58
	8	550	127,0	270	438	178	318		178	12	56
	10	675	165,5	324	539,5	229	419		229	12	68
12	760	184,5	381	619	254	464		254	12	76	

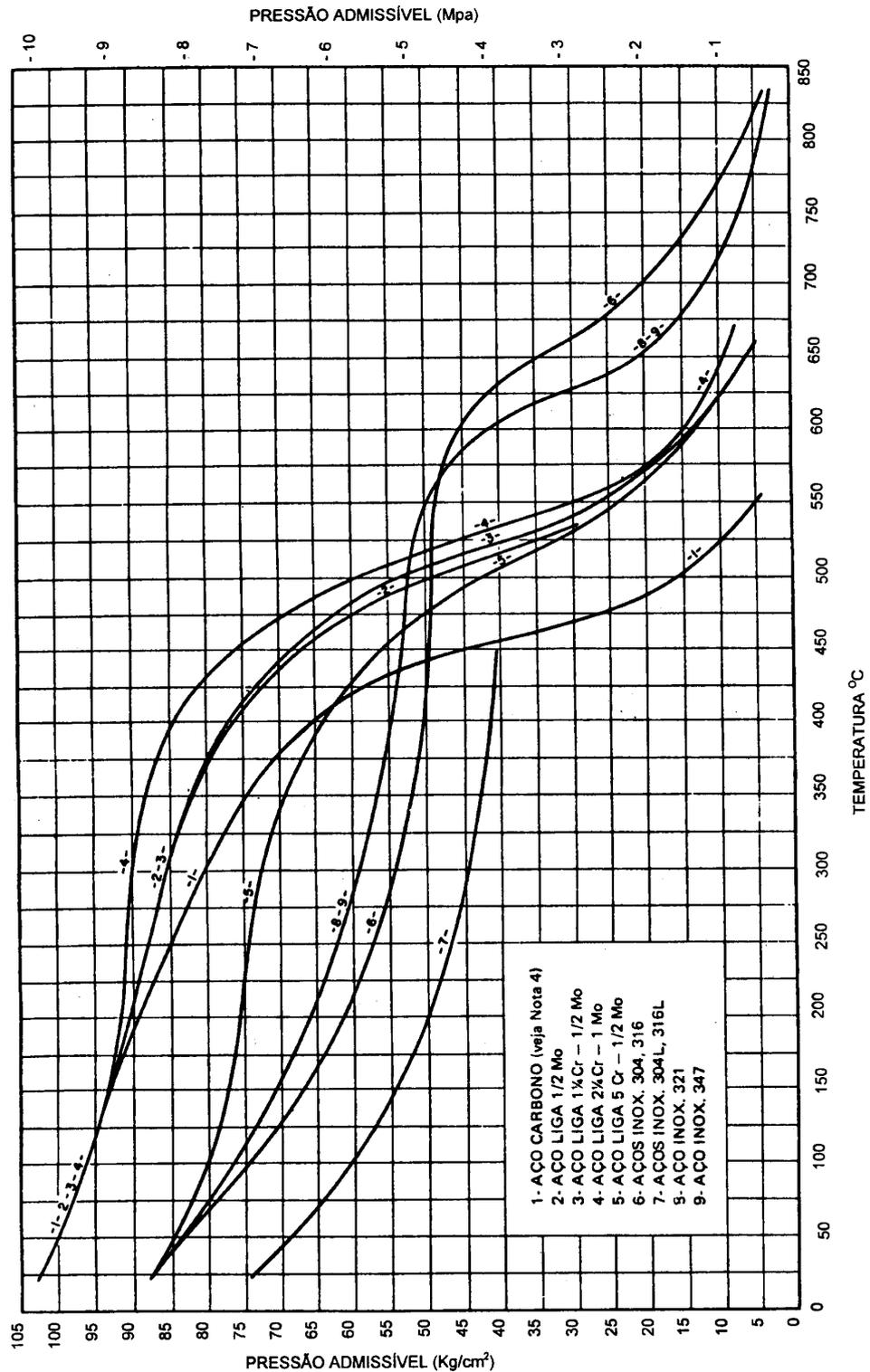
ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 119)

Folha 2 de 2

**39. PRESSÕES ADMISSÍVEIS PARA FLANGES DE AÇO FORJADO**

Curvas de pressões admissíveis/temperaturas, para diversos materiais, de acordo com a norma ANSI/ASME B. 16.5 (1977) (Veja Notas na pág. 121).

c) Curvas para a classe de pressão 600# (PN 100)

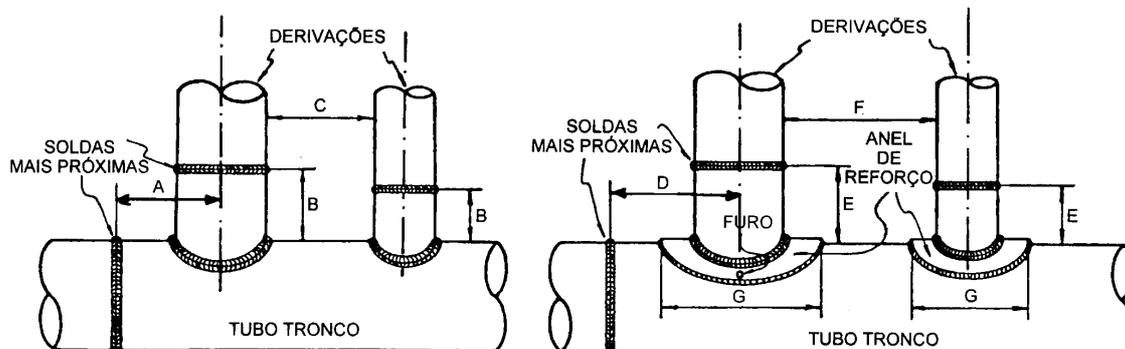


ANEXO 2 – Livro de Tabelas (pág. 123)

Folha 1 de 1

## DERIVAÇÕES SOLDADAS (BOCAS DE LOBO)

a) Distâncias mínimas recomendadas

Derivações sem anel de reforço  
Fig. 1Derivações com anel de reforço  
Fig. 2

Diâmetro nominal da derivação (pol.)	Distâncias mínimas recomendadas (mm)						Diâmetro do anel de reforço G (mm)
	Fig. 1			Fig. 2			
	A	B	C	D	E	F	
4 e menor	152	102	102	203	140	203	225
6	203	127	127	279	165	279	330
8	254	152	152	356	203	356	435
10	305	178	178	432	241	432	540
12	356	203	203	508	279	508	640
14	381	216	216	559	305	559	700
16	432	229	229	635	330	635	800
18	483	254	254	711	356	711	900
20	533	279	279	787	381	787	1.050
24	610	305	305	914	406	914	1.205

- Notas:
1. Para determinar a necessidade ou não do anel de reforço veja o nomograma da pág. 157.
  2. Para derivações adjacentes de diâmetros diferentes considerar o maior diâmetro.
  3. Quando houver isolamento térmico as distâncias "C" devem ser aumentadas para manter a folga mínima livre.
  4. As distâncias mínimas da tabela foram determinadas visando principalmente diminuir as distorções devido a soldas muito próximas. Não foi levado em conta o efeito da concentração de tensões, que deverá ser considerado quando exigido pelas normas.
  5. As distâncias A, B, D e E valem também para as extremidades das peças pré-fabricadas.
  6. As derivações com colares forjados (Tabela 50) não necessitam anel de reforço.
  7. Os anéis de reforço para derivações até 10" de diâmetro devem ter um furo passante, com rosca 1/4" NPT. Para derivações de diâmetros maiores o anel deve ter dois furos espaçados de 180°.

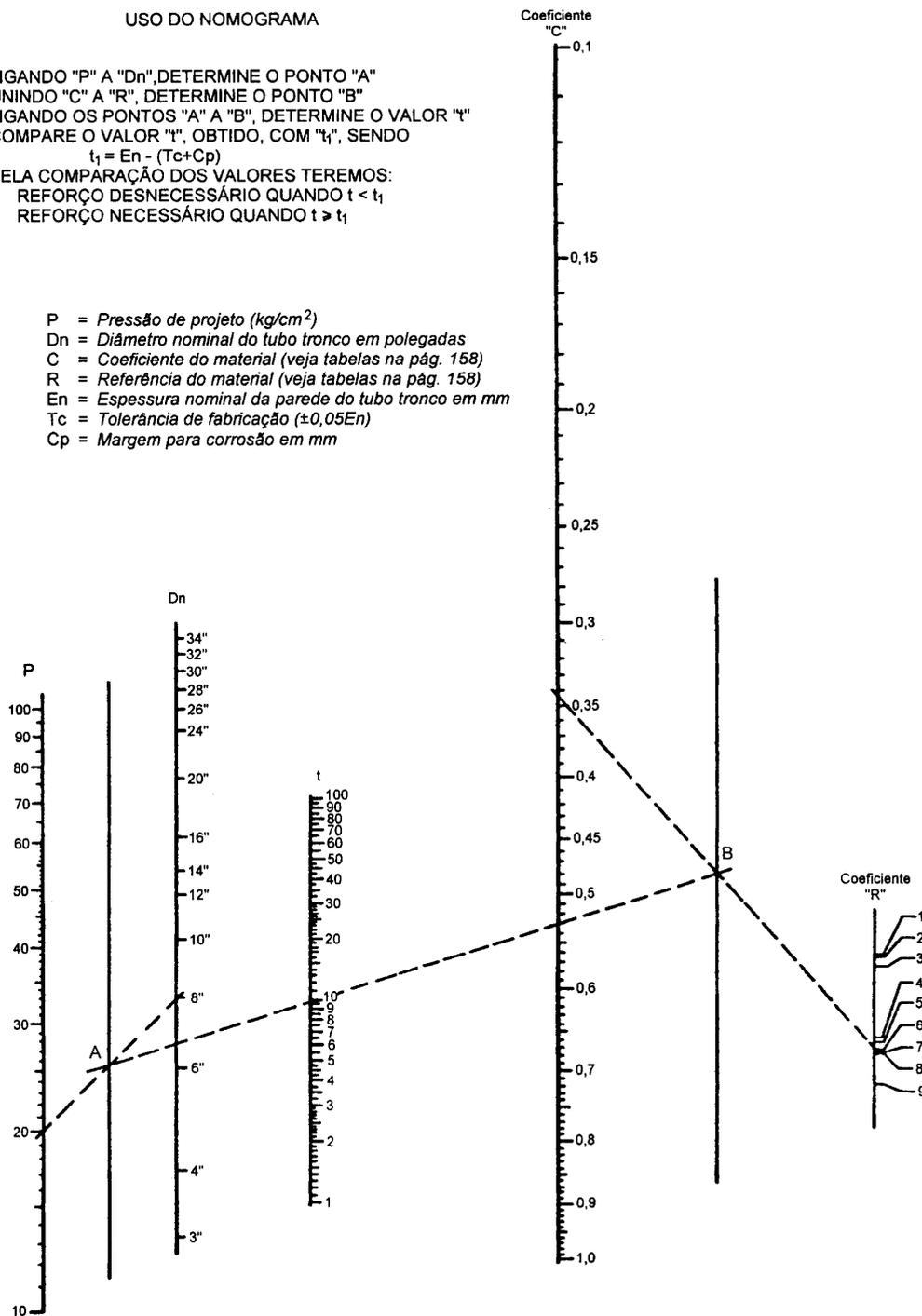
DERIVAÇÕES SOLDADAS (BOCAS DE LOBO) – Continuação

b) Nomograma para a determinação da necessidade de Anel de Reforço

USO DO NOMOGRAMA

- 1) LIGANDO "P" A "Dn", DETERMINE O PONTO "A"
- 2) UNINDO "C" A "R", DETERMINE O PONTO "B"
- 3) LIGANDO OS PONTOS "A" A "B", DETERMINE O VALOR "t"
- 4) COMPARE O VALOR "t", OBTIDO, COM "t<sub>1</sub>", SENDO  
 $t_1 = En - (Tc + Cp)$
- 5) PELA COMPARAÇÃO DOS VALORES TEREMOS:  
 REFORÇO DESNECESSÁRIO QUANDO  $t < t_1$   
 REFORÇO NECESSÁRIO QUANDO  $t \geq t_1$

P = Pressão de projeto (kg/cm<sup>2</sup>)  
 Dn = Diâmetro nominal do tubo tronco em polegadas  
 C = Coeficiente do material (veja tabelas na pág. 158)  
 R = Referência do material (veja tabelas na pág. 158)  
 En = Espessura nominal da parede do tubo tronco em mm  
 Tc = Tolerância de fabricação ( $\pm 0,05En$ )  
 Cp = Margem para corrosão em mm



ANEXO 3 – Livro de Tabelas (pág. 157)  
 Folha 2 de 3

## DERIVAÇÕES SOLDADAS (BOCAS DE LOBO) – Continuação

c) Coeficientes "R" e "C" do nomograma (ANEXO 3 – Folha 2 de 3)

MATERIAIS	Coef. "R"
ASTM A-312 Gr TP 304L	1
ASTM A-312 Gr TP 316L	2
ASTM A-53 GrA, A-106 GrA, API-5L GrA	3
ASTM A-335 Gr P1	4
ASTM A-312 Gr TP 304	5
ASTM A-335 Gr P5, Gr P-9	6
ASTM A-335 Gr P11, Gr P12, Gr P22	7
ASTM A-312 Gr TP 310, 316, 321, 347	8
ASTM A-53 Gr B, A-106 Gr B, API-5L Gr B	9

VALORES DO COEFICIENTE "C"														
TEMP °C	AÇO CARBONO		AÇOS-LIGA FERRÍTICOS						AÇOS AUSTENÍTICOS					
	ASTM A-53 Gr A A-106 Gr A API-5L Gr A	ASTM A-53 Gr B A-106 Gr B API-5L Gr B	ASTM A 335						ASTM A 312					
			P1	P5	P9	P11	P12	P22	TP310	TP321 & 347	TP304	TP 304L	TP316	TP 316L
50	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
100	0,959	0,959	0,965	0,958	0,959	0,975	0,975	0,975	0,998	0,988	0,899	0,967	0,995	0,991
150	0,913	0,916	0,931	0,917	0,920	0,946	0,943	0,946	0,986	0,905	0,818	0,840	0,954	0,926
200	0,874	0,875	0,899	0,877	0,879	0,922	0,917	0,922	0,972	0,848	0,751	0,718	0,935	0,782
250	0,834	0,834	0,865	0,835	0,840	0,896	0,888	0,895	0,949	0,816	0,694	0,639	0,920	0,716
300	0,793	0,794	0,829	0,794	0,799	0,889	0,861	0,869	0,925	0,799	0,647	0,592	0,913	0,665
350	0,752	0,750	0,795	0,754	0,759	0,844	0,836	0,846	0,897	0,791	0,607	0,559	0,909	0,623
400	0,675	0,654	0,761	0,713	0,718	0,821	0,807	0,821	0,866	0,784	0,567	0,533	0,901	0,582
450			0,725	0,671	0,677	0,778	0,766	0,778	0,802	0,764	0,532		0,882	
500			0,599	0,588	0,605	0,630	0,630	0,630	0,692	0,743	0,503		0,822	
550			0,343	0,343	0,387	0,364	0,343	0,371	0,495	0,711	0,473		0,705	
600				0,163	0,163	0,195	0,134	0,210	0,240	0,609	0,387		0,530	

ANEXO 3 – Livro de Tabelas (pág. 158)

Folha 3 de 3

## JUNTAS DE EXPANSÃO COM FOLE E CANO GUIA DE AÇO INOXIDÁVEL

### DESCRIÇÃO

A junta de expansão consiste de um fole metálico com terminais soldados pelo método Argonarc. Todo o conjunto é guiado, internamente, por um cano rígido, soldado num dos terminais.

O fole e o cano guia fabricam-se, normalmente, de aço inoxidável AISI 321 (18% Ni 10% Cr), em uma só peça, podendo-se fornecê-los de aço inoxidável AISI-316 ou outras ligas. Foi escolhido o tipo 321 pela sua estabilidade a altas temperaturas (liga estabilizada com titânio).

Os terminais são com pontas para solda (stub-ends) de cano de aço sem costura, ou com flanges soldados, padrão ANSI-B 16, classe 150 e 300, ou DIN-ND 10, 16, 25 ou 40.

Para casos especiais, os terminais podem ser inteiramente de aço inoxidável e também segundo outro padrão.

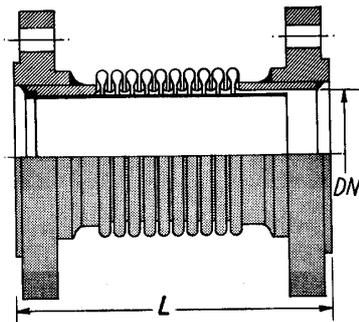
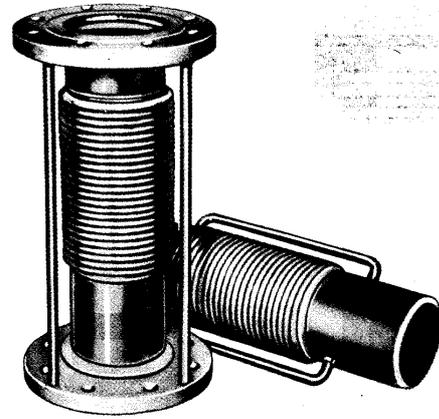


FIG. 643

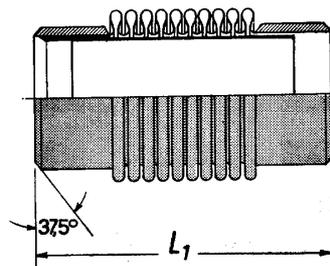


FIG. 642

DIÂMETRO NOMINAL		COMPRIMENTO TOTAL L EM mm PARA ABSORVER DILATAÇÕES DE mm						
Polegadas	mm	25	38	50	63	75	89	100
1/2"	13	185	235	380	430	485	535	585
3/4"	19	190	240	385	435	490	540	590
1"	25	200	250	395	445	500	550	600
1 1/4"	32	205	255	400	450	505	555	605
1 1/2"	38	210	260	405	455	510	560	610
2"	50	220	270	410	460	515	565	615
2 1/2"	63	230	285	415	470	520	575	625
3"	75	235	285	415	470	525	575	625
4"	100	250	305	435	495	550	605	655
5"	125	280	340	460	520	580	635	695
6"	150	285	350	475	535	600	660	720
8"	200	310	365	485	550	615	670	735
10"	250	320	380	495	560	620	685	745
12"	300	340	405	510	570	640	705	770
14"	350	370	425	525	590	660	720	790
16"	400	375	435	535	595	665	730	805
18"	450	385	450	545	595	670	735	815
20"	500	400	470	565	610	700	770	855

DIÂMETRO NOMINAL		COMPRIMENTO TOTAL L <sub>1</sub> EM mm PARA ABSORVER DILATAÇÕES DE mm						
Polegadas	mm	25	38	50	63	75	89	100
1/2"	13	175	225	370	420	475	525	575
3/4"	19	180	230	375	425	480	530	580
1"	25	185	235	380	430	485	535	585
1 1/4"	32	190	240	385	435	490	540	590
1 1/2"	38	195	245	390	440	495	545	595
2"	50	205	255	395	445	500	555	600
2 1/2"	63	215	270	400	455	505	560	610
3"	75	215	270	400	455	510	560	610
4"	100	230	285	415	475	530	585	635
5"	125	255	315	435	500	555	610	670
6"	150	265	325	450	515	575	635	695
8"	200	285	340	465	525	590	650	710
10"	250	295	360	470	535	600	660	720
12"	300	315	380	490	550	615	680	745
14"	350	345	400	505	565	640	695	770
16"	400	350	410	510	570	645	705	780
18"	450	360	425	520	570	650	715	795
20"	500	375	445	540	590	675	745	830

## JUNTAS DE EXPANSÃO

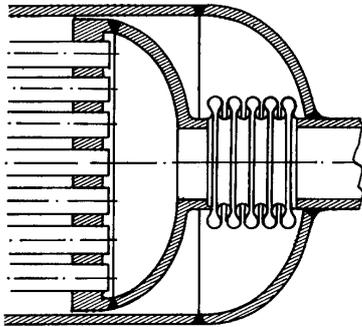


FIG. I

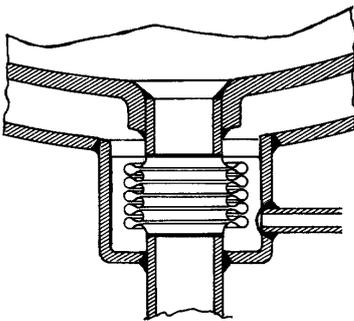


FIG. II

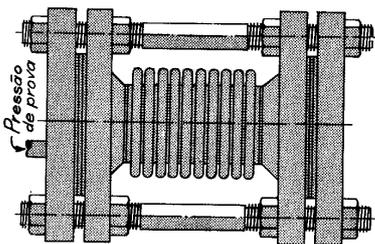


FIG. III

PRESSÃO DE SERVIÇO	
21 kgf/cm <sup>2</sup> (300 lbf/pol <sup>2</sup> )	(Nota 1)
TEMPERATURA DE SERVIÇO	
De - 40 a + 500° C (- 40 a + 932° F)	(Nota 2)

Notas:

- 1) Pressão de prova, hidrostática: 42 kgf/cm<sup>2</sup> (600 lbf/pol<sup>2</sup>). A pressão de serviço varia em função do diâmetro nominal, da temperatura do fluido e do tipo de conexões, podendo chegar até 66 kgf/cm<sup>2</sup>, em certos casos.
- 2) Para temperaturas além dos limites acima, sob consulta.

### INSTRUÇÕES PARA A INSTALAÇÃO

#### APLICAÇÃO

As juntas de expansão são elementos desenhados para absorver dilatações axiais em tubulações ou equipamentos, provocadas por variações de temperatura e/ou movimentos periódicos devidos a outras causas. Por sua estanqueidade e reduzido tamanho, substituem, com vantagem, as juntas telescópicas e as liras.

Também são de grande utilidade na construção de permutadores de calor, resfriadores, alambiques, aquecedores etc. Nesses casos, aconselhamos consultar o nosso departamento técnico, para instruções especiais de instalação.

#### INSTALAÇÃO

Recomendamos observar as seguintes instruções, para obter o máximo rendimento:

As juntas de expansão são entregues pré-estiradas, cerca de 50% do curso total, mediante 2 varetas que se devem retirar uma vez instalado o elemento. O valor "L", mencionado na tabela de dimensões, é o comprimento certo para cortar o encanamento, à temperatura normal (20° C). Quando destinadas a instalações de refrigeração as juntas vêm pré-comprimidas. Deve ser mencionada essa condição nas encomendas.

Se, na ocasião do recebimento, for efetuada prova hidráulica, deve-se colocar duas varetas roscadas (Fig. III) para anular a ação axial. Estas varetas devem ser mantidas também durante a prova do encanamento ou os pontos fixos (ancoragem) devem ser reforçados, prevendo o esforço resultante da pressão de prova.

#### NUNCA TORCER AS JUNTAS!

Ao soldar os contra-flanges, deve-se ter a certeza de que as suas faces fiquem perpendiculares ao eixo do encanamento.

Não danificar a junta de expansão durante a montagem, como consequência de golpes acidentais ou pingos de solda. Aconselhamos executar a montagem com "carretéis", substituindo-os pelas juntas apenas na etapa final do trabalho.

## JUNTAS DE EXPANSÃO

Os golpes de ariete são prejudiciais às juntas de expansão. Devem ser eliminados ou, pelo menos, atenuados.

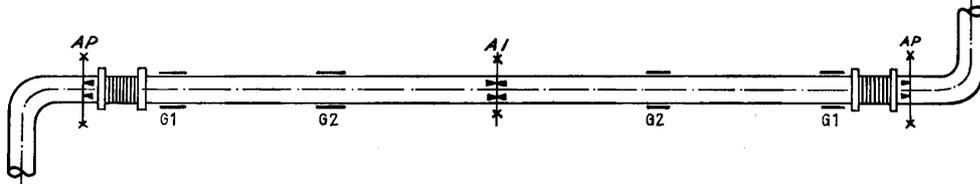


FIG. IV

Para cada junta de expansão o trecho de encaimento deverá ter ancoragens AP (pontos fixos) em seus extremos (Fig. IV). Como a reação axial deve equilibrar a ação axial do fole, as ancoragens principais deverão ser projetadas de tal forma que resistam à força resultante do produto entre a seção do encaimento e a pressão de trabalho ou de prova, respectivamente. Ver gráfico à página 226. Quando os valores obtidos superam as possibilidades de ancoragem, recomendamos utilizar as nossas juntas de expansão com tensores ou sistemas articulados especiais.

Como as juntas de expansão não devem suportar mais que o seu próprio peso, é indispensável a colocação de guias G (Fig. IV) a espaços regulares.

A distância da primeira guia à junta de expansão não deverá ser maior que 4 vezes o diâmetro do encaimento; a seguinte 14 vezes e as restantes 50 vezes.

As guias devem permitir o livre deslocamento axial do encaimento, porém evitar todo o jogo transversal (Fig. V).

As juntas de expansão podem ser isoladas externamente, tomando-se precauções para não impedir o livre movimento longitudinal.

O sentido de fluxo está indicado, nas juntas de expansão, por setas estampadas nos terminais.

Para calcular o valor da dilatação térmica axial, aplica-se a seguinte fórmula:

$$X = L \cdot \Delta T \cdot K$$

Sendo:

- X — Dilatação térmica axial em mm.
- L — Comprimento total do trecho de encaimento, em metros.
- $\Delta T$  — Máxima diferença de temperaturas, em °C.
- K — Constante de dilatação térmica.

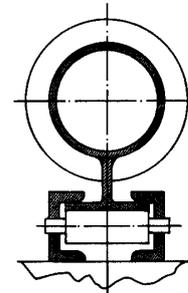
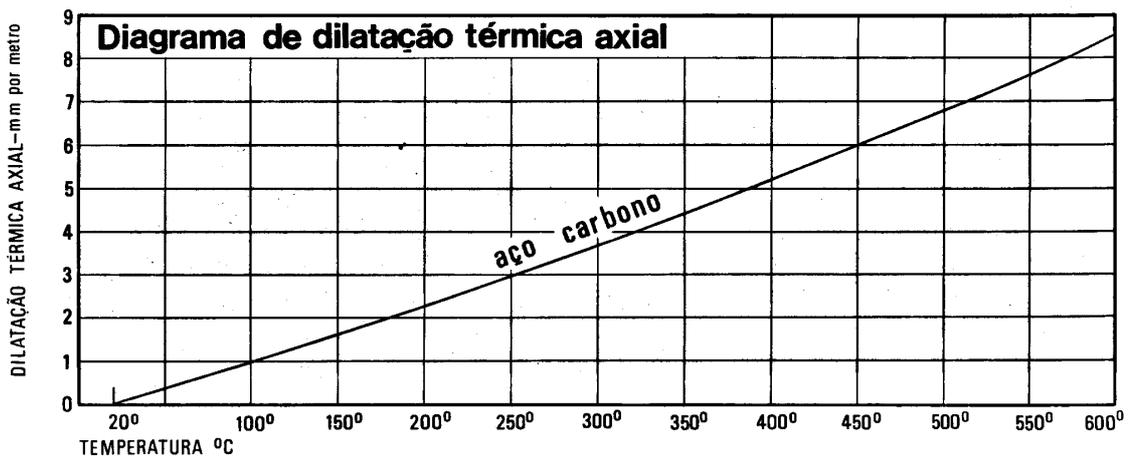


FIG. V

MATERIAL	CONSTANTE K					
	0-100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
Aço carbono	0,0120	0,0126	0,0131	0,0136	0,0141	0,0147
Aço inoxidável - 18 Cr. 8 Ni.	0,0168	0,0175	0,0180	0,0184	0,0188	0,0191
Alumínio	0,0238					
Cobre	0,0165					
Ferro fundido	0,0110					



# *AULA 3*

*Volume I do Livro Texto*

## **CONTEÚDO:**

- *Capítulo 4*

**Válvulas**

# VÁLVULAS

**DEFINIÇÃO:** DISPOSITIVOS DESTINADOS A ESTABELEECER, CONTROLAR E INTERROMPER O FLUXO EM UMA TUBULAÇÃO.

**REPRESENTAM, APROXIMADAMENTE, 1/3 DO VALOR DA TUBULAÇÃO**

## CLASSIFICAÇÃO DAS VÁLVULAS

### 1 – Válvulas de Bloqueio

*Destinam-se apenas a estabelecer ou interromper o fluxo, ou seja só devem trabalhar completamente abertas ou completamente fechadas.*

- Válvulas de gaveta
- Válvulas de macho
- Válvulas de esfera
- Válvulas de comporta

**COSTUMAM SER SEMPRE DO MESMO DIÂMETRO NOMINAL DA TUBULAÇÃO**

### 2 – Válvulas de Regulagem

*São destinadas especificamente para controlar o fluxo, podendo trabalhar em qualquer posição de fechamento parcial.*

- Válvulas de globo
- Válvulas de agulha
- Válvulas de controle
- Válvulas de borboleta
- Válvulas de diafragma

Podem trabalhar como válvulas de bloqueio

**POR MOTIVO DE ECONOMIA, COSTUMAM SER DE DIÂMETRO NOMINAL MENOR QUE O DA TUBULAÇÃO**

### 3 – Válvulas que Permitem o Fluxo em um só Sentido

- Válvulas de retenção
- Válvulas de retenção e fechamento
- Válvulas de pé

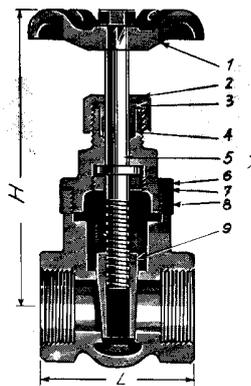
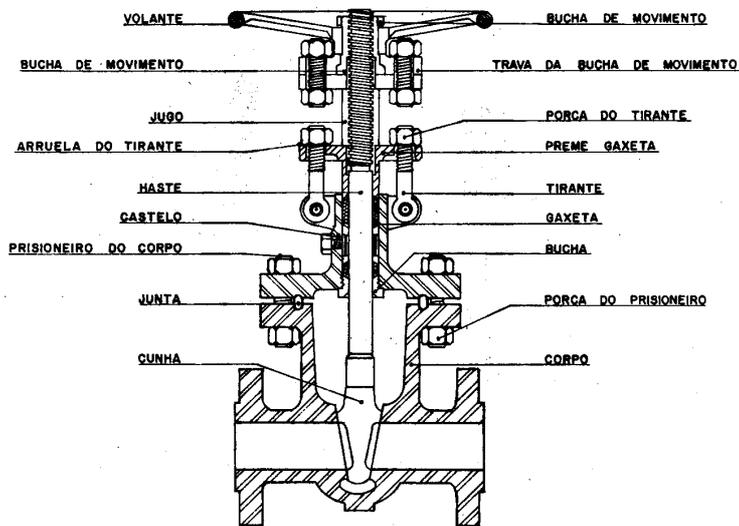
### 4 – Válvulas que Controlam a Pressão de Montante

- Válvulas de segurança e de alívio
- Válvulas de contrapressão
- Válvulas de excesso de vazão

### 5 – Válvulas que Controlam a Pressão de Jusante

- Válvulas redutoras e reguladoras de pressão
- Válvulas de quebra-vácuo

## CONSTRUÇÃO DAS VÁLVULAS



- CORPO E CASTELO** →
  - Castelo rosqueado diretamente ao corpo
  - Castelo preso ao corpo por uma porca de união
  - Castelo parafusado
- MECANISMO INTERNO E GAXETAS** →
  - Mecanismo móvel →
    - Haste →
      - ascendente
      - não ascendente
    - Peças de fechamento)
  - Sedes (orifício das válvulas)
- EXTREMIDADES** →
  - Flangeadas
  - Para solda ( de encaixe e de topo)
  - Rosqueadas
  - Bolsas
  - Sem flange (tipo "wafer")

## MEIOS DE OPERAÇÃO DAS VALVULAS

### OPERAÇÃO MANUAL

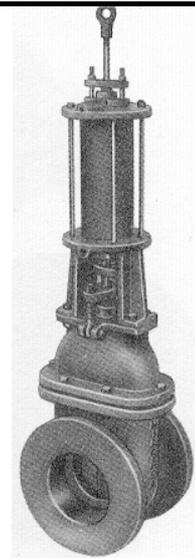
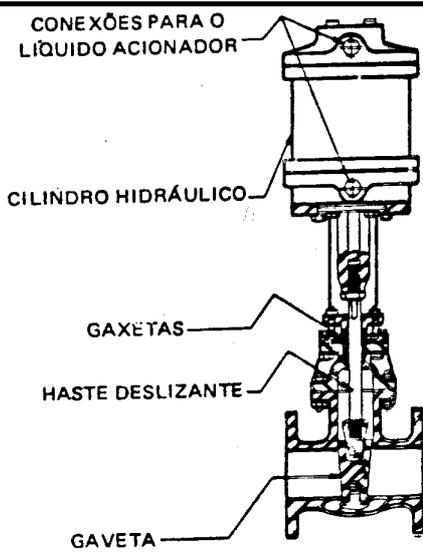
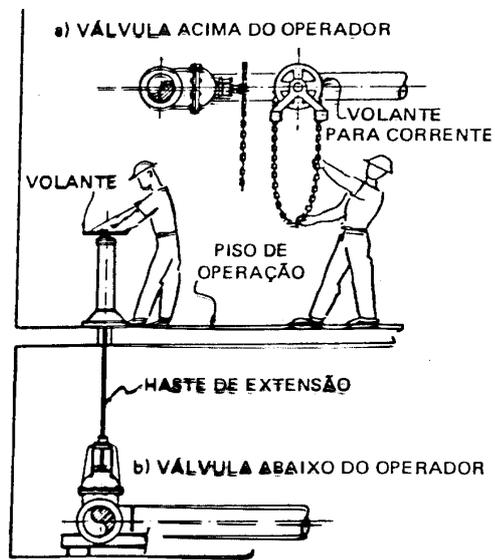
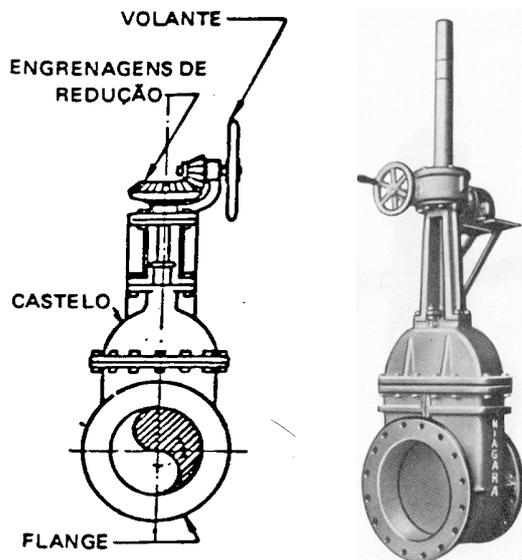
Por meio de volante  
 Por meio de alavanca  
 Por meio de engrenagens, parafusos sem-fim etc.

### OPERAÇÃO MOTORIZADA (Força motriz externa)

Pneumática  
 Hidráulica  
 Elétrica

### OPERAÇÃO AUTOMÁTICA (Dispensa ação externa)

Pelo próprio fluido  
 Por meio de molas e contrapessos



## VÁLVULAS DE GAVETA

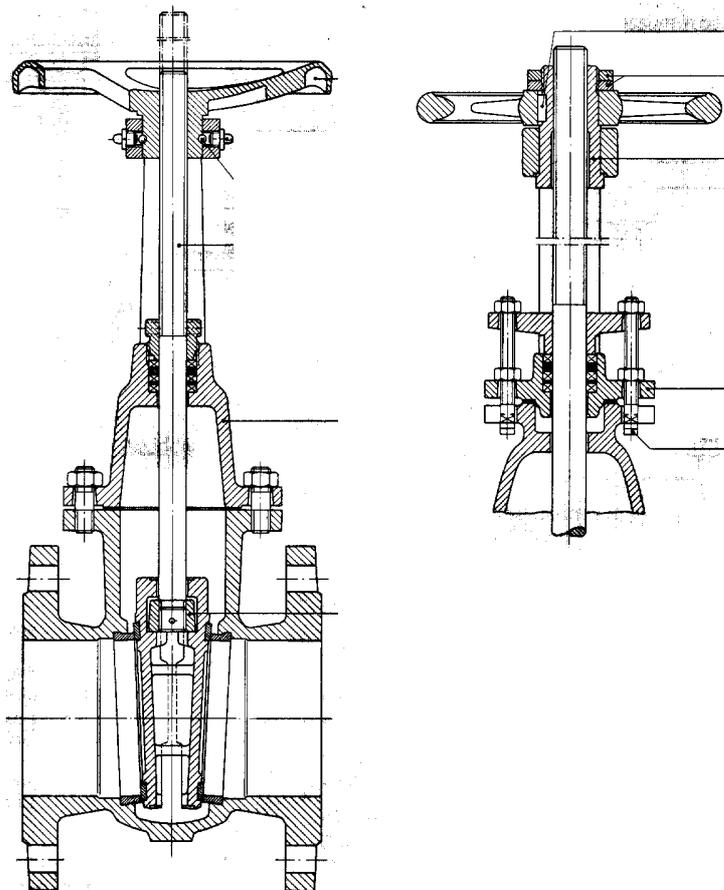
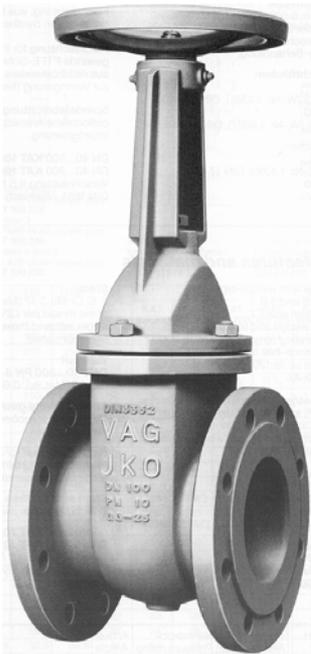
UTILIZADA EM QUALQUER DIÂMETRO, EM TUBULAÇÕES DE ÁGUA, ÓLEO E LÍQUIDOS EM GERAL, DESDE QUE NÃO SEJAM MUITO CORROSIVOS NEM DEIXEM MUITOS SEDIMENTOS.

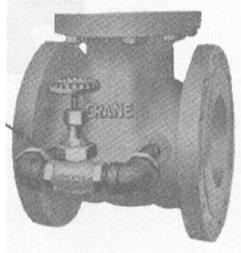
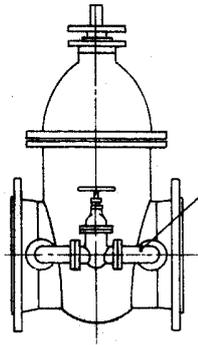
### VALORES MÉDIOS DOS COMPRIMENTOS EQUIVALENTE DE TUBOS PARA PERDA DE CARGA:

Válvula totalmente aberta		12	diâmetros do tubo
Válvula $\frac{3}{4}$ aberta		35	diâmetros do tubo
Válvula $\frac{1}{2}$ aberta		170	diâmetros do tubo
Válvula $\frac{1}{4}$ aberta		900	diâmetros do tubo

O FECHAMENTO LENTO EVITA GOLPES DE ARIETE, CONSEQUENTES DA PARALIZAÇÃO REPENTINA DO FLUXO

DIFICILMENTE DÃO FECHAMENTO ESTANQUE E COMO TEM O FECHAMENTO DE METAL CONTRA METAL, SÃO CONSIDERADAS DE SEGURANÇA CONTRA INCENDIO





AS VÁLVULAS DE GAVETA DE TAMANHO GRANDE PARA ALTA PRESSÃO COSTUMAM TER, INTEGRAL NA VÁLVULA, UMA PEQUENA TUBULAÇÃO CONTORNANDO A VÁLVULA (by-pass)

## VARIANTES DA VÁLVULA DE GAVETA

### 1 – Válvulas de comporta ou de guilhotina

NÃO DÃO FECHAMENTO ESTANQUE

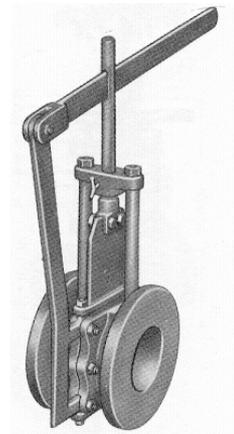
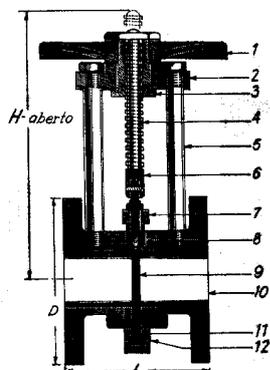
SÃO USADAS EM: →

EM GRANDES DIÂMETROS →

Ar, Gases e Água em baixa pressão

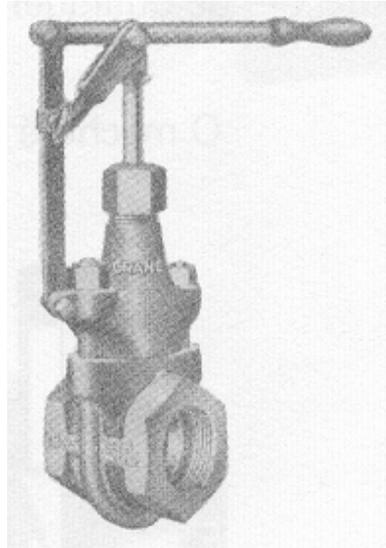
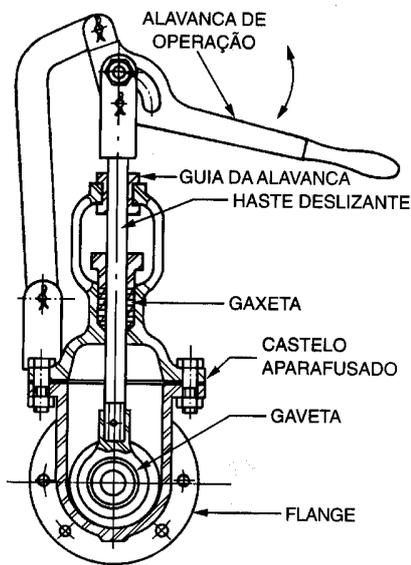
EM QUALQUER DIÂMETRO →

Para produtos espessos ou de alta viscosidade e para fluidos abrasivos

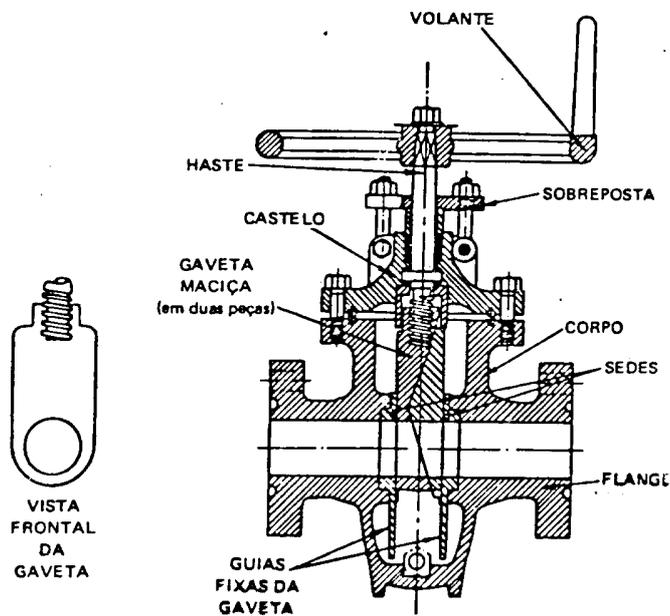


2 – Válvulas de fecho rápido

USADAS APENAS EM PEQUENOS DIÂMETROS EM SERVIÇOS QUE EXIJA O FECHAMENTO RÁPIDO (enchimento de carros, vasilhames etc.)



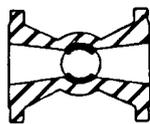
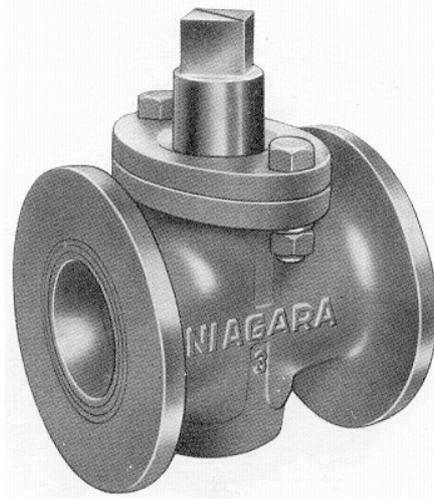
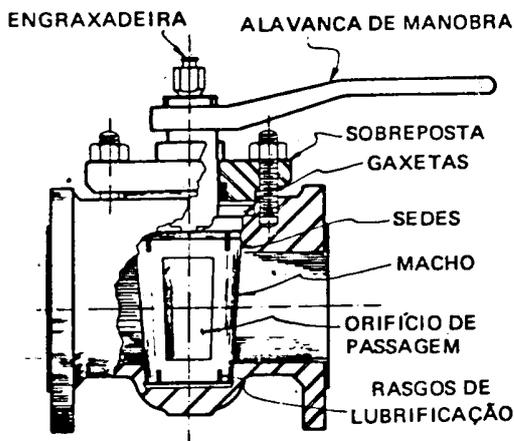
3 – Válvulas de passagem plena



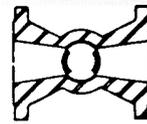
## VÁLVULAS DE MACHO

### APLICAÇÕES:

- Serviços de bloqueio de gases (em quaisquer diâmetros, temperaturas e pressões)
- No bloqueio rápido de água, vapor e líquidos em geral (em pequenos diâmetros e baixa pressão)
- Em serviços com líquidos que deixem sedimentos ou que tenham sólidos em suspensão



POSIÇÃO ABERTA

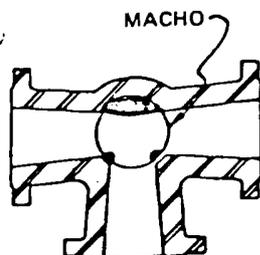


POSIÇÃO FECHADA

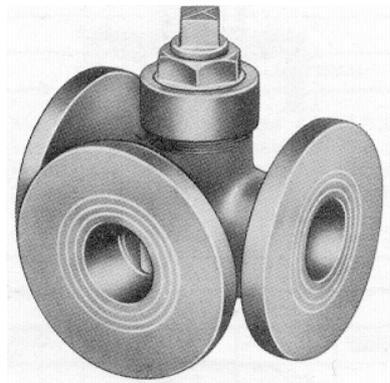
### VÁLVULAS DE 3 OU 4 VIAS

(O macho é furado em "T", em "L" ou em cruz)

**UTILIZADAS SOMENTE EM PEQUENOS DIÂMETROS, ATÉ 4"**



POSIÇÃO ABERTA



## VARIANTE DA VÁLVULA DE MACHO

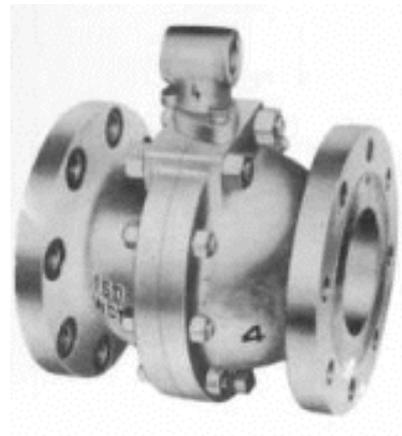
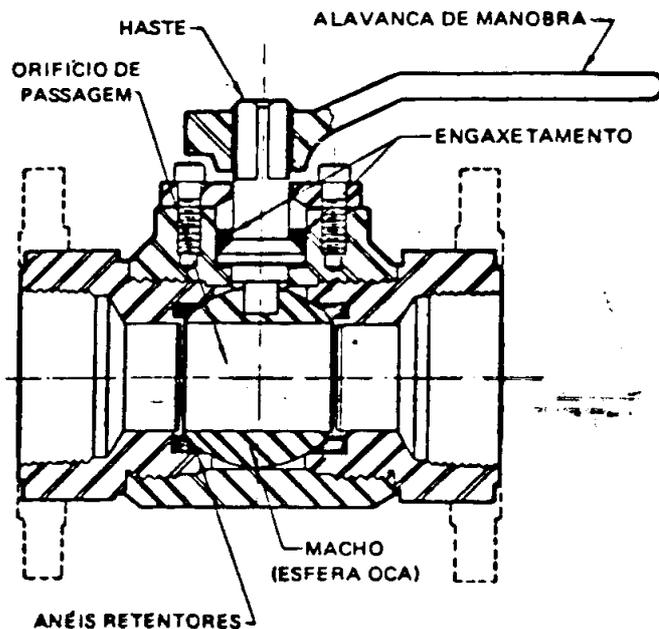
### Válvula de Esfera

MUITO EMPREGADA COMO SUBSTITUTA DA VÁLVULA DE GAVETA, DEVIDO AS SEGUINTE VANTAGENS:

- Menor tamanho e peso
- Melhor vedação
- Maior facilidade de operação
- Menor perda de carga

PODEM TRABALHAR COM FLUIDOS QUE TENDEM A DEIXAR DEPOSITOS SÓLIDOS, POR ARRASTE, POLIMERIZAÇÃO, COAGULAÇÃO ETC..

**PODEM SER DE PASSAGEM PLENA OU DE PASSAGEM REDUZIDA**

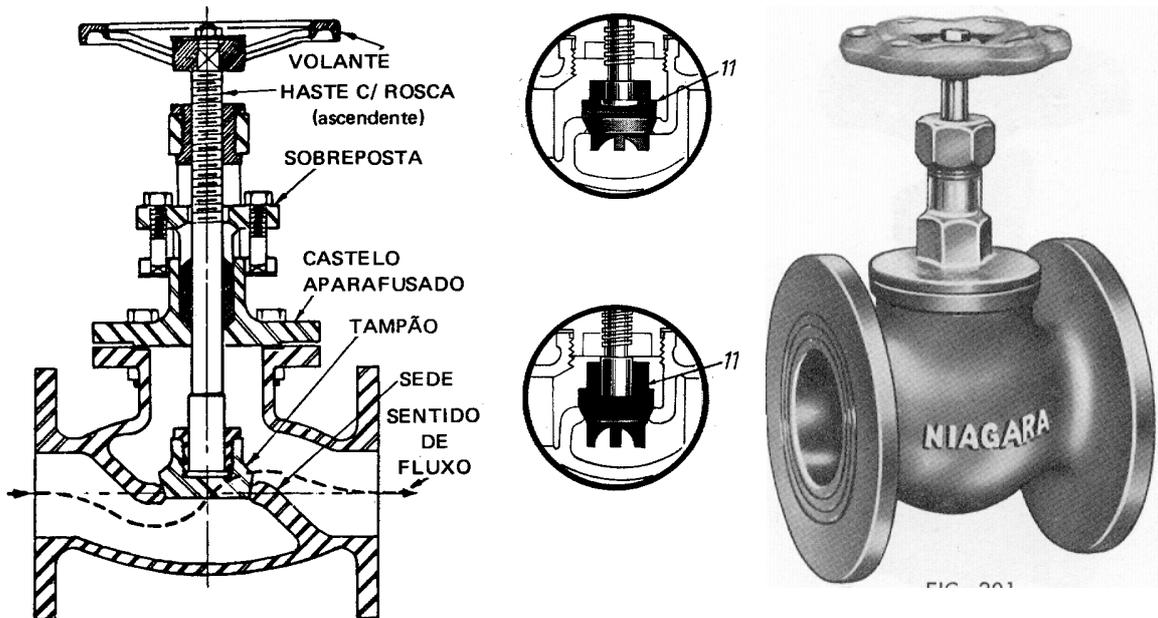


A ESFERA PODE TER O FURO EM "V" QUE PERMITE O EMPREGO TANTO PARA BLOQUEIO COMO PARA REGULAGEM

## VÁLVULAS DE GLOBO

### UTILIZAÇÃO

- Serviço de regulagem em linhas de água, óleo e líquidos em geral, bem como para vapor, ar e outros gases.
- Para bloqueio em linhas de vapor, para  $\varnothing$  de até 8"
- Para fechamento estanque em linhas de gases

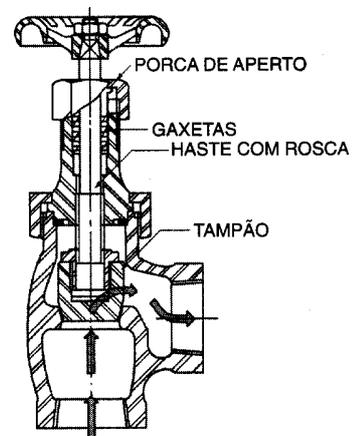


PARA VAPOR E OUTROS SERVIÇOS COM TEMPERATURA ELEVADA, SE HOUVER NECESSIDADE DE FECHAMENTO ESTANQUE, DEVE SER MONTADA COM O SENTIDO DE FLUXO INVERTIDO

## VARIANTES DAS VÁLVULAS DE GLOBO

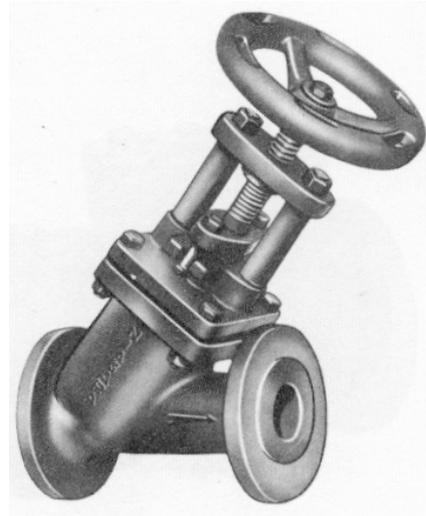
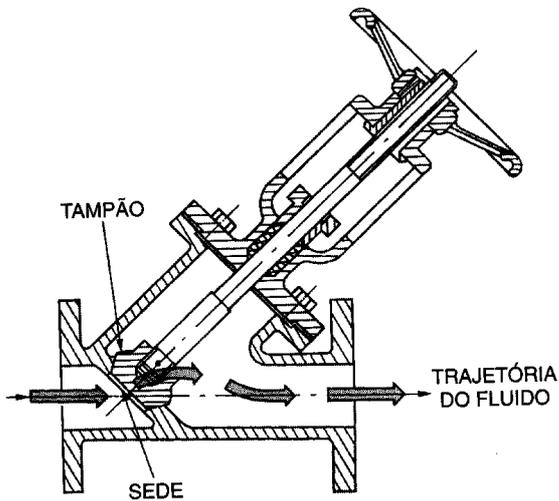
### 1 – Válvulas angulares

SÓ DEVEM SER USADAS EM UMA EXTREMIDADE LIVRE DA LINHA, PRINCIPALMENTE TRATANDO-SE DE LINHAS QUENTES.



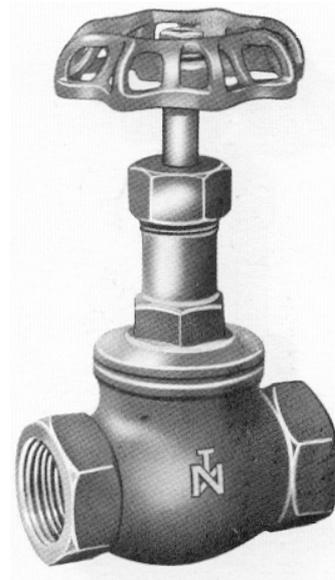
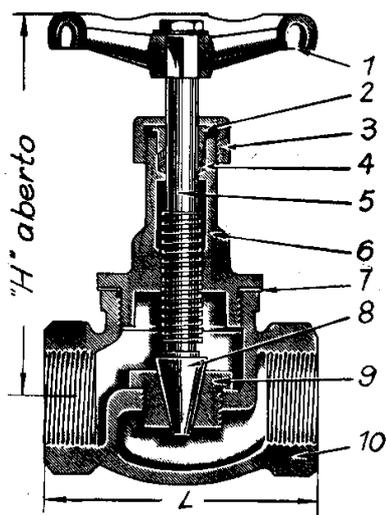
2 – Válvulas em “ Y ” (Passagem reta)

RECOMENDADAS PARA BLOQUEIO E REGULAGEM DE VAPOR E TAMBÉM PARA SERVIÇOS CORROSIVOS E EROSIVOS



Válvulas de Agulha

USADAS PARA REGULAGEM FINA DE LÍQUIDOS E GASES EM Ø DE ATÉ 2”



## VÁLVULAS DE RETENÇÃO

SÃO DE OPERAÇÃO AUTOMÁTICA E PERMITEM A PASSAGEM DO FLUIDO EM SOMENTE UM SENTIDO.

PROVOCAM UMA ALTA PERDA DE CARGA, SÓ DEVEM SER USADAS QUANDO FOREM DE FATO IMPRESSINDÍVEIS

### CASOS TÍPICOS DE EMPREGO

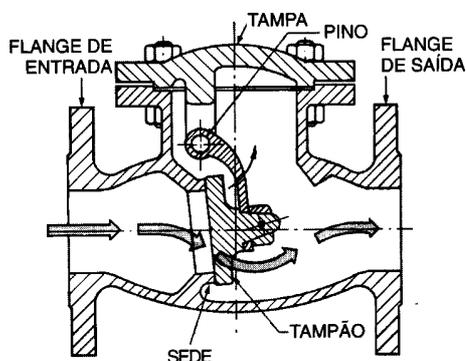
- Linhas de recalque de bombas, imediatamente após a bomba, quando houver mais de uma bomba em paralelo descarregando para o mesmo tronco.
- Linha de recalque de uma bomba para um reservatório elevado.
- Extremidade livre da linha de sucção de uma bomba não afogada

DEVEM SER INSTALADAS DE TAL MODO QUE A AÇÃO DA GRAVIDADE AJUDE O FECHAMENTO DA VÁLVULA

## TIPOS MAIS COMUNS

### 1 – Válvula de retenção de portinhola

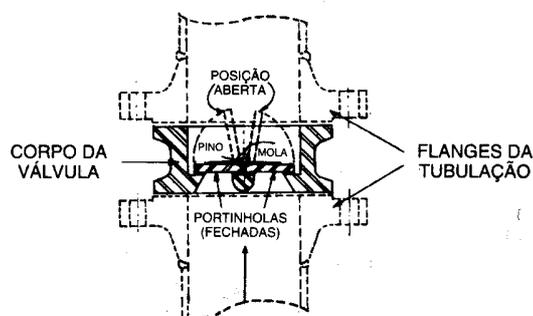
- Tipo mais usual para diâmetros de 2" ou maiores.
- Existem modelos diferentes para instalação horizontal e vertical.
- São empregadas para serviços com líquidos
- Não devem ser usadas em tubulações sujeita a freqüentes inversões do sentido de fluxo.



### PORTINHOLA DUPLA BI-PARTIDA

O modelo mais usual é do tipo "wafer" utilizados em diâmetros grandes.

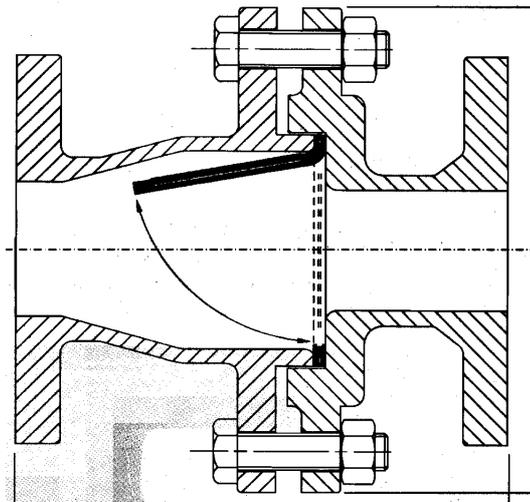
A portinhola é bi-partida e atuada por mola, não sendo assim necessário a ação da gravidade



**VÁLVULA DE DIAFRAGMA**

A peça de fechamento é uma lingüeta flexível de um material não metálico (borracha, plástico etc.).

São empregadas em pequenos diâmetros (até 6"), para serviços corrosivos, onde freqüentemente o corpo da válvula tem revestimento interno.

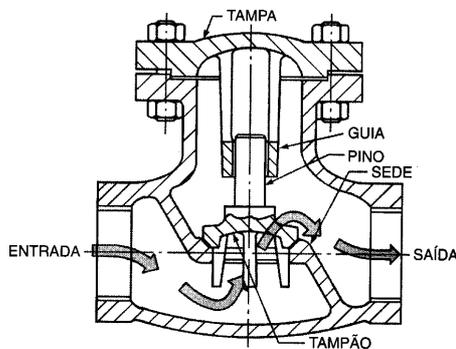


**2 – Válvulas de retenção de pistão**

SÃO ADEQUADAS PARA TRABALHO COM GASES E VAPORES

NÃO DEVEM SER USADAS PARA FLUIDOS QUE DEIXEM SEDIMENTOS OU DEPÓSITOS SÓLIDOS

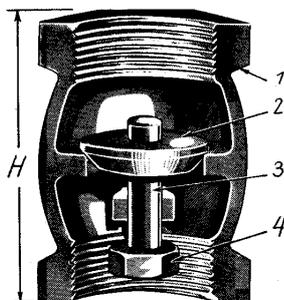
PODEM SER EMPREGADAS EM TUBULAÇÕES COM FLUXO PULSANTE OU SUJEITAS A VIBRAÇÕES



**HORIZONTAL**



FIG. 349 FL

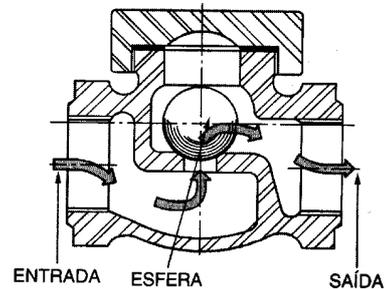


**VERTICAL**



3 – Válvula de retenção de esfera

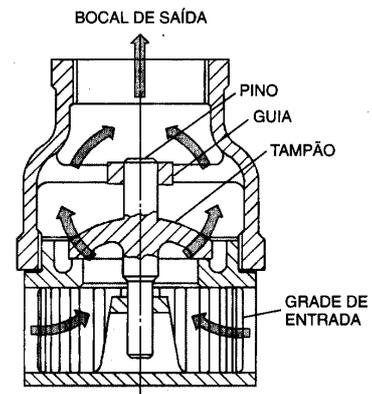
SÃO UTILIZADAS PARA FLUIDOS DE ALTA VISCOSIDADE, EM DIÂMETROS DE ATÉ 2".



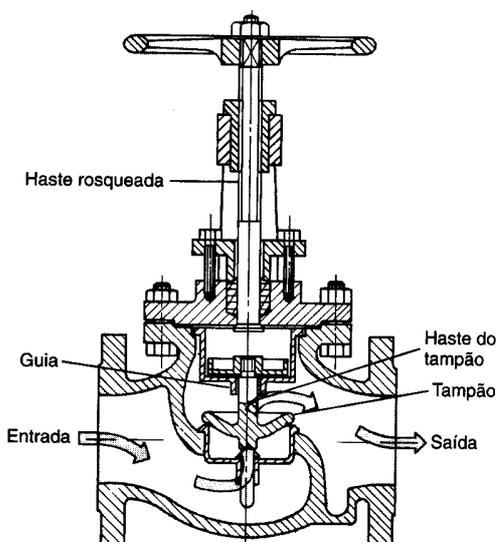
VARIANTES DA VÁLVULAS DE RETENÇÃO

1 – Válvula de Pé

UTILIZADAS PARA MANTER ESCORVA EM LINHAS DE SUÇÃO DE BOMBAS.



2 – Válvula de retenção e fechamento



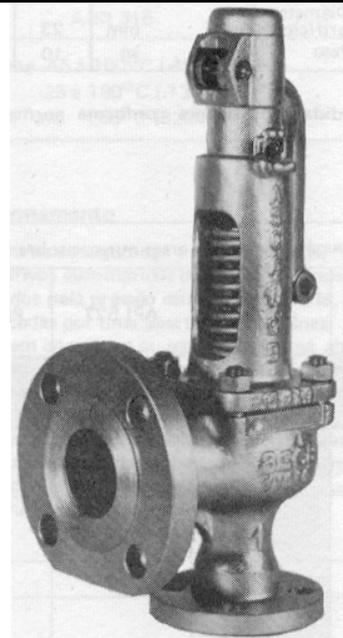
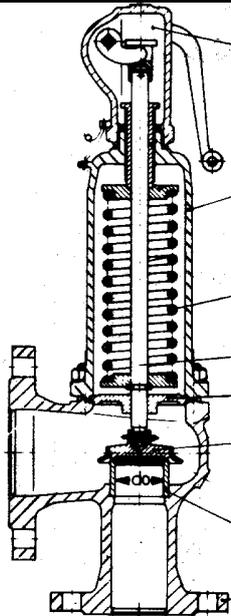
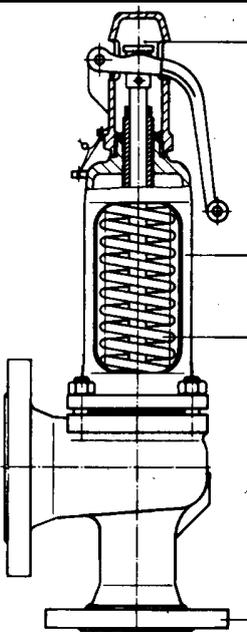
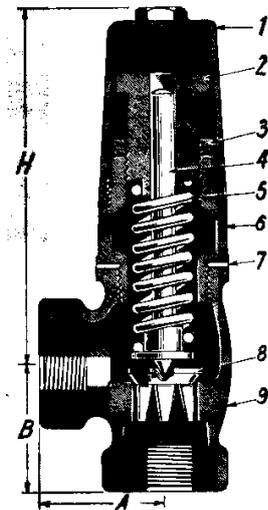
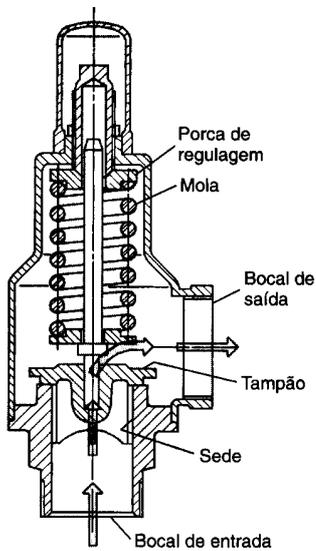
EMPREGADAS NAS LINHAS DE SAÍDA DE CALDEIRAS

## VÁLVULAS DE SEGURANÇA E DE ALÍVIO

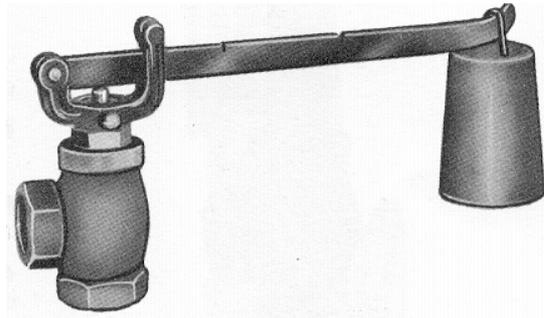
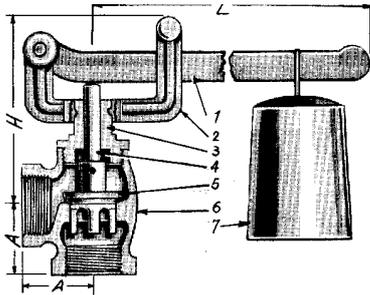
CONTROLAM A PRESSÃO A MONTANTE ABRINDO-SE AUTOMATICAMENTE, QUANDO ESSA PRESSÃO ULTRAPASSAR UM DETERMINADO VALOR PARA O QUAL A VÁLVULA FOI CALIBRADA (Pressão de abertura da válvula).

SÃO CHAMADAS DE “**SEGURANÇA**” QUANDO TRABALHAM COM FLUIDOS ELÁSTICOS, E DE “**ALÍVIO**” QUANDO TRABALHAM COM LÍQUIDOS.

### VÁLVULAS COM MOLA



## VÁLVULAS DE CONTRAPESO



## VÁLVULAS DE QUEBRA DE VÁCUO



Semelhante às válvulas de segurança, com a diferença de que se abrem de fora para dentro.

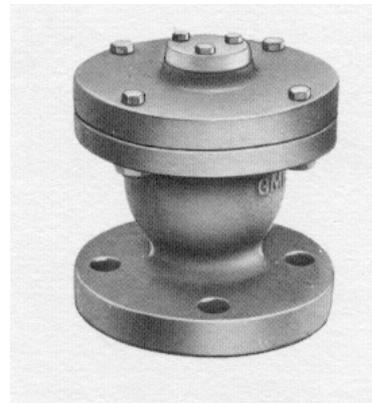
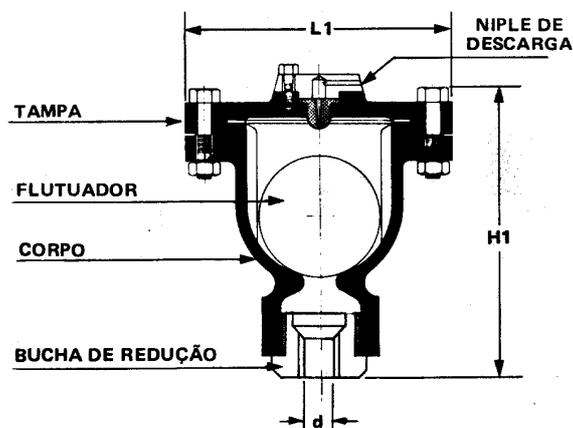
SÃO EMPREGADAS PARA PROTEÇÃO DE TUBULAÇÕES DE GRANDE DIÂMETRO E PEQUENA ESPESSURA DE PAREDE.

Não permite fluxo de dentro para fora da tubulação

## VENTOSAS

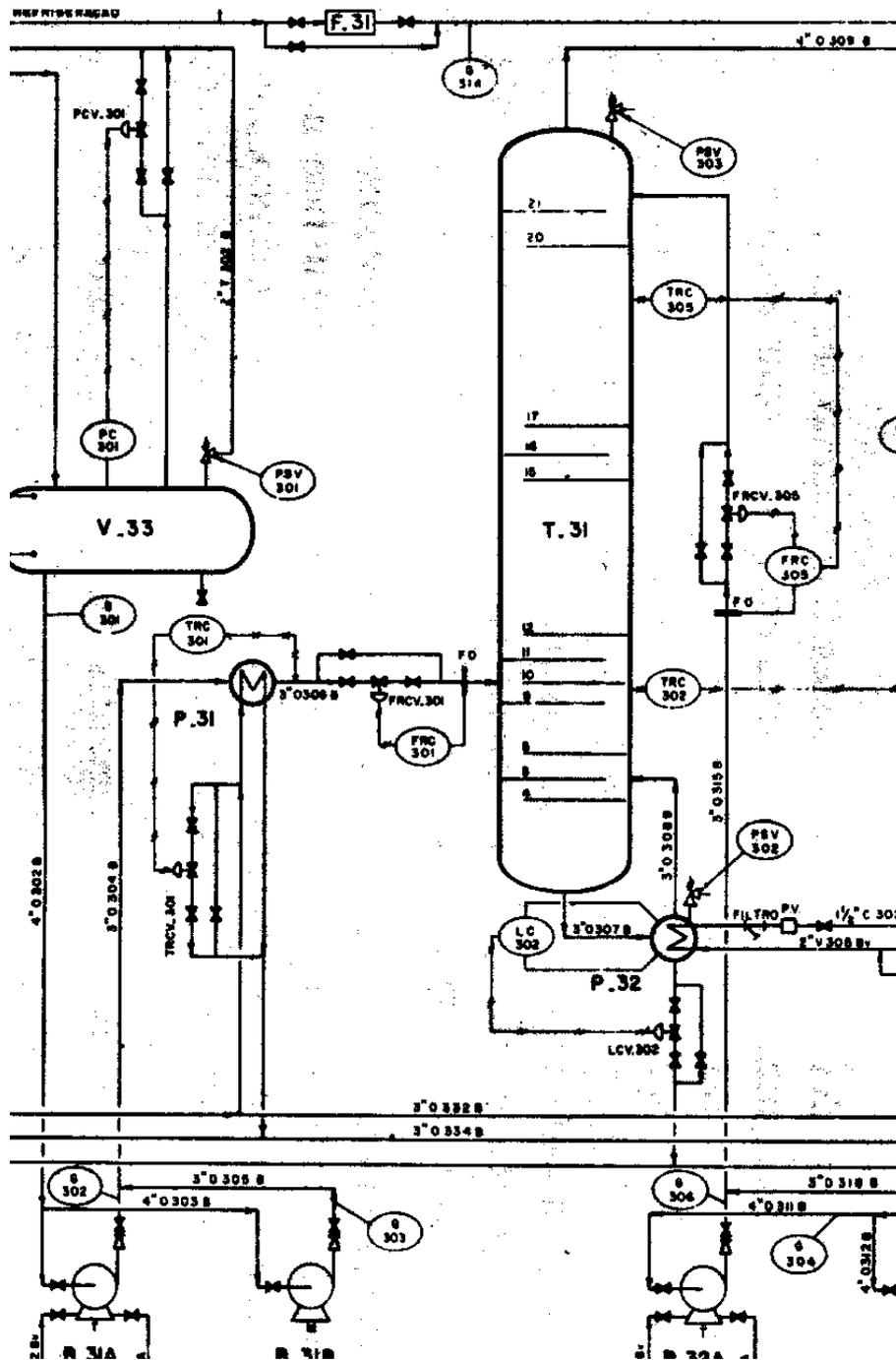
DESTINAM-SE A:

- Descarregar o ar quando a tubulação se enche de água
- Descarregar continuamente o ar durante o funcionamento das bombas
- Dar entrada de ar quando for descarregada a água



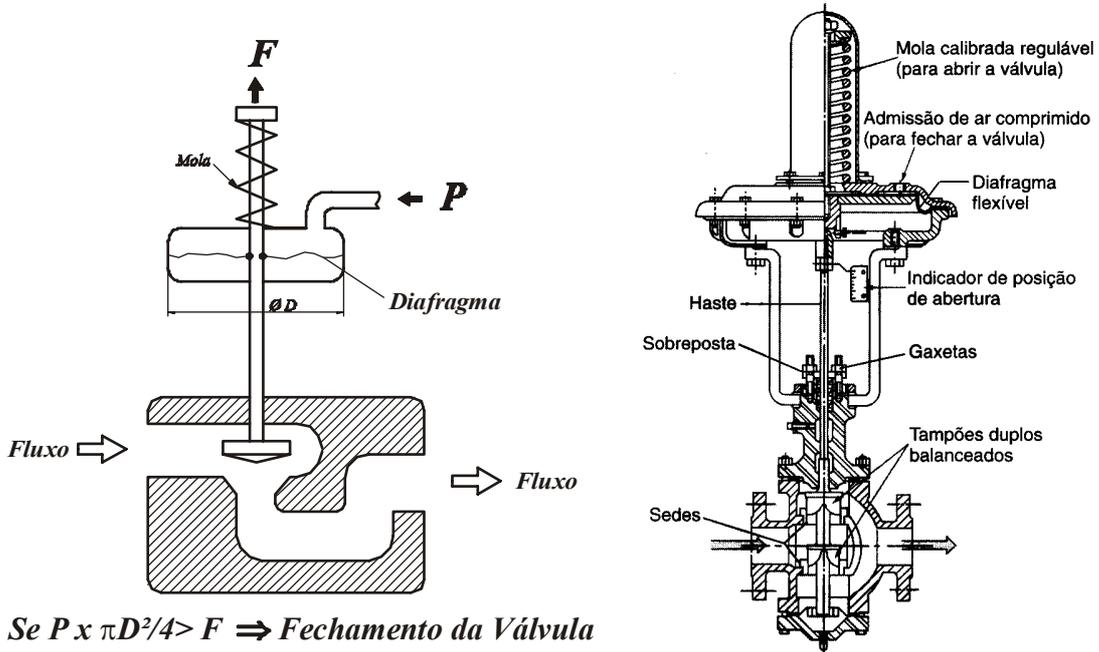
## VÁLVULAS DE CONTROLE

É UM NOME GENÉRICO PARA DESIGNAR UMA GRANDE VARIEDADE DE VÁLVULAS UTILIZADAS PARA CONTROLAR AUTOMATICAMENTE VARIÁVEIS COMO PRESSÃO, TEMPERATURA, VAZÃO, NÍVEL ETC.

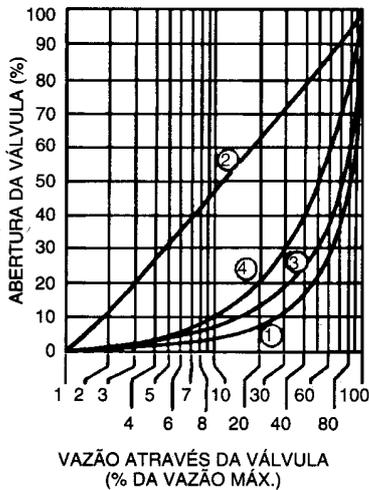


FLUXOGRAMA DE PROCESSO

COMO FUNCIONA



Se  $P \times \pi D^2/4 > F \Rightarrow$  Fechamento da Válvula



No caso das válvulas de controle é muito importante conhecer a curva de abertura para se ter precisão no controle do fluxo.

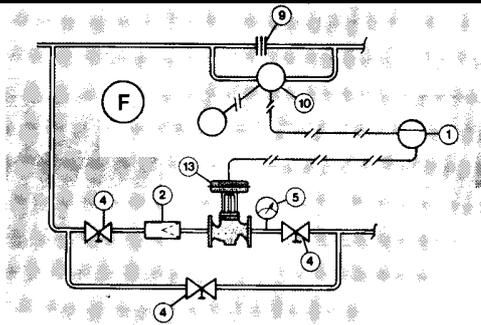
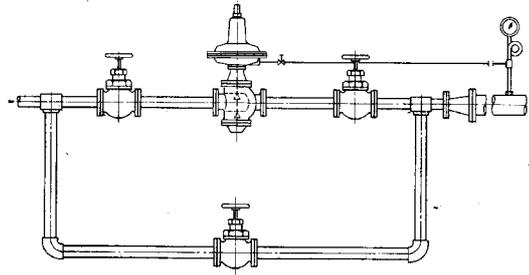
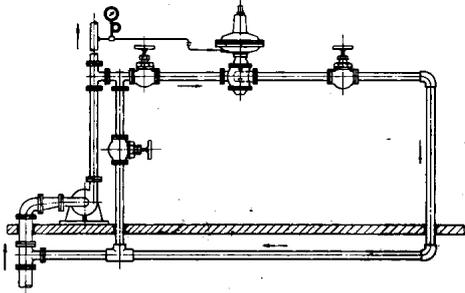
- ① - VÁLVULA DE GAVETA COMUM
- ② - IGUAL PERCENTAGEM
- ③ - ABERTURA RÁPIDA
- ④ - LINEAR

Os perfis mais comuns são os de igual percentagem (Curva 2) e os de abertura rápida (Curva 3)

As válvulas de controle são caracterizadas pelo valor do coeficiente de vazão da válvula “  $C_v$  ”.

O COEFICIENTE DE VAZÃO APLICADAS EM FÓRMULAS APROPRIADAS PERMITE A DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO NOMINAL DA VÁLVULA, QUE NA MAIORIA DOS CASOS É MENOR QUE O DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

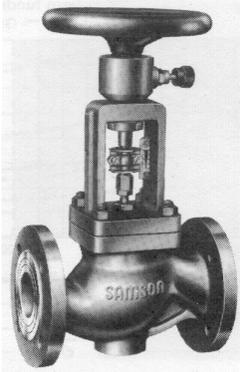
EXEMPLOS DE INSTALAÇÃO



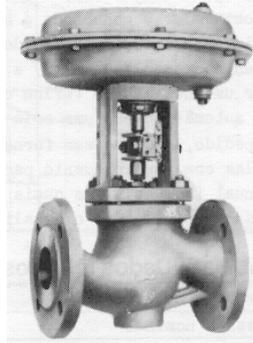
- 1 – Registrador controlador
- 2 – Filtro
- 4 – Válvula de Bloqueio
- 5 – Manômetro
- 9 – Placa de orifício
- 10 – Transmissor
- 13 – Válvula de controle

OUTROS TIPOS DE VÁLVULAS DE CONTROLE

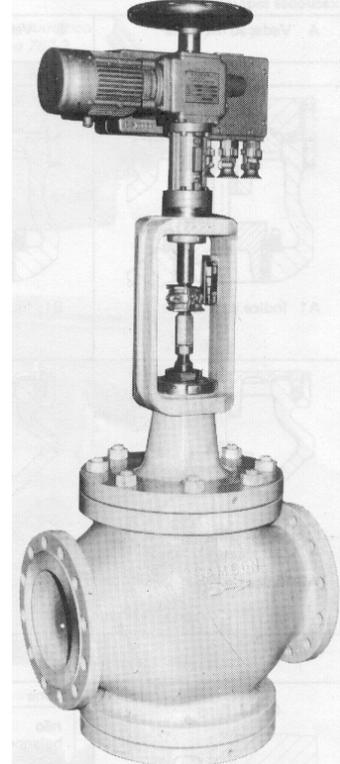
VOLANTE MANUAL



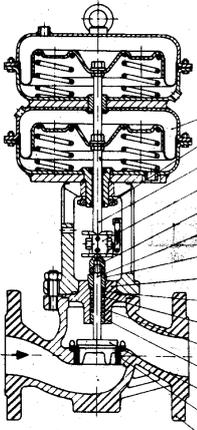
ATUADOR PNEUMÁTICO



ATUADOR ELÉTRICO



ATUADOR DUPLO



BORBOLETA

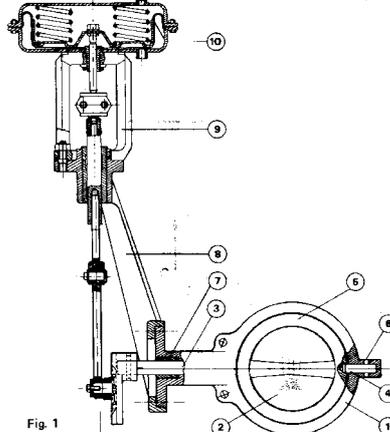
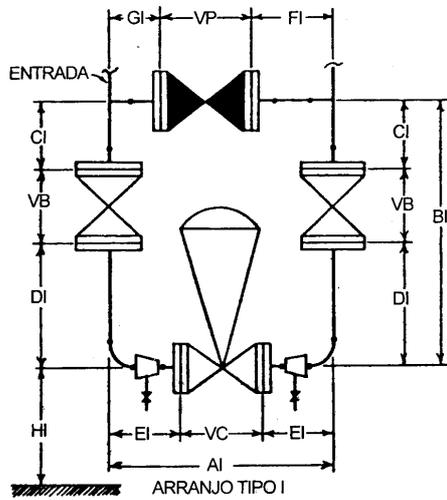


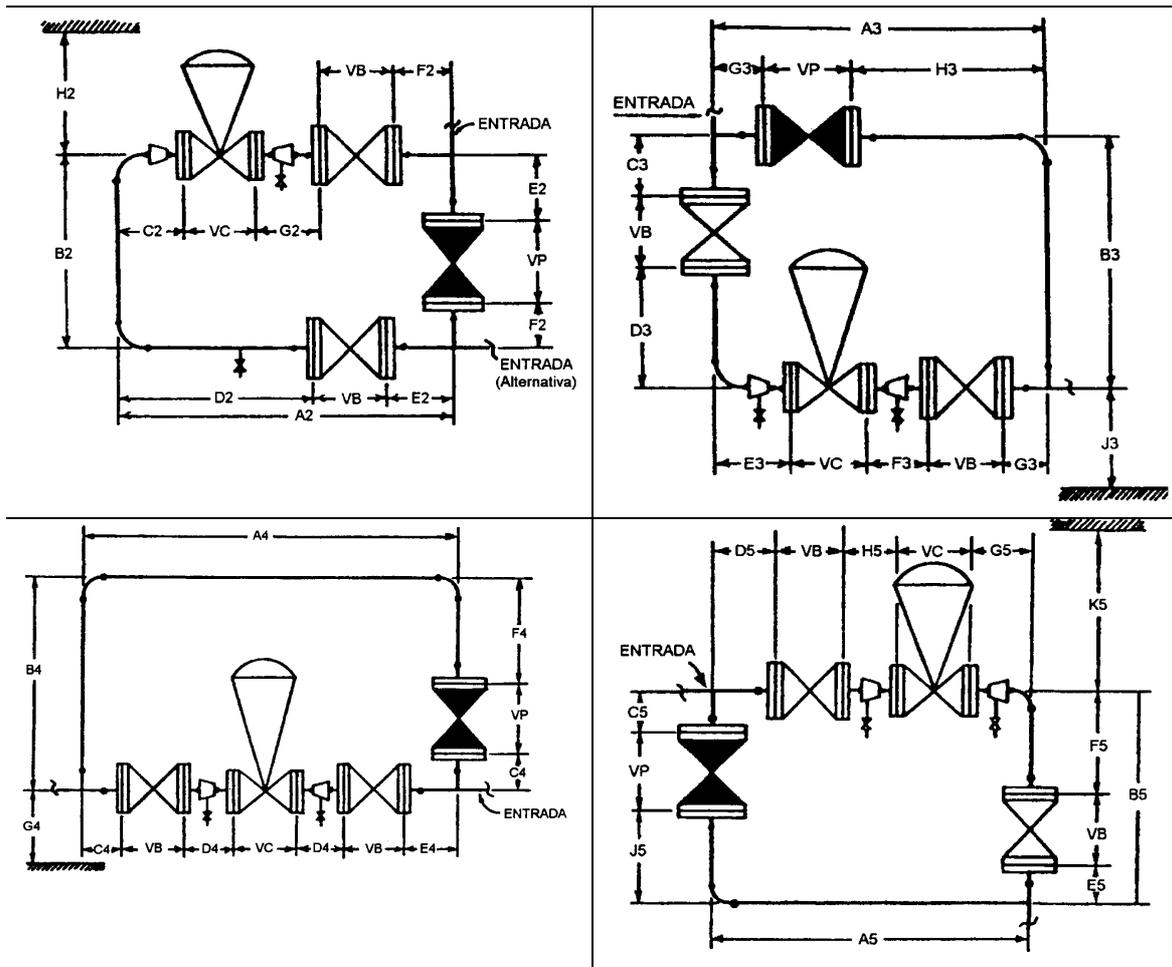
Fig. 1

## ARRANJOS TÍPICOS DE INSTALAÇÃO DE VÁLVULAS DE CONTROLE



VC: Válvula de controle  
 VB: Válvula de bloqueio  
 VP: Válvula da tubulação de contorno

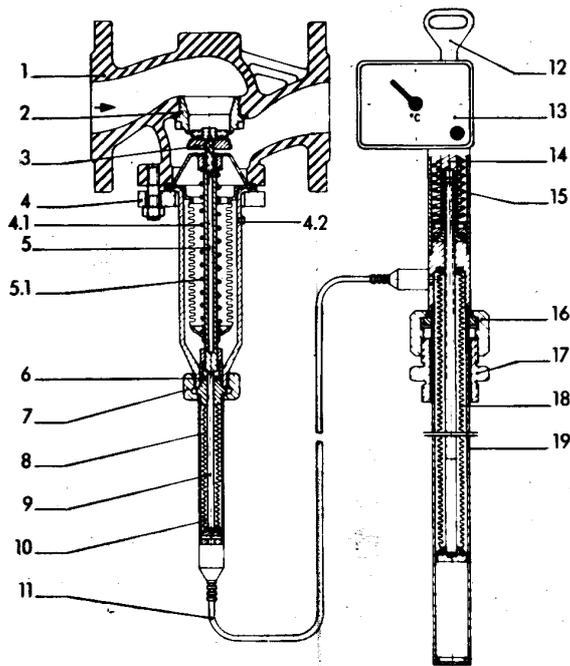
- Notas:
1. As válvulas de bloqueio podem ser válvulas de gaveta ou válvulas de macho do "modelo curto". As válvulas da tubulação de contorno (by-pass) são válvulas de globo para os diâmetros nominais até 4", e válvulas de gaveta para os diâmetros maiores.
  2. Todos os flanges são de face com ressalto, de acordo com a norma ANSI/ASME B.16.5, estando incluído nas dimensões das tabelas uma folga 1,6 mm para as juntas, entre os flanges.
  3. As válvulas de controle devem sempre estar devidamente suportadas. Chama-se atenção que nos arranjos II e V esse suporte é mais difícil, e por isso esses tipos devem ser evitados.



**TABELA DE VALORES – ANEXO 1 DA AULA 3**

## VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS

SE DESTINAM A MANTER, AUTOMATICAMENTE, TEMPERATURAS UNIFORMES EM TANQUES E APARELHOS AQUECIDOS A VAPOR



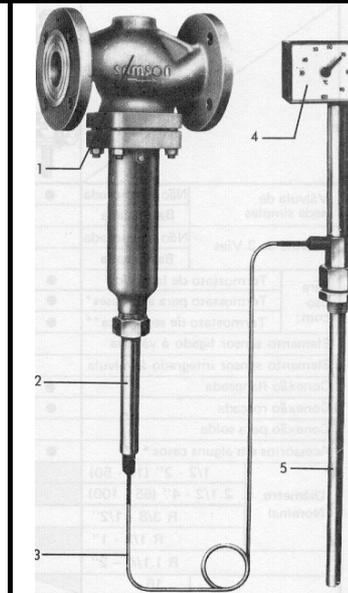
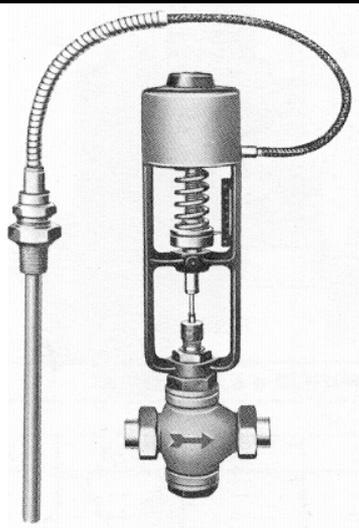
### VÁLVULA DE CONTROLE:

- 1 - Corpo da válvula
- 2 - Sede
- 3 - Obturador
- 4 - Castelo do fole
- 4.1 - Fole de balanceamento de pressão
- 4.2 - Parafuso de desaeração
- 5 - Haste do obturador
- 5.1 - Mola
- 6 - Conexão roscada para atuador do termostato.

### TERMOSTATO:

- 7 - Porca sobreposta para acoplamento à válvula
- 8 - Atuador
- 9 - Pino do atuador
- 10 - Fole regulador
- 11 - Tubo capilar
- 12 - Chave para ajustagem do ponto de controle (set-point)
- 13 - Escala graduada
- 14 - Pino e fuso roscado para regulagem do ponto de controle (set-point)
- 15 - Proteção contra sobrecarga de temperatura
- 16 - Porca sobreposta
- 17 - Niple duplo
- 18 - Fole metálico
- 19 - Sensor de temperatura (bulbo sensor)

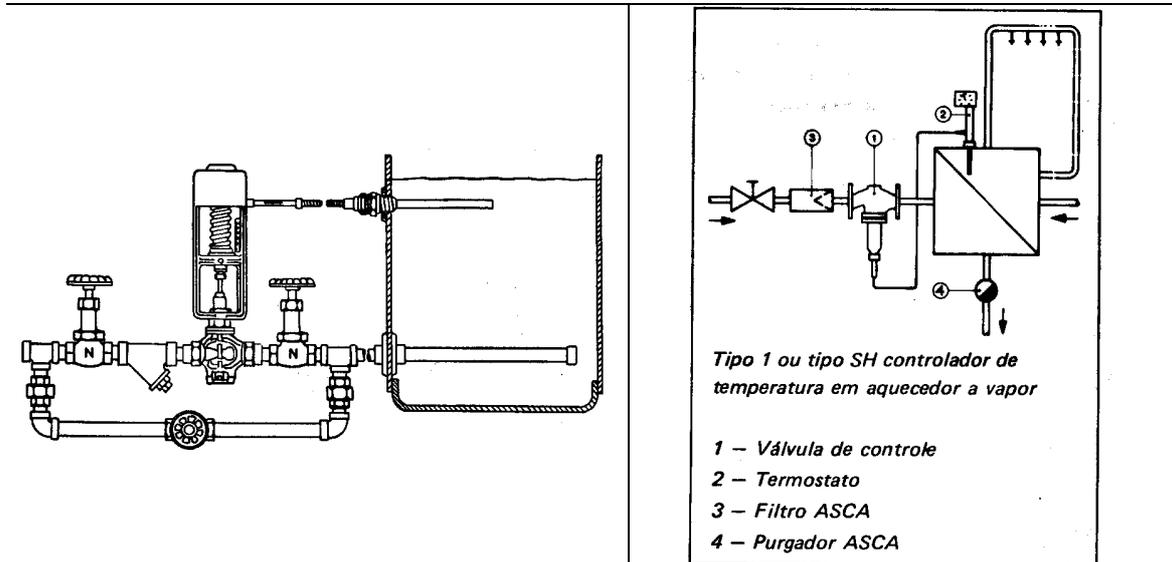
Controlador de temperatura tipo SH com termostato tipo 2201.



Tipo 4 - controlador de temperatura

- 1 - Válvula de controle
- 2 - Elemento atuador
- 3 - Tubo capilar
- 4 - Dispositivo de regulagem
- 5 - Bulbo sensor

## EXEMPLOS DE INSTALAÇÃO

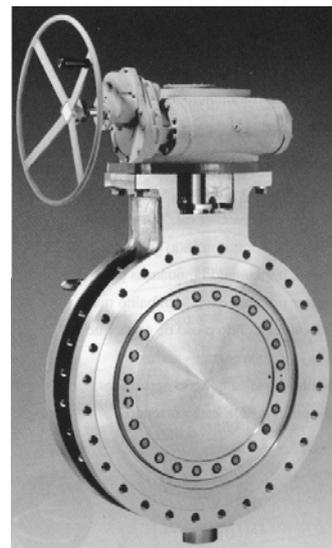
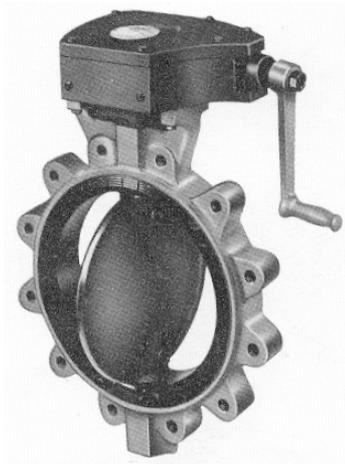
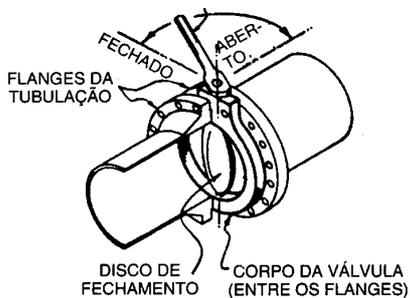


## VÁLVULAS DE BORBOLETA

SÃO VÁLVULAS DE REGULAGEM MAS TAMBÉM PODEM TRABALHAR COMO VÁLVULAS DE BLOQUEIO

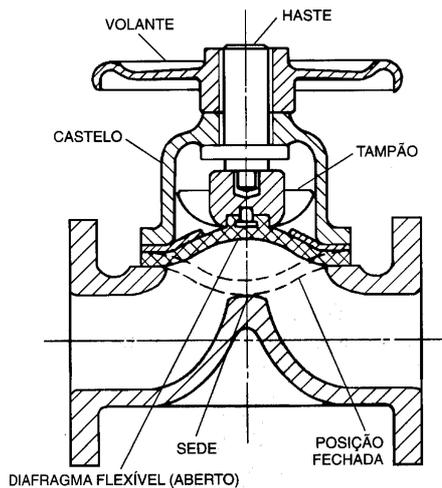
SÃO APROPRIADAS PARA A APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS INTERNOS ANTICORROSIVOS

SÃO VÁLVULAS LEVES, BARATAS E PODEM SER FACILMENTE ADAPTADAS A DIVERSOS TIPOS DE ATUADORES



## VÁLVULAS DE DIAFRAGMA

FORAM DESENVOLVIDAS ESPECIALMENTE PARA BLOQUEIO E REGULAGEM DE FLUIDOS CORROSIVOS, TÓXICOS, BEM COMO PARA FLUIDOS MUITO VOLÁTEIS OU QUE EXIJAM TOTAL SEGURANÇA CONTRA VAZAMENTOS

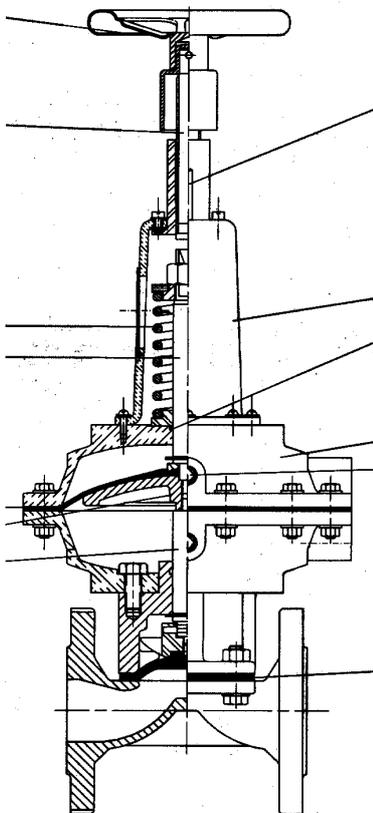


Na maioria das válvulas a sede é em forma de barragem, conforme a figura ao lado.

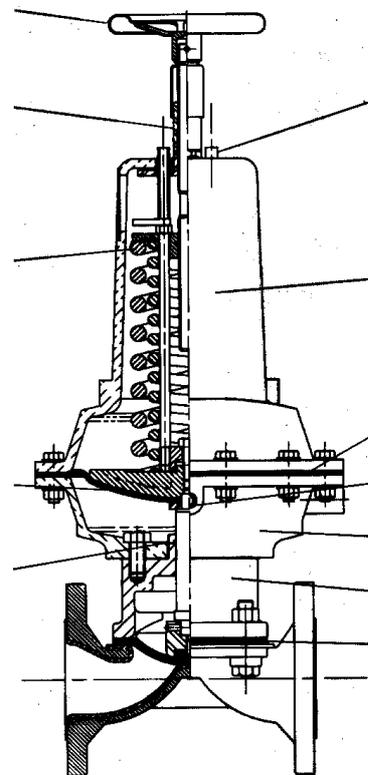
Existem válvulas sem a barragem, denominadas de passagem reta.

A TEMPERATURA DE TRABALHO DEPENDE DO MATERIAL DO DIAFRAGMA

## VÁLVULAS DE CONTROLE COM DIAFRAGMA



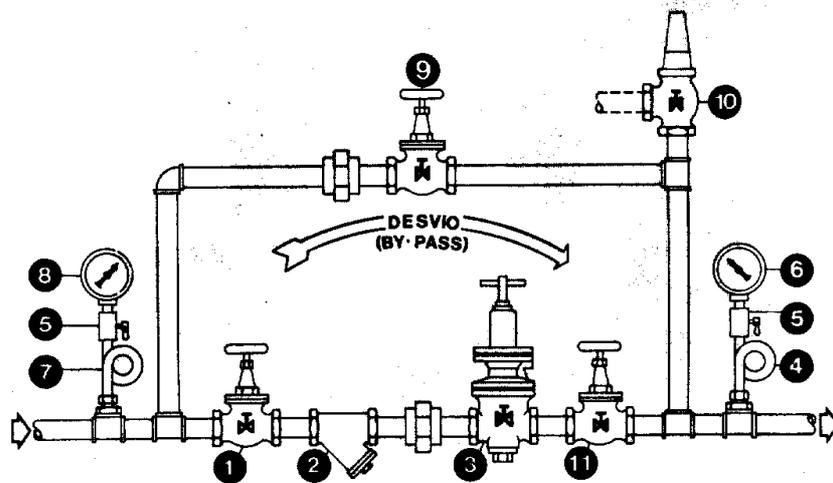
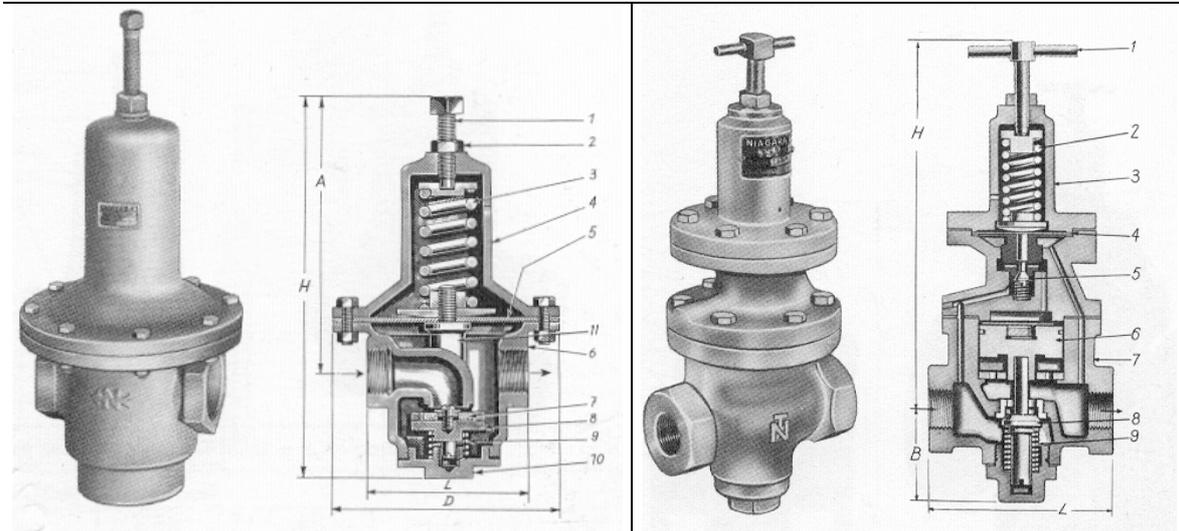
NORMALMENTE ABERTA



NORMALMENTE FECHADA

## VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO

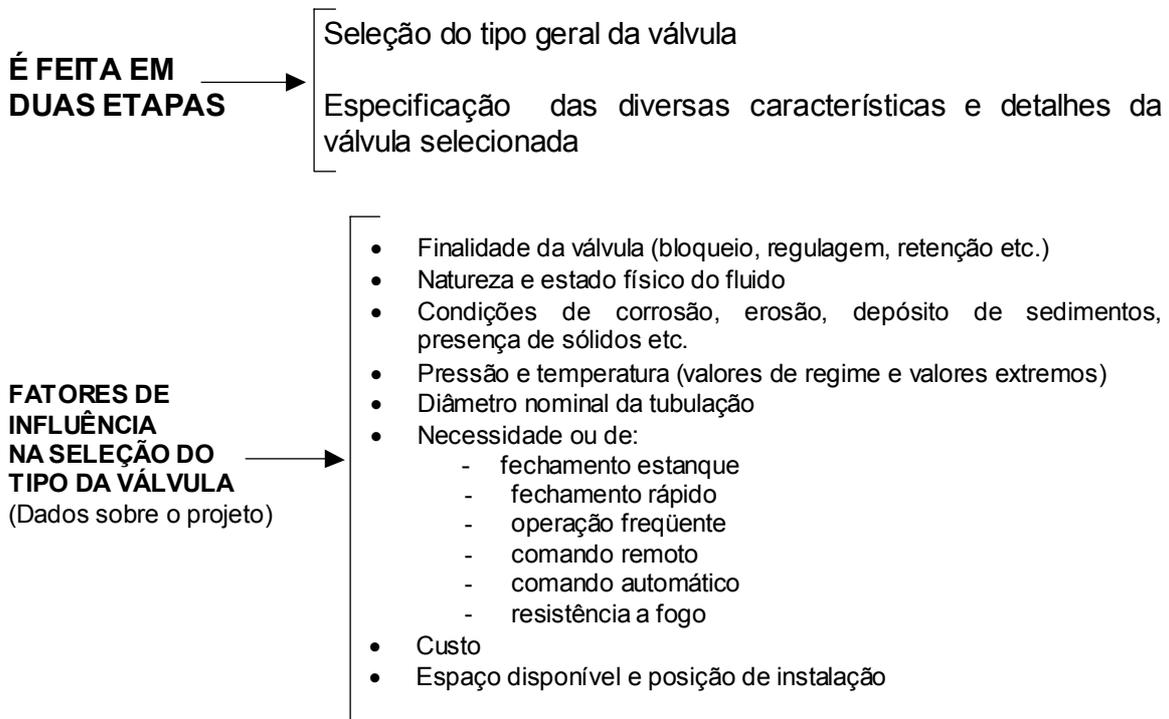
REGULAM, SEM INTERVENÇÃO DE QUALQUER AÇÃO EXTERNA, A PRESSÃO DE JUSANTE DA VÁLVULA (São válvulas automáticas)



ESQUEMA DE INSTALAÇÃO TÍPICA DE VÁLVULA AUTOMÁTICA DE REDUÇÃO DE PRESSÃO

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1 — válvula globo         | 7 — tubo sifão trombeta   |
| 2 — filtro                | 8 — manômetro             |
| 3 — válvula de redução    | 9 — válvula globo         |
| 4 — tubo sifão            | 10 — válvula de segurança |
| 5 — torneira de manômetro | 11 — válvula globo        |
| 6 — manômetro             |                           |
| 7 — tubo sifão trombeta   |                           |
| 8 — manômetro             |                           |
| 9 — válvula globo         |                           |
| 10 — válvula de segurança |                           |
| 11 — válvula globo        |                           |

## SELEÇÃO DE VÁLVULAS



**MAIS IMPORTANTE** → **EXPERIÊNCIA PRÉVIA**  
 (Existe utilização de válvulas em serviços similares)

AS DIVERSAS CARACTERÍSTICAS E DETALHES DO TIPO DE VÁLVULA SELECIONADA SÃO REFERENTES À ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS, AO TIPO DE EXTREMIDADE, TIPO DE MOVIMENTAÇÃO DA HASTE, SISTEMA DE ACIONAMENTO ETC. QUE ESTÃO MELHOR DETALHADOS NOS DADOS PARA ENCOMENDA OU REQUISIÇÃO DE VÁLVULAS.

### DADOS PARA ENCOMENDA OU REQUISIÇÃO DE VÁLVULAS

1. QUANTIDADE
2. TIPO GERAL DA VÁLVULA (Gaveta, Globo, Macho etc.)
3. DIÂMETRO NOMINAL (Em alguns casos é diferente do Ø do tubo)
4. CLASSE DE PRESSÃO NOMINAL
5. TIPO DE EXTREMIDADE E NORMA DIMENSIONAL RESPECTIVA
6. ESPECIFICAÇÃO COMPLETA DE TODOS OS MATERIAIS (Corpo e castelo, mecanismo interno, anéis de sede, anéis retentores, juntas, gaxetas, revestimento anticorrosivo, parafusos, porcas etc.)
7. TIPO DE LIGAÇÃO DO CORPO-CASTELO
8. SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DA HASTE

**9. ACESSÓRIOS OPCIONAIS E/OU EXIGÊNCIAS ESPECIAIS** (Tubo de contorno com válvula [by-pass], indicador de posição de abertura, volante com adaptação para corrente, alavanca com catraca de fixação, alavanca para comando de válvula de retenção, válvula com camisa de aquecimento, válvula a prova de fogo, exigência de fechamento estanque etc.)

**10. NORMA DIMENSIONAL**

*Dados adicionais para as válvulas de segurança*

- pressão de abertura, norma de cálculo e tempo para abertura
- descarga livre ou valor da contra pressão de descarga
- vazão máxima, mínima e de regime
- letra indicativa da área do orifício de descarga
- necessidade ou não de fole de balanceamento

*Dados adicionais para as válvulas de controle*

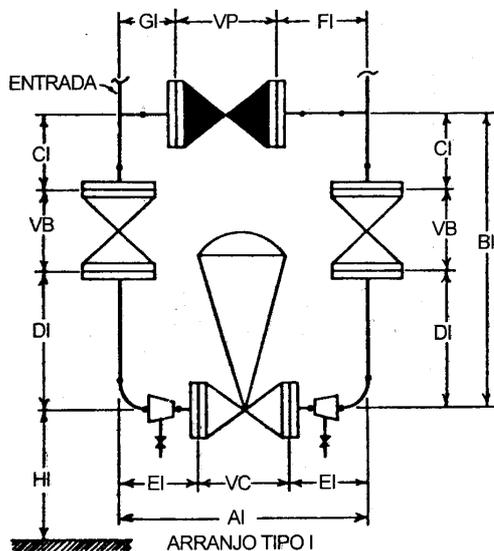
- tipo de curva característica de fechamento
- vazão máxima, mínima e de regime, coeficiente de vazão ( $C_v$ )
- perda de carga (máxima e mínima)
- posição desejada da mola (normalmente fechada ou aberta)
- características do ar de comando
- nível máximo de ruído admissível

EM MUITOS CASOS OS CATÁLOGOS DOS FABRICANTES DE VÁLVULAS ESPECIFICAM VÁRIOS DADOS, ASSIM SENDO NO DOCUMENTO DE COMPRA BASTA CITAR O MODELO DO FABRICANTE

# AULA 3

*Referente ao Capítulo 4 do Livro Texto*

ESTAÇÕES DE VÁLVULAS DE CONTROLE – Arranjos Típicos



VC: Válvula de controle  
 VB: Válvula de bloqueio  
 VP: Válvula da tubulação de contorno

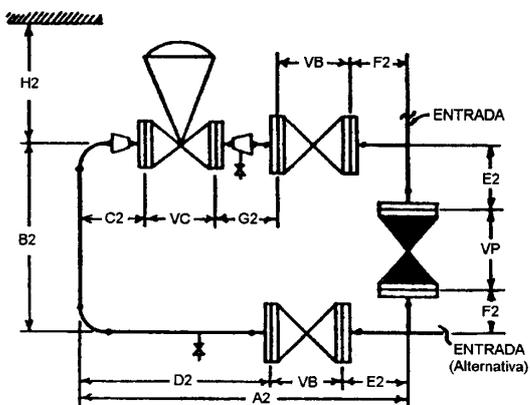
- Notas:
1. As válvulas de bloqueio podem ser válvulas de gaveta ou válvulas de macho do "modelo curto". As válvulas da tubulação de contorno (by-pass) são válvulas de globo para os diâmetros nominais até 4", e válvulas de gaveta para os diâmetros maiores.
  2. Todos os flanges são de face com ressalto, de acordo com a norma ANSI/ASME B.16.5, estando incluído nas dimensões das tabelas uma folga 1,6 mm para as juntas, entre os flanges.
  3. As válvulas de controle devem sempre estar devidamente suportadas. Chama-se atenção que nos arranjos II e V esse suporte é mais difícil, e por isso esses tipos devem ser evitados.

Classe de pressão	Diâmetro nominal (pol.)		Dimensões do arranjo tipo I (mm)										
	Tubulação	Válvula de controle	VC	VB	VP	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1
150#	2	1 ½	235	178	203	679	991	260	549	221	346	127	575
	3	2	267	203	241	740	1.054	321	527	235	340	155	676
	3	1 ½	235	203	241	740	1.054	321	527	251	340	155	676
	4	3	317	229	292	886	1.070	352	486	282	409	181	749
	4	2	267	229	292	886	1.070	352	486	308	409	181	749
	6	4	368	267	267	1.127	1.360	571	517	378	625	232	991
	6	3	317	267	267	1.127	1.360	571	517	403	625	232	991
	8	6	473	292	292	1.384	1.438	686	457	454	810	279	1.156
300#	8	4	368	292	292	1.384	1.438	686	457	506	810	279	1.156
	2	1 ½	235	216	267	679	991	222	549	221	276	133	575
	3	2	267	282	317	740	1.054	241	527	235	254	165	676
	3	1 ½	235	282	317	740	1.054	241	527	251	254	165	676
	4	3	317	305	356	886	1.070	276	486	282	336	190	749
	4	2	267	305	356	886	1.070	276	486	308	336	190	749
	6	4	368	403	403	1.127	1.360	435	517	378	479	241	991
	6	3	317	403	403	1.127	1.360	435	517	403	479	241	991
8	6	473	419	419	1.384	1.438	559	457	454	673	289	1.156	
8	4	368	419	419	1.384	1.438	559	457	506	673	289	1.156	

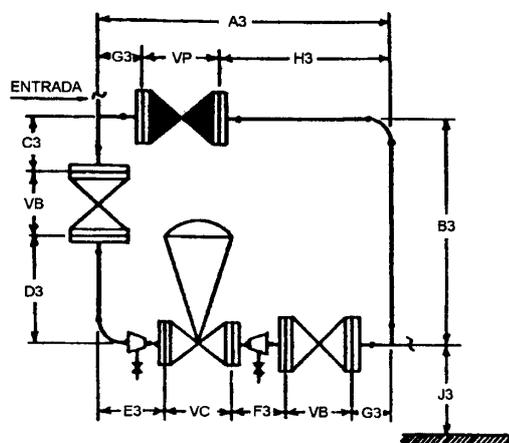
ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 177)

Folha 1 de 3

ESTAÇÕES DE VÁLVULAS DE CONTROLE – Arranjos Típicos



ARRANJO TIPO II



ARRANJO TIPO III

Veja Notas na Folha 1(Página 177 do Livro de Tabelas)

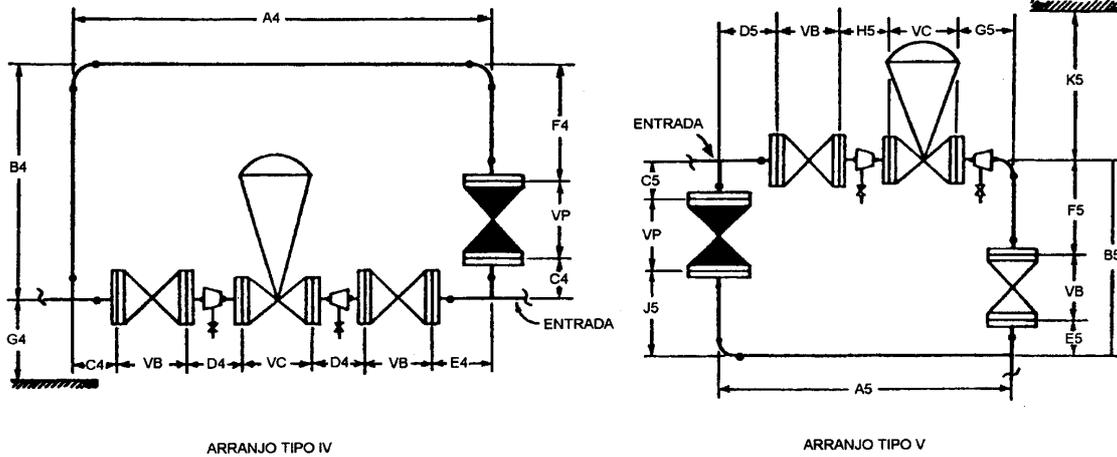
As dimensões VC, VB e VP estão na tabela da Folha 1(Página 177 do Livro de Tabelas)

Diâmetro nominal tubulação (pol.)	Diâmetro nominal válvula de controle (pol.)	Dimensões do arranjo tipo II (mm)								Dimensões do arranjo tipo III (mm)								
		A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3	J3
Classe de Pressão 150#																		
2	1 ½	975	594	221	533	260	127	208	930	975	991	260	549	221	208	127	641	575
3	2	1.078	721	235	551	321	155	211	978	1.078	1.054	321	527	235	211	155	678	676
3	1 ½	1.078	721	251	551	321	155	227	978	1.078	1.054	321	527	251	227	155	678	676
4	3	1.238	829	282	654	352	181	222	994	1.238	1.070	352	486	282	222	181	762	749
4	2	1.238	829	308	654	352	181	248	994	1.238	1.070	352	486	308	248	181	762	749
6	4	1.543	1.070	378	702	571	232	282	1.270	1.533	1.360	571	517	378	282	232	1.032	991
6	3	1.543	1.070	403	702	571	232	308	1.270	1.533	1.360	571	517	403	308	232	1.032	991
8	6	1.792	1.260	454	811	686	279	287	1.314	1.792	1.438	686	457	454	287	279	1.218	1.156
8	4	1.792	1.260	506	811	686	279	340	1.314	1.792	1.438	686	457	506	340	279	1.218	1.156
Classe de Pressão 300#																		
2	1 ½	1.022	625	221	581	222	133	214	930	1.025	991	222	549	221	214	133	622	575
3	2	1.176	727	235	649	241	165	221	978	1.176	1.054	241	527	235	221	165	690	676
3	1 ½	1.176	727	251	649	241	165	236	978	1.176	1.054	241	527	251	236	165	690	676
4	3	1.419	825	282	835	276	190	232	994	1.333	1.070	276	486	282	232	190	784	749
4	2	1.419	825	308	835	276	190	257	994	1.333	1.070	276	486	308	257	190	784	749
6	4	1.664	1.083	378	822	435	241	292	1.270	1.689	1.360	435	517	378	292	241	1.041	991
6	3	1.664	1.083	403	822	435	241	317	1.270	1.689	1.360	435	517	403	317	241	1.041	991
8	6	1.938	1.270	454	957	559	289	297	1.314	1.938	1.438	559	457	454	297	289	1.227	1.156
8	4	1.938	1.270	506	957	559	289	349	1.314	1.938	1.438	559	457	506	349	289	1.227	1.156

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 178)

Folha 2 de 3

ESTAÇÕES DE VÁLVULAS DE CONTROLE – Arranjos Típicos



Veja Notas na Folha 1(Página 177 do Livro de Tabelas)  
 As dimensões VC, VB e VP estão na tabela da Folha 1(Página 177 do Livro de Tabelas)

Diâmetro nominal tubulação (pol.)	Diâmetro nominal válvula de controle (pol.)	Dimensões do arranjo tipo IV (mm)							Dimensões do arranjo tipo V (mm)									
		A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4	A5	B5	C5	D5	E5	F5	G5	H5	J5	K5
Classe de Pressão 150#																		
2	1 ½	1.403	991	127	208	260	657	575	1.108	857	127	260	127	549	221	208	524	930
3	2	1.581	1.054	155	211	321	654	676	1.243	889	155	321	155	527	235	211	489	978
3	1 ½	1.581	1.054	155	227	321	654	676	1.243	889	155	321	155	527	251	227	489	978
4	3	1.762	1.070	181	222	352	594	749	1.410	898	181	352	181	486	282	222	422	994
4	2	1.762	1.070	181	248	352	594	749	1.410	898	181	352	181	486	308	248	422	994
6	4	2.280	1.360	232	282	571	857	991	1.873	1.165	232	571	378	517	378	282	663	1.270
6	3	2.280	1.360	232	308	571	857	991	1.873	1.165	232	571	378	517	403	308	663	1.270
8	6	2.607	1.438	279	287	686	864	1.156	2.199	1.270	279	686	517	454	287	695	1.314	1.314
8	4	2.607	1.438	279	340	686	864	1.156	2.199	1.270	279	686	517	457	506	340	695	1.314
Classe de Pressão 300#																		
2	1 ½	1.460	991	133	214	222	587	575	1.114	902	133	222	133	549	221	214	498	930
3	2	1.689	1.054	165	221	241	568	676	1.252	978	165	241	165	527	251	221	492	978
3	1 ½	1.689	1.054	165	236	241	568	676	1.252	978	165	241	165	527	251	236	492	978
4	3	1.867	1.070	190	232	276	521	749	1.419	984	190	276	190	486	282	232	432	994
4	2	1.867	1.070	190	257	276	521	749	1.419	984	190	276	190	486	308	257	432	994
6	4	2.445	1.360	241	292	435	711	991	1.883	1.165	241	435	241	517	378	292	517	1.270
6	3	2.445	1.360	241	317	435	711	991	1.883	1.165	241	435	241	517	403	317	517	1.270
8	6	2.762	1.438	289	297	559	727	1.156	2.208	1.270	289	559	390	457	454	297	559	1.314
8	4	2.762	1.438	289	349	559	727	1.156	2.208	1.270	289	559	390	457	506	349	559	1.314

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 179)  
 Folha 3 de 3

# *AULA 4*

*Volume I do Livro Texto*

## **CONTEÚDO:**

- *Capítulo 7*

**Purgadores de Vapor, Separadores Diversos e Filtros.**

## LINHAS DE VAPOR

Nas linhas de vapor sempre haverá água líquida (condensado) resultante da condensação parcial do vapor ou arrastada pela vapor que sai da caldeira.

### MOTIVOS PELOS QUAIS O CONDENSADO DEVE SER RETIRADO DA LINHA DE VAPOR

Conservar a energia do vapor (O CONDENSADO NÃO TEM AÇÃO MOTORA E NEM AÇÃO AQUECEDORA EFICIENTE)

Evitar vibrações e golpes de aríete nas tubulações causados pelo condensado arrastado pelo vapor em alta velocidade

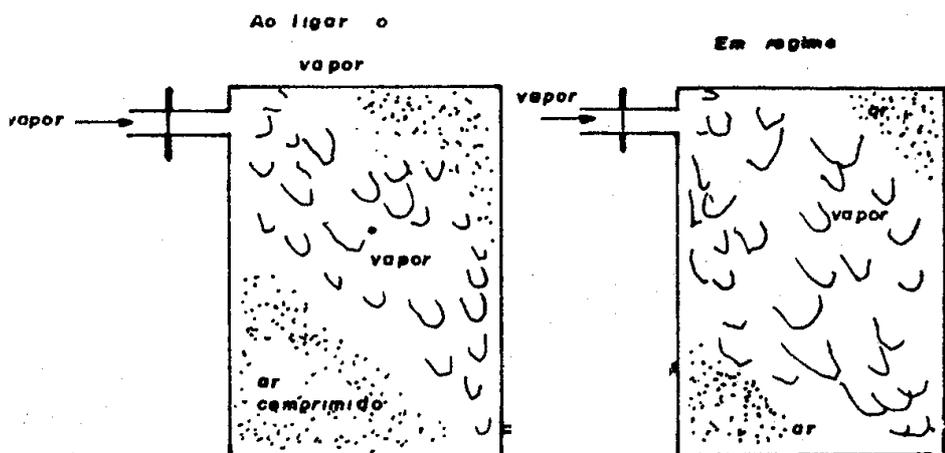
Evitar erosão causada pelo impacto das gotas de condensado

Diminuir os efeitos da corrosão evitando a formação de ácido carbônico ( $H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$ )

Evitar o resfriamento do vapor

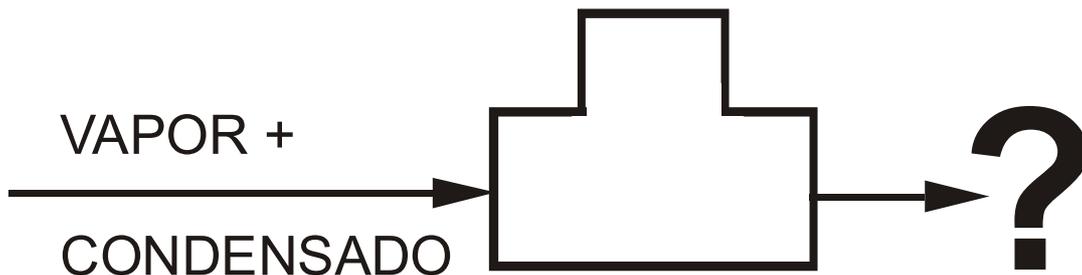
Evitar a diminuição da seção útil de escoamento

AS TUBULAÇÕES DE VAPOR, ALÉM DO CONDENSADO, TAMBÉM CONTERÁ AR E OUTROS GASES INCONDENSÁVEIS ( $CO_2$  por exemplo) QUE TAMBÉM PRECISAM SER ELIMINADOS.



## PURGADORES DE VAPOR

SÃO DISPOSITIVOS AUTOMÁTICOS QUE SEPARAM E ELIMINAM O CONDENSADO DAS LINHAS DE VAPOR E DOS APARELHOS DE AQUECIMENTO.



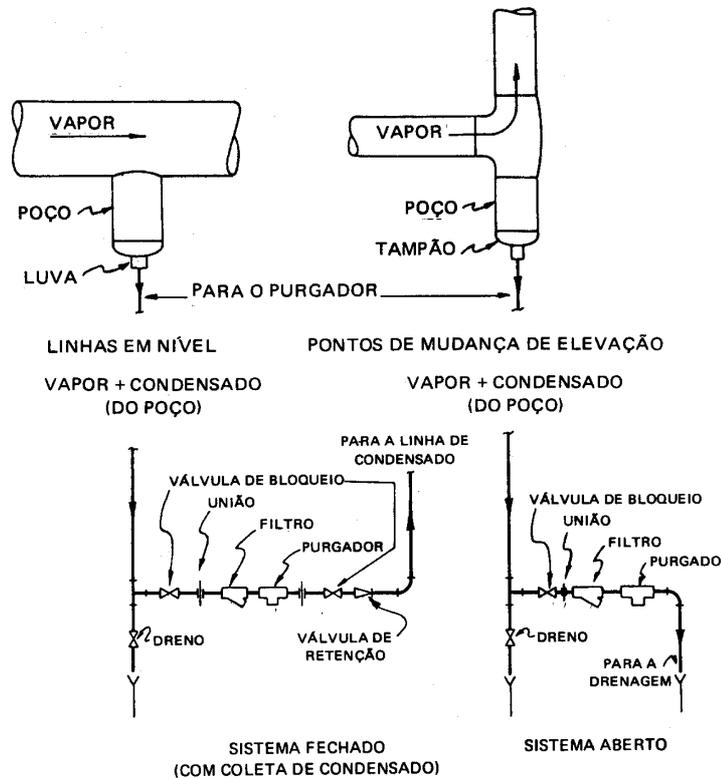
### CASOS TÍPICOS DE EMPREGO

1. Eliminação de condensado das tubulações de vapor (drenagem de tubulações de vapor).
2. Reter vapor nos aparelhos de aquecimento a vapor (aquecedores, refervedores, serpentinas de aquecimento, autoclaves, estufas etc.).

A INSTALAÇÃO DO PURGADOR É DIFERENTE PARA CADA CASO TÍPICO DE EMPREGO

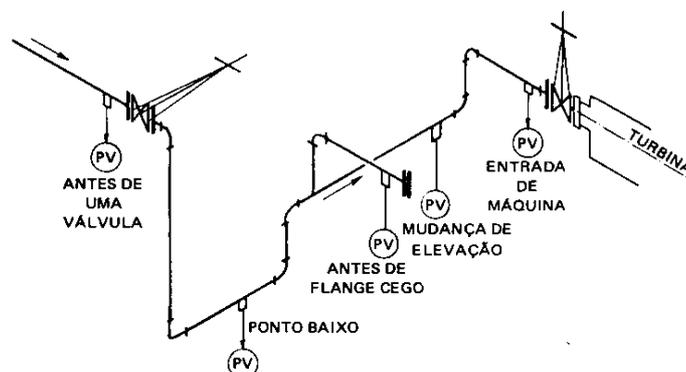
**APESAR DAS INSTALAÇÕES SEREM DIFERENTES, EM QUALQUER UM DOS DOIS CASOS A DESCARGA DOS PURGADORES PODE SER FEITA DIRETAMENTE PARA A ATMOSFERA (Descarga livre) OU PARA UMA LINHA DE CONDENSADO (Descarga fechada)**

## 1- Instalação de purgadores para drenagem de tubulações de vapor

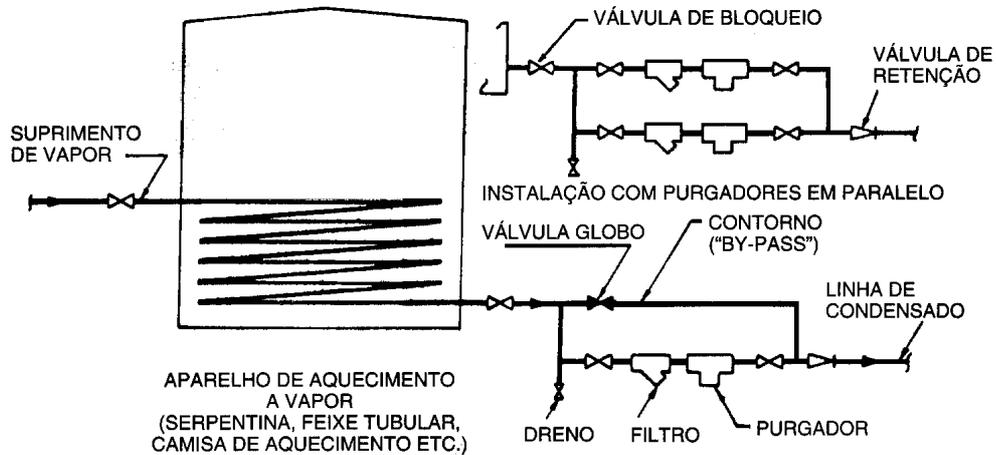


## PONTOS DE DRENAGEM DAS TUBULAÇÕES DE VAPOR

1. Todos os pontos baixos e todos os pontos de aumento de elevação
2. Nos trechos de tubulação em nível em cada 100 a 250 m (*QUANTO MAIS BAIXA FOR A PRESSÃO DE VAPOR MAIS NUMEROSOS DEVERÃO SER OS PURGADORES*)
3. Imediatamente antes de todas as válvulas de bloqueio, válvulas de retenção, válvulas de controle e válvulas redutoras de pressão
4. Próximo à entrada de qualquer máquina a vapor.



2 – Instalação para reter vapor em aparelhos de aquecimento



ALGUNS CUIDADOS PARA INSTALAÇÃO DE PURGADORES

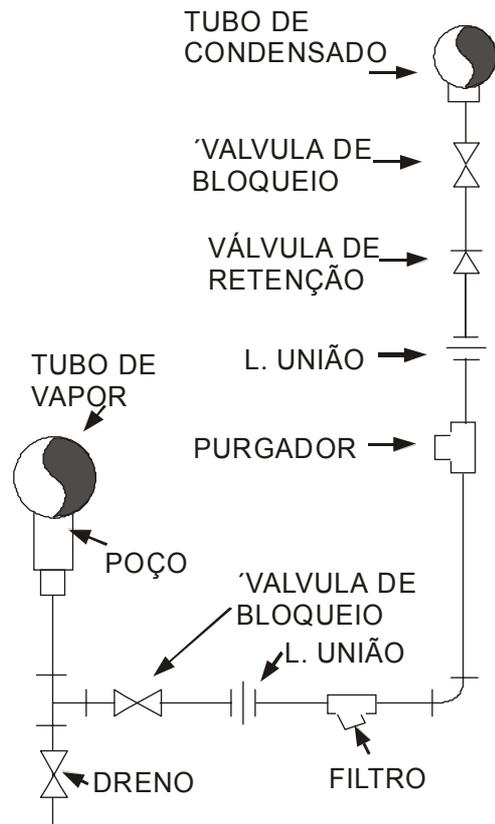
O CONDENSADO DEVE, SEMPRE QUE POSSÍVEL, CORRER POR GRAVIDADE PARA O PURGADOR

QUANDO NÃO EXISTIR ESCOAMENTO POR GRAVIDADE, DEVE SER COLOCADO UMA VÁLVULA DE RETENÇÃO (Como mostra a figura ao lado)

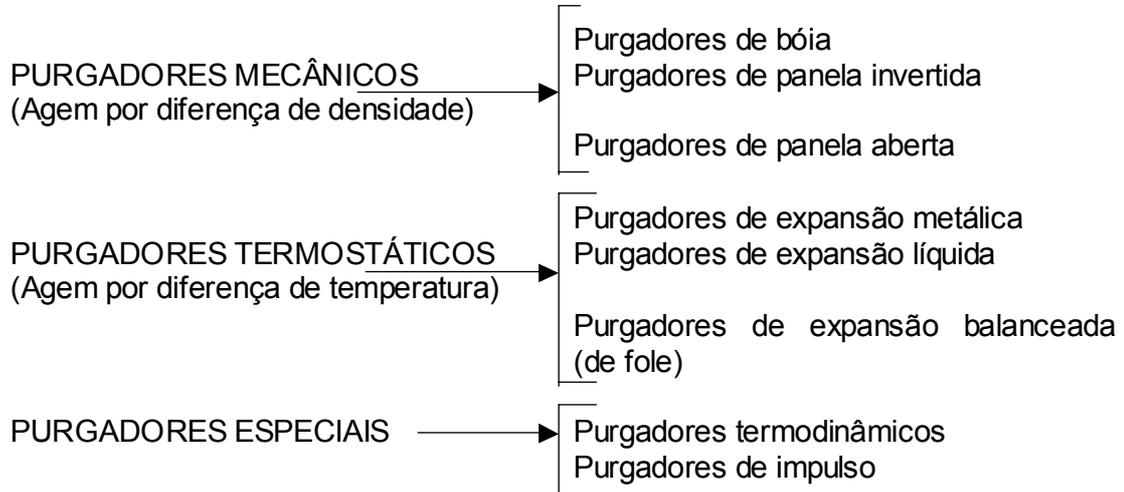
AS TUBULAÇÕES DE ENTRADA E SAÍDA DOS PURGADORES DEVE TER O MENOR COMPRIMENTO POSSÍVEL

QUANDO HOUVER DESCARGA PARA A ATMOSFERA, O PURGADOR DEVE SER COLOCADO DE MODO QUE O JATO QUENTE DE CONDENSADO NÃO ATINJA PESSOAS OU EQUIPAMENTOS

OS PURGADORES DEVEM SER MONTADOS EM LOCAIS QUE PERMITAM ACESSO E MANUTENÇÃO



## PRINCIPAIS TIPOS DE PURGADORES A VAPOR

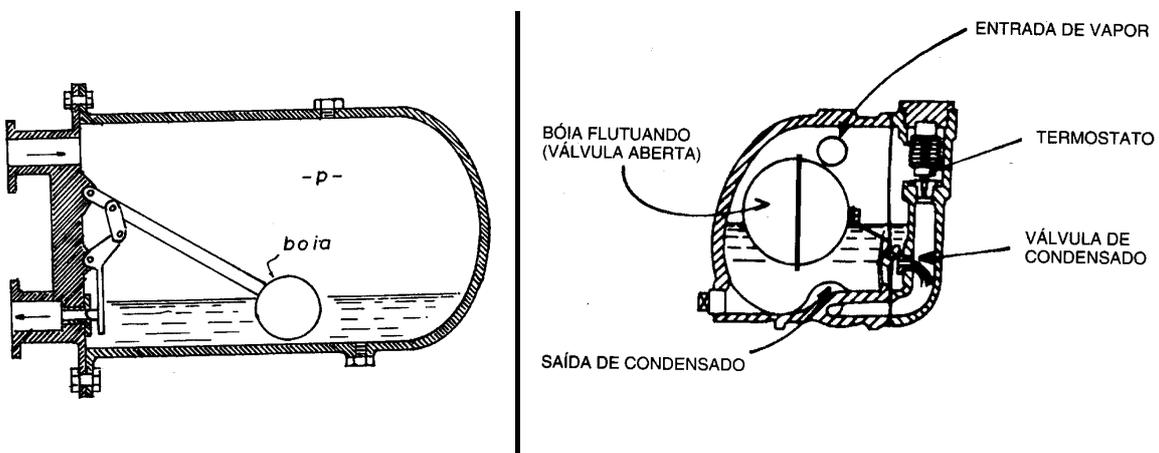


### 1 - Purgador de bóia

NÃO PERMITE A SAÍDA DE AR E OUTROS GASES INCONDENSÁVEIS  
(Alguns purgadores possuem uma válvula termostática para eliminação de ar)

DEPENDENDO DA QUANTIDADE DE CONDENSADO A DESCARGA PODE SER CONTÍNUA OU INTERMITENTE

DEVIDO A POSSIBILIDADE DE DESCARGA CONTÍNUA, SÃO EMPREGADOS PARA RETER O VAPOR NA SAÍDA DE APARELHOS DE AQUECIMENTO

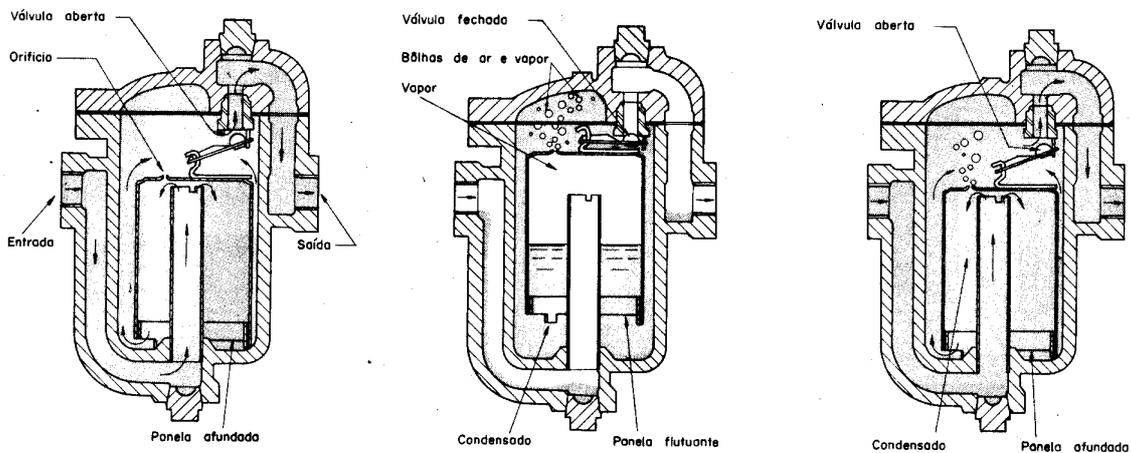


2 - Purgador de panela invertida

É UTILIZADO NA DRENAGEM DE TUBULAÇÕES DE VAPOR PARA QUAISQUER VALORES DE PRESSÃO E TEMPERATURA

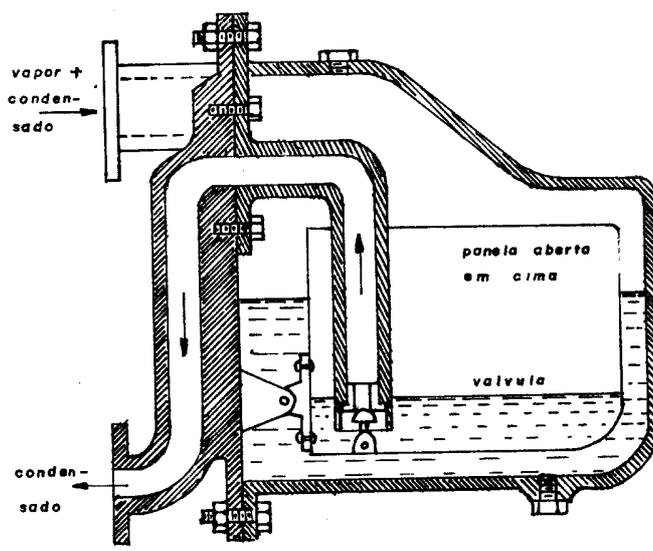
**PRECISA ESTAR ESCORVADO PARA ENTRAR EM FUNCIONAMENTO**

A ELIMINAÇÃO DE AR É MODERADA E SÓ OCORRE SE A SAÍDA DE CONDENSADO NÃO FOR CONTÍNUA



3 - Purgador de panela aberta

Utilização e funcionamento semelhante ao purgador de panela invertida



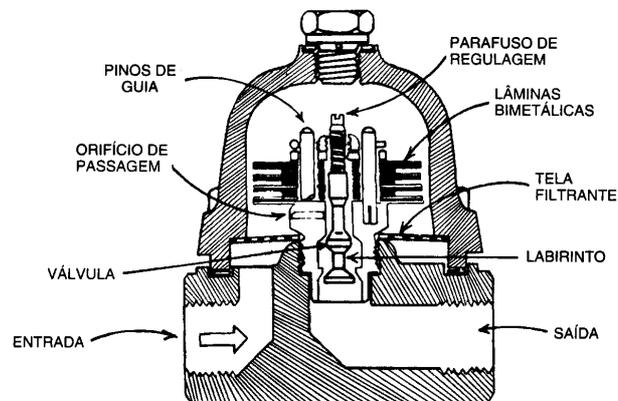
#### 4 – Purgador de expansão metálica

FUNCIIONAM PELA DIFERENÇA DE TEMPERATURA QUE EXISTE, NA MESMA PRESSÃO, ENTRE O VAPOR E O CONDENSADO.

#### VANTAGENS

São pequenos e leves  
Removem ar com grande facilidade  
Suportam bem os golpes de aríete  
Podem trabalhar com qualquer pressão  
Vibrações e movimentos da tubulação não perturbam seu funcionamento

SÃO UTILIZADOS PARA ELIMINAR AR E OUTROS GASES INCONDENSÁVEIS DAS LINHAS DE VAPOR DE GRANDE DIÂMETRO

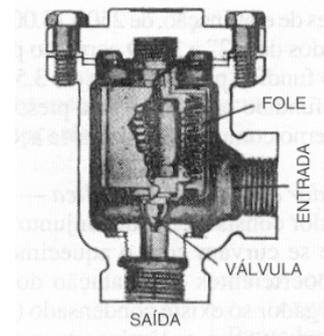


#### 5 – Purgador, termostático de folie

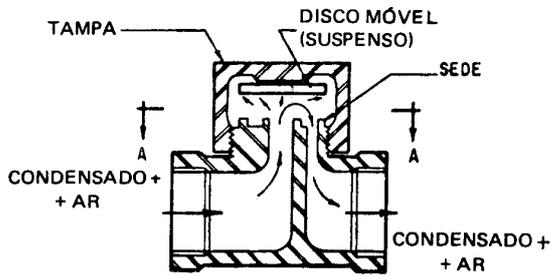
É EMPREGADO EM BAIXAS PRESSÕES (Até 3,5 MPa) PRINCIPALMENTE QUANDO EXISTE GRANDE VOLUME DE AR A ELIMINAR

NÃO SERVEM PARA TRABALHAR COM VAPOR SUPERAQUECIDO

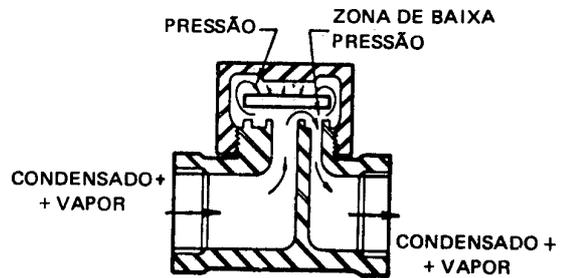
A DESCARGA DE CONDENSADO É INTERMITENTE, DEMORADA, E A PERDA DE VAPOR É RELATIVAMENTE GRANDE



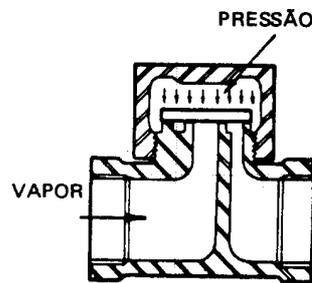
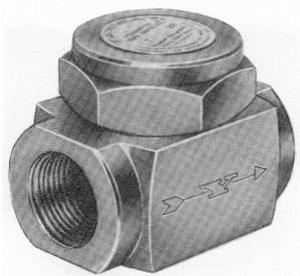
6 – Purgador termodinâmico



PURGADOR ABERTO  
(DESCARGA DE CONDENSADO)



PURGADOR FECHANDO-SE  
(CHEGADA DE VAPOR)



PURGADOR FECHADO

TABELA DE CAPACIDADES					
PRESSÃO NA ENTRADA		TAMANHO			
kgf/cm <sup>2</sup>	lbf/pol <sup>2</sup>	3/8"	1/2"	3/4"	1"
0,5	7	68	80	562	800
1	14	97	115	681	1150
1,5	21	118	140	727	1300
2	28	137	161	763	1400
3	43	164	195	835	1550
4	57	184	221	905	1740
6	85	213	261	1000	1980
8	114	238	288	1090	2200
10	142	259	308	1160	2350
15	213	295	349	1280	2700
20	284	322	386	1365	3050
30	427	367	440	1470	3500
35	498	390	467	1510	3700
42	600	413	499	1542	4000

Descarga máxima contínua em kg/hora a 17° C ou 30° F, abaixo da temperatura do vapor

EMPREGADO PARA DRENAGEM DE LINHAS DE VAPOR E PARA LINHAS DE AQUECIMENTO DESDE QUE A QUANTIDADE DE CONDENSADO NÃO SEJA MUITO GRANDE.

NÃO DEVE SER USADO QUANDO A CONTRAPRESSÃO DO CONDENSADO FOR MAIOR QUE 50% DA PRESSÃO DO VAPOR

## SELEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS PURGADORES DE VAPOR

### FATORES QUE INFLUEM NA SELEÇÃO DE PURGADORES

Natureza da instalação e finalidade do purgador

Pressão e temperatura do vapor na entrada do purgador

Tipo de descarga do condensado (aberta ou fechada), pressão e temperatura do condensado no caso do sistema ser fechado.

Quantidade de condensado a ser eliminado

Perda admitida de vapor vivo

Ocorrências de golpe de aríete ou vibrações na tubulação

Ação corrosiva ou erosiva do vapor ou do condensado

Custo inicial

PARA DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DO VAPOR NA ENTRADA DO PURGADOR DEVEM SER CONSIDERADAS AS PERDAS DE CARGAS EXISTENTES ANTES DO PURGADOR

O MESMO CUIDADO DEVE-SE TER PARA DETERMINAR A PRESSÃO DO CONDENSADO EM SISTEMAS DE DESCARGA FECHADA

SE AS CONDIÇÕES DE PRESSÃO DO VAPOR E/OU DO CONDENSADO FOREM VARIÁVEIS, O PURGADOR DEVERÁ SER SELECIONADO PARA **A MÍNIMA PRESSÃO DO VAPOR** E PARA **A MÁXIMA PRESSÃO DO CONDENSADO**

### CARACTERÍSTICAS DOS PURGADORES

TIPO	Pressão máxima do vapor (kgf/cm <sup>2</sup> )	Capacidade Máxima (kg/h)	Permite descarga contínua ?	Eliminação de ar	Resistência a golpes de aríete	Perda de vapor	Necessidade de manutenção
Bóia	35	50.000	sim	pode ser	não	pouca	regular
Panela invertida	180	15.000	não	sim	sim	pouca	bastante
Panela aberta	100	6.000	não	sim	sim	pouca	bastante
Expansão metálica	50	4.000	pode ser	sim	sim	bastante	regular
Expansão líquida	35	4.000	pode ser	sim	não	bastante	regular
Expansão balanceada (fole)	35	1.000	pode ser	sim	não	bastante	regular
Termodinâmico	100	3.000	não	sim	sim	regular	quase nenhuma
Impulso	100	5.000	não	não	sim	regular	quase nenhuma

PARA QUALQUER PURGADOR A CAPACIDADE DE ELIMINAÇÃO DE CONDENSADO É SEMPRE FUNÇÃO DA PRESSÃO DIFERENCIAL ATRAVÉS DO PURGADOR E DA TEMPERATURA DO CONDENSADO

### CASOS TÍPICOS DE EMPREGO DE PURGADORES

Serviço	Condições de trabalho		Tipos recomendados	Coefficiente de segurança
Drenagem de tubulação de vapor (com retorno de condensado)	Vapor saturado	Alta pressão: mais de 2 MPa ( $\cong 20 \text{ Kgf/cm}^2$ )	<b>B</b>	2
		Média pressão: até 2 MPa	<b>B - C</b>	2
		Baixa pressão: até 0,2 MPa	<b>C - B</b>	3
	Vapor superaquecido	Alta pressão: mais de 2 MPa	<b>B - C</b>	2
		Média pressão: até 2 MPa	<b>C - B</b>	2
		Baixa pressão: até 0,2 MPa	<b>C - B</b>	3
Drenagem de tubulação de vapor (descarga aberta)	Vapor superaquecido ou saturado	Pressões até 0,1 MPa ( $\cong 1 \text{ Kgf/cm}^2$ )	<b>C</b>	2
		Pressões acima de 0,1 MPa	<b>D</b>	3
Aquecimento de tubulações	-	-	<b>D</b>	3
Aparelhos de aquecimento a vapor	Altas vazões (mais de 4.000 Kg/h)	Vazão constante	<b>A - B</b>	2
	Médias e baixas vazões (até 4000 Kg/h)	Vazão variável	<b>A - B</b>	4
Serpentinas de tanques	-	Vazão constante	<b>A - B</b>	2
		Vazão variável	<b>C - A</b>	4
		-	<b>B - A</b>	3
<b>A</b> – purgador de bóia		<b>C</b> – purgador termostático ou de expansão metálica		
<b>B</b> – purgador de panela invertida		<b>D</b> – purgador termodinâmico		

FIXADO O TIPO DE PURGADOR E CALCULADO A PRESSÃO DIFERENCIAL MÍNIMA E A QUANTIDADE DE CONDENSADO A ESCOLHA DO MODELO ADEQUADO RESUME-SE A UMA CONSULTA A CATÁLOGOS

## CÁLCULO DA QUANTIDADE DE CONDENSADO A ELIMINAR

### 1 – Para drenagem de linhas de vapor

$$Q = n(Q_a + 0,5Q_s)$$

Onde:

$Q$  → Quantidade total de condensado (**A capacidade de eliminação do purgador deverá ser igual ou maior do que  $Q$** )

$n$  → Coeficiente de segurança

$Q_a$  → Quantidade de condensado formado durante o aquecimento da tubulação (**Início de funcionamento do sistema**)

$Q_s$  → Quantidade de condensado formado com a tubulação em operação normal

$$Q_a = \frac{6,84Lw\Delta t}{Q_i N}$$

$$Q_s = \frac{La\Delta tU}{Q_i}$$

$L$  = comprimento da tubulação (pés)

$w$  = peso unitário do tubo vazio (lb/pés)

$\Delta t$  = diferença de temperatura entre o vapor e o ambiente ( $^{\circ}F$ )

$Q_i$  = calor latente do vapor na temperatura final em (Btu)

$N$  = numero de minutos de duração do aquecimento da tubulação (toma-se geralmente  $N=5$ )

$a$  = área lateral unitária do tubo (pé<sup>2</sup>/pé)

$U$  = perda unitária de calor através do isolamento térmico.

Como exemplo temos, para o isolamento usual de hidrossilicato de cálcio com 2" de espessura  $U = 0,286 \text{ Btu/pé}^2/^{\circ}F/h$

OS PURGADORES PRÓXIMOS DAS LINHAS DE SAÍDA DE CALDEIRA DEVEM  
SER SUPERDIMENSIONADOS (**coeficiente de segurança = 4**) PARA  
ELIMINAR A ÁGUA ARRASTADA PELO VAPOR.

QUANDO HOUVER GRANDES QUANTIDADES DE AR OU OUTROS GASES  
DEVE-SE ADOTAR COEFICIENTES DE SEGURANÇA  
MAIORES QUE OS RECOMENDADOS.

### 2 – Para reter vapor na saída de aparelhos de aquecimento

A QUANTIDADE DE CONDENSADO A SER ELIMINADO É IGUAL À QUANTIDADE DE VAPOR CONSUMIDO PELO APARELHO DE AQUECIMENTO

## OUTROS DISPOSITIVOS SEPARADORES

**OPERAÇÕES  
MAIS COMUNS** →

Separação de água e/ou óleo em tubulações de ar comprimido e de outros gases

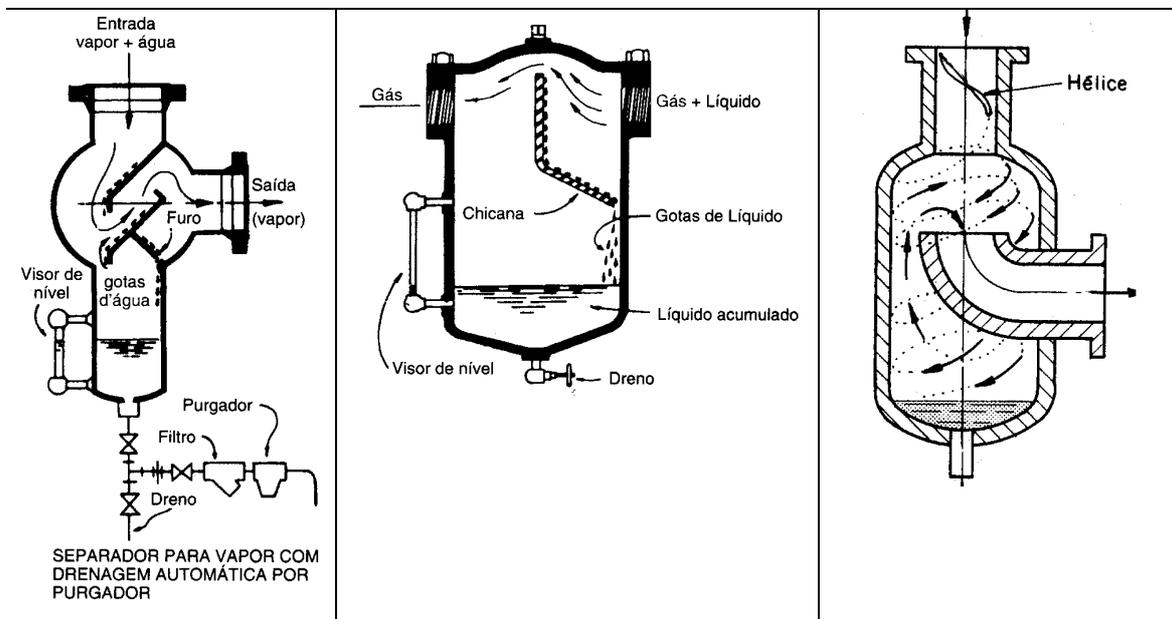
Separação de poeiras e sólidos em suspensão em tubulações de ar e de gases diversos

Separação de ar e/ou água em tubulações de gasolina e outros líquidos leves

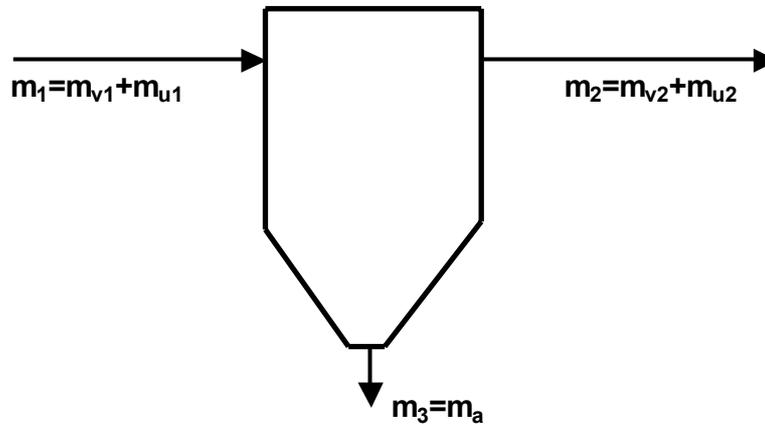
Separação de ar e/ou água em tubulações de vapor

→ **FLUTUAÇÃO  
INÉRCIA  
CAPILARIDADE  
ABSORÇÃO**

## SEPARADORES DE INÉRCIA



## CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DE UM SEPARADOR



$$e = \frac{m_a}{m_{u1}} \times 100\%$$

$$e = \frac{x_2 - x_1}{100 - x_1} \times 100\%$$

$m_a$  = massa de água separada

$m_{u1}$  = massa de umidade no vapor antes do separador

$m_a$  e  $m_{u1}$  —————> são calculados para a mesma massa de vapor úmido entrando no separador

$x_1$  e  $x_2$  —————> são respectivamente o título do vapor antes e depois do separador

Em uma massa “m” de vapor úmido de título “x”, a massa de água é dada por

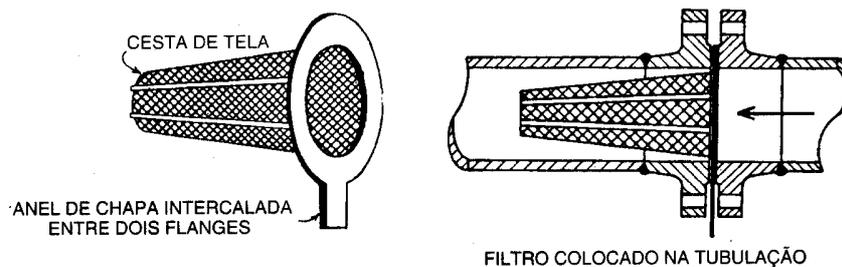
$$m_u = m(100-x)$$

pois, por definição,

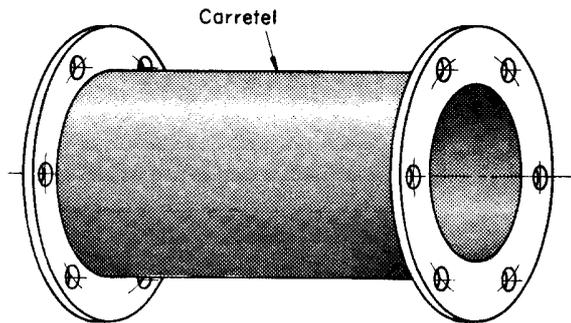
$$x = \frac{\text{massa de vapor}}{\text{massa total}} = \frac{m_v}{m_v + m_a}$$

## FILTROS PROVISÓRIOS E PERMANENTES

### 1 – Filtros provisórios

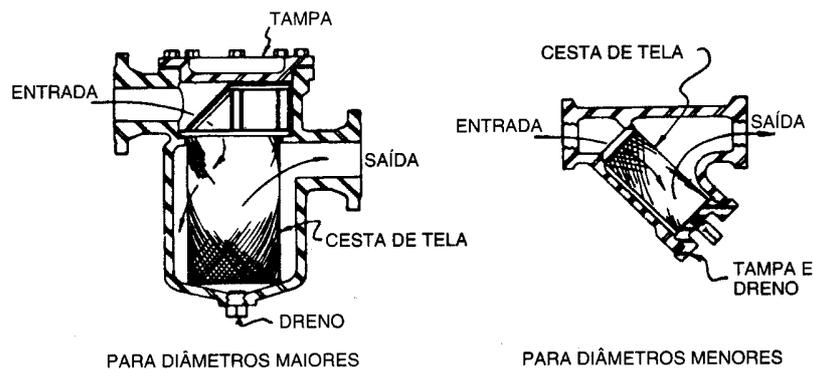


Para facilitar a colocação e posterior retirada dos filtros provisórios, deve-se utilizar um carretel



A CESTA DE TELA DEVE TER UMA ÁREA FILTRANTE DE NO MÍNIMO 3 A 4 VEZES A ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL ÚTIL DA TUBULAÇÃO

## 2 – Filtros permanentes

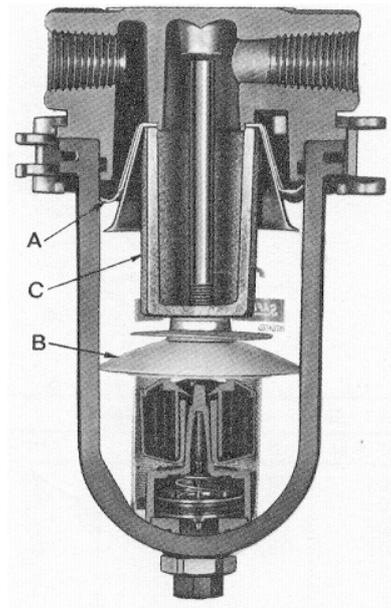
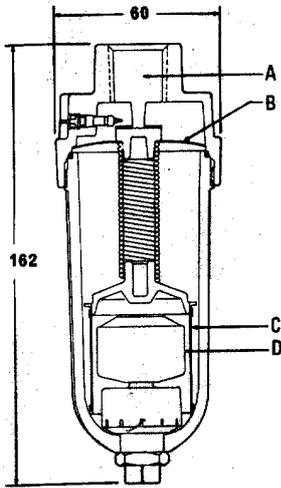


OS ELEMENTOS FILTRANTES (*mesmo nos filtros provisórios*) DEVEM SER SEMPRE DE MATERIAIS RESISTENTES À CORROSÃO

EM LINHAS DE FUNCIONAMENTO CONTÍNUO E COM NECESSIDADE DE FILTRAGEM CONSTANTE, COLOCA-SE FILTROS EM PARALELO

OS FILTROS CAUSAM PERDAS DE CARGA MUITO ELEVADAS

## PURGADOR E FILTRO COM SEPARADOR PARA AR COMPRIMIDO



**CAPÍTULO 8 – RECOMENDAÇÕES DE MATERIAIS PARA ALGUNS SERVIÇOS  
ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAL PARA TUBULAÇÃO - AULA 4 ANEXO 1**

## AULA 4

*Referente ao Capítulo 7 do Livro Texto*

CLASSE DE FLUIDOS		HIDROCARB. LÍQUIDOS POUCO CORROSIVOS					ESPECIFICAÇÃO		"D"								
FAIXA DE VARIAÇÃO DE PRESSÕES E TEMPERATURAS		MPa	4,0	3,8	3,5	2,8	CLASSE DE PRESSÃO NOMINAL										
		C	100	200	300	400 max.	ANSI	300#	FR								
MATERIAL BÁSICO		AÇO-CARBONO					MARGEM P/CORROSÃO		1,2mm								
PEÇAS		DIÂMETROS NOMINAIS (Pol.)															
		1/2	3/4	1	1½	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24
TUBOS	MATERIAL	ASTM-A 106 Gr.					ASTM-A 53Gr. A(*)			ASTM-A 53 Gr. B(**)							
	FABRICAÇÃO	PRETO, SEM COSTURA								PRETO, COM OU SEM COSTURA							
	ESPESSURA	Série 80					Série 40			3/8"	CALCULAR (3/8" Min.)						
	EXTREMIDADES	PONTAS LISAS					PONTAS CHANFRADAS										
FLANGES	MATERIAL									ASTM-A 181 Gr. I							
	TIPO, FACE, CLASSE DE PRESSÃO									PESCOÇO FACE DE RESSALTO ANSI 300 #							
	ESPESSURA									DE ACORDO COM O TUBO							
CONEXÕES	MATERIAL	ASTM-A 234 Gr. A					ASTM-A 234 Gr. B										
	EXTREMIDADES	SOLDA DE ENCAIXE					SOLDA DE TOPO										
	ESPESSURA OU CLASSE DE PRESSÃO	3000#					DE ACORDO COM O TUBO										
CARACTERÍSTICAS GERAIS	MATERIAL DA CARÇAÇA	ASTM-A 105 Gr. II					ASTM-A 216 Gr. WCB										
	MATERIAL DO MECANISMO INTERNO									ASTM-A-182 Gr. F 6							
	EXTREMIDADES E CLASSE DE PRESSÃO									SOLDA DE ENCAIXE 600#				FLANGES 300# FR			
VÁLVULA GAVETA	GAVETA E SEDE	GAVETA MACIÇA, SEDES REMOVÍVEIS															
	MOVIMENTAÇÃO DA HASTE	GRAMPO E ROSCA EXTERNA															
	CASTELO	UNIÃO				APARAFUSADO											
	SIGLA E MODELO	V-G2, CRANE 3602 X				V-G5, CRANE 33 X											
VALV. MACHO	TIPO																
	SIGLA E MODELO																
VÁLVULAS GLOBO	TAMPÃO E SEDE	TAMPÃO MACIÇO, SEDE REMOVÍVEL															
	MOVIMENTAÇÃO DA HASTE	GRAMPO E ROSCA EXTERNA															
	CASTELO	UNIÃO		APARAFUSADO													
	SIGLA E MODELO	V-B2 VOGT-SW-803-7		V-B4 CRANE 151X													
VÁLVULAS DE RETENÇÃO	TIPO	ESFERA, SEDE REMOVÍVEL			PORTINHOLA, SEDE REMOVÍVEL			PORTINHOLA BALANCEADA SEDE REMOVÍVEL									
	CASTELO	UNIÃO			APARAFUSADO												
	SIGLA E MODELO	V-R2 VOGT-SW-4853-7			VR-5, CRANE 159 X			VRB-CHAPMAN 323 A									
JUNTAS	TIPO									SEMIMETÁLICA, EM ESPIRAL, COM ENCHIMENTO DE AMIANTO							
	ESPESSURA									9/640"							
PARAFUSOS	TIPO									ESTOJOS C/2 PORCAS HEXAGONAIS							
	MATERIAL									ESTOJOS: ASTM-A 193 Gr. B7, PORCAS: ASTM-A 194							
OBSE-VAÇÕES		*) PODEM SER EMPREGADOS TUBOS API-5L Gr. A (**) PODEM SER TAMBÉM EMPREGADOS TUBOS API-5L Gr. B															

Fig. 8.1

ANEXO 1 – Livro Texto (pág. 104)

# *AULA 5*

*Volume I do Livro Texto*

## **CONTEÚDO:**

- *Capítulo 16*

*Aquecimento, Isolamento Térmico, Pintura e Proteção.*

## AQUECIMENTO DE TUBULAÇÕES

### MOTIVOS DE AQUECIMENTO

Manter em condições de escoamento líquidos de alta viscosidade ou materiais que sejam sólidos na temperatura ambiente.

Manter determinados líquidos, por exigência de serviço, dentro de certos limites de temperatura.

Pré-aquecer as tubulações, no início do funcionamento, para desfazer depósitos sólidos.

### SISTEMAS USADOS PARA AQUECIMENTO

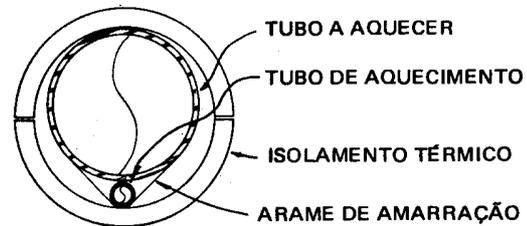
#### 1 – Tubos de aquecimento externo paralelos (POR UM OU MAIS TUBOS DE AQUECIMENTO)

##### VANTAGENS:

- Baixo custo inicial
- Facilidade de manutenção
- Impossibilidade de contaminação do fluido circulante

##### DESVANTAGENS:

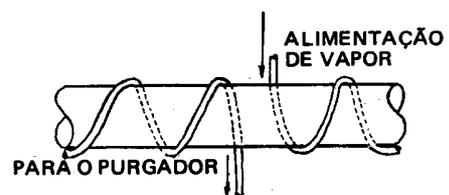
- Aquecimento irregular e de difícil controle
- Aquecimento inicial lento



PODE-SE MELHORAR A EFICIÊNCIA DA TROCA DE CALOR, PREENCHENDO-SE OS ESPAÇOS ENTRE OS TUBOS DE AQUECIMENTO E O TUBO A AQUECER COM MASSAS QUE POSSUAM ALTO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO DE CALOR.

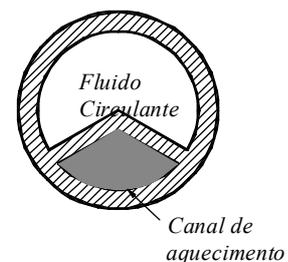
#### 2 – Tubo de aquecimento enrolado externamente

É bem mais caro e mais difícil de ser construído do que os tubos paralelos, porém permite um aquecimento mais intenso e uniforme.

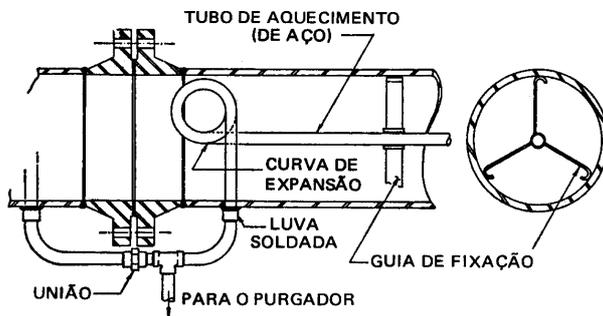


#### 3 – Tubo de aquecimento integral

SISTEMA RARO, EMPREGADO APENAS EM TUBOS NÃO FERROSOS FABRICADOS POR EXTRUSÃO (*alumínio, latão etc.*)



#### 4 – Tubo de aquecimento interno



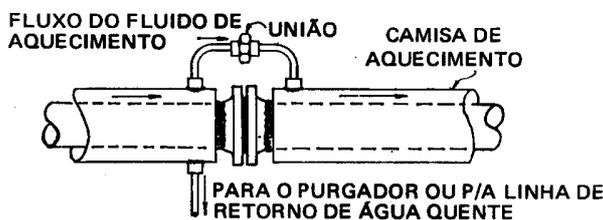
UTILIZADO EM TUBOS DE GRANDES DIÂMETROS  $\varnothing > 20''$

TEM BOA EFICIÊNCIA DE AQUECIMENTO

#### PRINCIPAIS DESVANTAGENS

1. Construção cara e complicada.
2. Problemas de dilatação diferencial entre os tubos (*o tubo de vapor é mais quente e se aquece mais depressa*).
3. Possibilidade de contaminação do fluido circulante.
4. Dificuldade de localização e de reparo dos vazamentos.
5. Não permite a limpeza mecânica interna da tubulação.

#### 5 – Camisa externa



CUSTO DE IMPLANTAÇÃO E DE MANUTENÇÃO ELEVADOS

PERMITE AQUECIMENTO RÁPIDO, INTENSO E CONTROLADO

#### 6 – Aquecimento elétrico

CONSISTE NA COLOCAÇÃO DE FIOS ELÉTRICOS, LONGITUDINALMENTE OU EM ESPIRAL, POR FORA DA TUBULAÇÃO.

UTILIZA UMA CORRENTE, DE BAIXA VOLTAGEM E ALTA INTENSIDADE, CONTROLADA POR TERMOSTATO QUE MEDE A TEMPERATURA DA PAREDE DO TUBO.

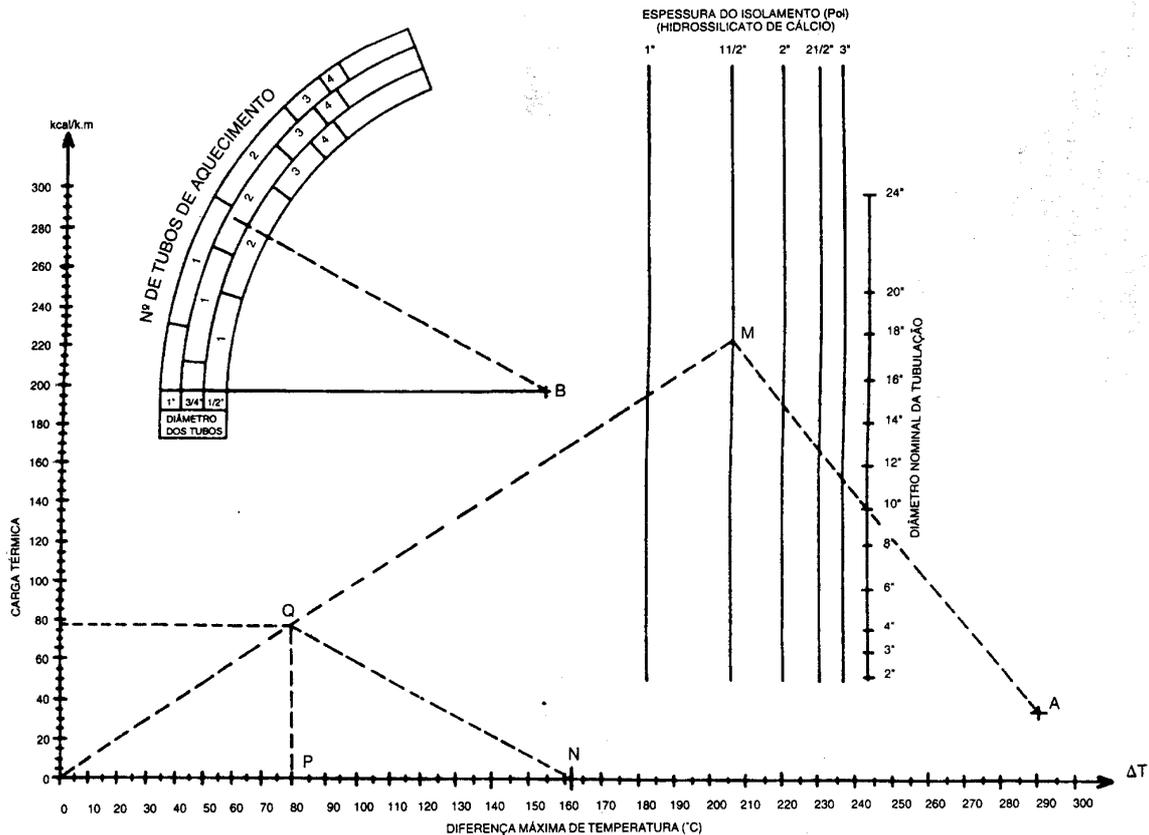
**O CUSTO DE INSTALAÇÃO E OPERACIONAL SÃO RELATIVAMENTE ALTOS**

**VANTAGENS**

- Muito bom controle do aquecimento.
- Aquecimento rápido, de partida instantânea, e uniforme em toda a tubulação.
- Baixo custo de manutenção.

## AQUECIMENTO POR MEIO DE TUBOS EXTERNOS PARALELOS

### 1 – Quantidade, diâmetro dos tubos



Ábaco para cálculo de tubos de aquecimento. Extraído da N-42 da PETROBRAS

Exemplo de uso:

Dados: Diâmetro do tubo: 10"  
 Temperatura de aquecimento:  $T_a = 90^\circ\text{C}$   
 Temperatura de saturação do vapor:  $T_v = 172^\circ\text{C}$   
 Temperatura ambiente mínima:  $T_m = 10^\circ\text{C}$   
 Espessura do isolamento (hidrossilicato de Ca) = 1 1/2"

- 1 — Trace uma reta passando pelo ponto 'A' e pelo diâmetro do tubo, até o ponto 'M', na reta da espessura do isolamento
- 2 — Trace uma reta do ponto 'M' até a origem
- 3 — Calcule as diferenças  $T_a - T_m = 90 - 10 = 80^\circ\text{C}$ , e  $T_v - T_m = 172 - 10 = 162^\circ\text{C}$
- 4 — Marque o ponto da diferença  $T_a - T_m$  no eixo  $\Delta T$  (ponto P) e o ponto 'N', correspondente à diferença  $T_v - T_m$
- 5 — Trace uma perpendicular pelo ponto P até a reta de 'M' à origem, determine o ponto 'Q'
- 6 — Trace uma reta do ponto 'Q' ao ponto 'N', correspondente à diferença  $T_v - T_m$
- 7 — Trace pelo ponto 'B' uma paralela à reta NQ, determinando o número necessário de tubos de aquecimento. No caso, servirão 2 tubos de 1/2"
- 8 — A perda de calor por hora e por metro de tubo, será a ordenada do ponto 'Q'.

## 2 – Comprimento dos tubos de aquecimento

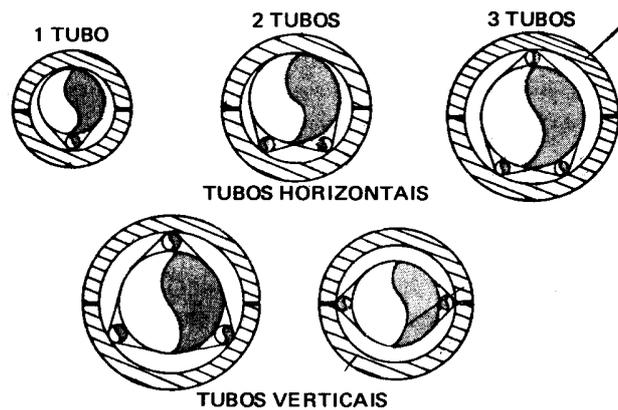
Pressão do Vapor MPa ( $\cong$ Kgf/cm <sup>2</sup> )	Diâmetro Nominal do Tubo de Aquecimento	Comprimento Máximo (m)
até 0,17 ( $\cong$ 1,7)	3/8" – 1/2"	60
	3/4" – 1"	90
0,17 a 1,4 ( $\cong$ 1,7 a 14)	3/8" – 1/2"	60
	3/4" – 1"	120

Extraído da N-42 da PETROBRAS

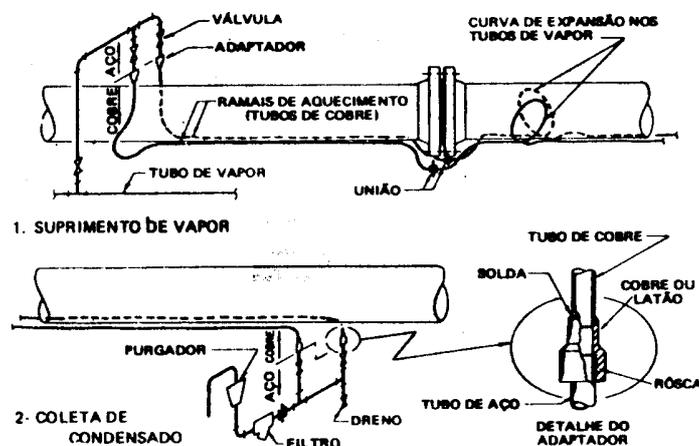
QUANDO O COMPRIMENTO DA TUBULAÇÃO A AQUECER FOR MAIOR QUE O MÁXIMO ADMISSÍVEL PARA O TUBO DE AQUECIMENTO, ESTES ÚLTIMOS SERÃO SUBDIVIDIDOS EM SEÇÕES SUCESSIVAS.

NÃO É CONVENIENTE QUE OS TUBOS DE AQUECIMENTO TENHAM COMPRIMENTO MUITO CURTO PARA EVITAR QUE OS PURGADORES TENHAM CICLOS RÁPIDOS

## 3 – Disposição dos tubos de aquecimento



## 4 – Alimentação de vapor e descarga de condensado

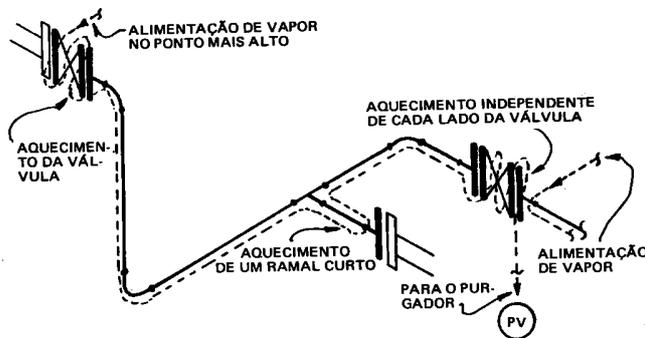


5 – Dimensionamento do tubo tronco

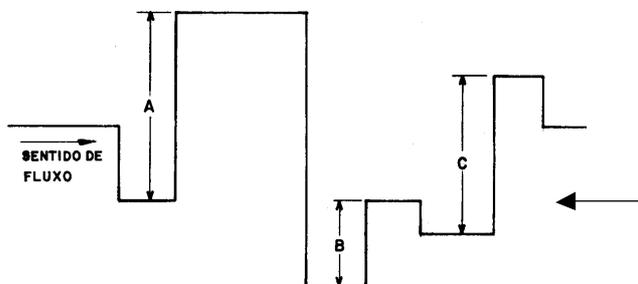
Diâmetro Nominal do Tronco de Vapor	Quantidade e Diâmetro dos tubos de Aquecimento			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1/2	1 – 2	1	-	-
3/4	3 a 5	2 a 4	1	-
1	6 a 8	5 – 6	2 – 3	1
1 1/2	9 a 18	7 a 12	4 a 7	2 a 3
2	19 a 28	13 a 16	8 a 11	4 a 6

Extraído da N-42 da PETROBRAS

6 – Trajeto dos tubos de aquecimento



DE PREFERÊNCIA O FLUXO DEVE SER DESCENDENTE, PARA QUE O CONDENSADO FORMADO CORRA POR GRAVIDADE PARA OS PURGADORES



QUANDO O FLUXO NÃO FOR DESCENDENTE, A SOMA DE TODAS AS ELEVAÇÕES, MEDIDAS NO SENTIDO DO FLUXO, NÃO DEVE EXCEDER OS VALORES DA TABELA ABAIXO.

Soma das elevações de cota = A + B + C

Pressão do Vapor (MPa)	Soma Total das Elevações de Cota (m)	Valor Máximo de Cada Elevação de Cota (m)
0,14 a 0,17	3,0	1,0
0,17 a 0,35	6,0	1,0
0,35 a 0,42	7,5	3,0
0,42 a 0,53	9,0	3,0
0,53 a 0,70	12,0	3,0
0,70 a 1,05	18,0	6,0
1,05 a 1,40	24,0	6,0

Extraído da N-42 da PETROBRAS

### *7 – Uso de uniões e conexões*

DEVEM SER COLOCADAS UNIÕES ONDE EXISTIREM FLANGES, VÁLVULAS E QUAISQUER OUTRAS PEÇAS DESMONTÁVEIS NA TUBULAÇÃO A AQUECER.

### *8 – Dilatação diferencial*

COMO OS TUBOS DE AQUECIMENTO SÃO SEMPRE MAIS QUENTES, A DILATAÇÃO DELES SERÁ MAIOR QUE A DO TUBO AQUECIDO E ASSIM SENDO, SÃO NECESSÁRIAS CURVAS DE EXPANSÃO (*normalmente colocadas a cada 15 m*) PARA COMPENSAR A DILATAÇÃO DIFERENCIAL

### *9 – Aquecimento de válvulas e outros equipamentos*

É OBTIDO ENROLANDO O TUBO DE AQUECIMENTO NA VÁLVULA OU NO EQUIPAMENTO

### *10 – Massas transmissoras de calor*

PODE AUMENTAR EM ATÉ 3 (três) VEZES A EFICIÊNCIA DO AQUECIMENTO

### *11 – Fixação dos tubos de aquecimento*

SÃO AMARRADOS COM ARAME GALVANIZADO OU CINTA METÁLICA (não podem ficar presos para não impedir os movimentos de dilatação)

## ISOLAMENTOS TÉRMICOS

APLICAÇÕES DE ISOLAMENTOS TÉRMICOS

LINHAS QUENTES  
LINHAS FRIAS

FINALIDADES DE APLICAÇÃO DOS ISOLAMENTOS TÉRMICOS

MOTIVO ECONÔMICO (Normalmente em  $t > 80^{\circ}\text{C}$  e  $t < 0^{\circ}\text{C}$ )

MOTIVO DE SERVIÇO (Aplicados em qualquer temperatura)

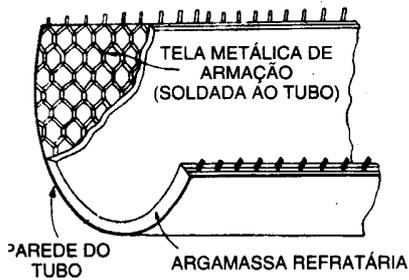
PROTEÇÃO PESSOAL (Aplicado em  $t > 60^{\circ}\text{C}$  e  $t < 0^{\circ}\text{C}$  em tubulações a menos de 2 m de altura ou a menos de 1 m de distância de qualquer piso de operação)

O ISOLAMENTO DE PROTEÇÃO PESSOAL, SE HOUVER VANTAGEM ECONÔMICA, PODE SER SUBSTITUÍDO POR GRADES OU GUARDAS DE PROTEÇÃO

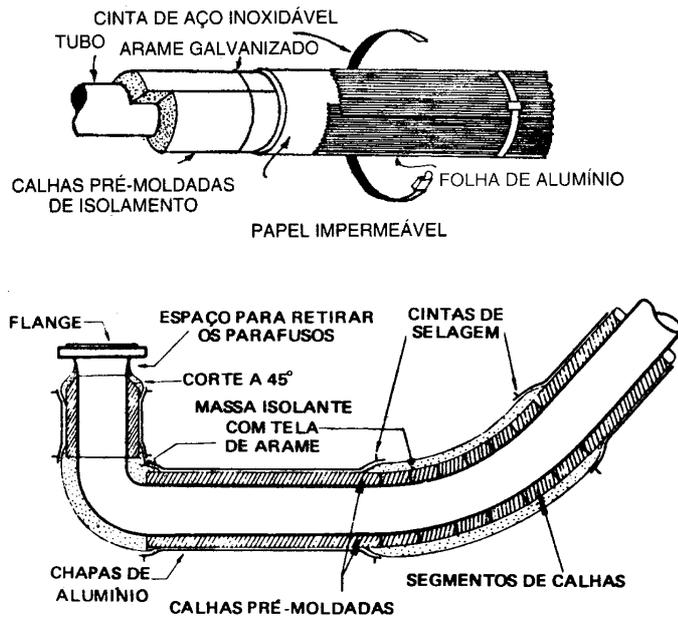
Obs.: Nas linhas frias o motivo pode ser para evitar a formação de orvalho ou de gelo na superfície da tubulação.

## SISTEMAS DE COLOCAÇÃO DOS ISOLAMENTOS TÉRMICOS

### ISOLAMENTO INTERNO



### ISOLAMENTO EXTERNO



## MATERIAIS USADOS PARA ISOLAMENTO TÉRMICO

Material	Limite de Temp. °C	Resistência à			Condutividade Térmica Média BTU (h°F pé <sup>2</sup> /pol)					Obs.
		Água ou Umidade	Fogo	Danos Mecânicos	a 40°C	a 100°C	a 200°C	a 300°C	a 400°C	
<i>Isolantes térmicos rígidos</i>										
<i>Materiais em forma de calha ou segmentos pré-moldados</i>										
Hidrossilicato de Ca	até 1000	Boa	Boa	Fracos à tração	0,38	0,40	0,47	0,57		1,2
Composição de Mg 85%	até 320	Fraca	Boa	Fracos à tração	0,40	0,43	0,51	0,59		3,4
Lã mineral (Lã de rocha)	até 900	Boa	Excelente	Fraca	0,32	0,37	0,50	0,64	0,77	5,6,7
Silica diatomácea (Terra diatomácea)	até 1000	Fraca	Regular	Fraca	0,58	0,60	0,68	0,78	0,86	7,8
Lã de vidro	-180 a 540	Excelente	Excelente	Fraca	0,25	0,28	0,30			9
Espuma de plástico (poliestireno expan.)	-50 a 80	Excelente	Não resiste	Regular	0,40					10,11
Cortiça	-50 a 80	Boa	Não resiste	Regular	0,25	0,26				11,12,13
<i>Isolantes térmicos flexíveis</i>										
<i>Materiais em forma de mantas (tecidos)</i>										
Amianto	até 400	Boa	Excelente	Regular	0,47	0,50	0,57	0,65		14
Lã de vidro	Como acima									
Lã mineral										
<i>Materiais aplicados por "spray"</i>										
Poliuretanos	-240 a 100	Boa	Não resiste	Regular	0,14					11

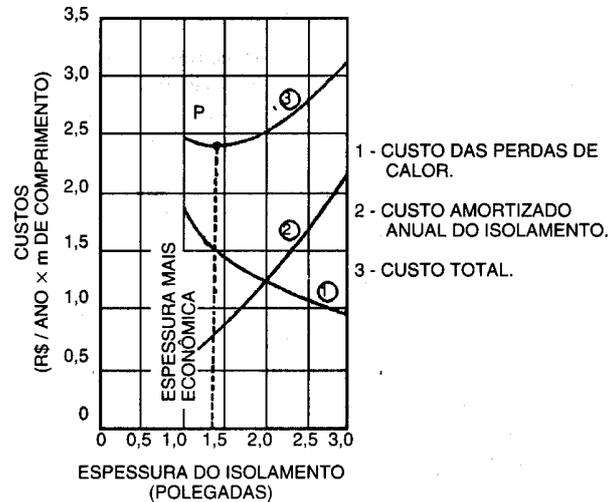
### OBSERVAÇÕES SOBRE A TABELA

- |  |  |
|--|--|
| <p>1 – Material mais usado para tubulação quente</p> <p>2 – Material especificado nas normas PNB-141 e PEB-221 da ABNT, e C-345 da ASTM</p> <p>3 – Material de emprego tradicional antes do aparecimento do hidrossilicato de cálcio</p> <p>4 – Material especificado na norma C-320 da ASTM</p> <p>5 – Material de custo elevado, podendo ser mais econômico devido à menor condutividade térmica</p> <p>6 – Material flexível e capaz de absorver grandes dilatações dos tubos</p> <p>7 – Material não recomendado quando existem cargas externas na tubulação</p> | <p>8 – Material de custo elevado e de alta condutividade térmica. Indicado para temperaturas superiores a 650°C</p> <p>9 – Material macio, flexível e leve</p> <p>10 – Material muito usado para tubulações de baixas temperaturas</p> <p>11 – Para uso em baixas temperaturas</p> <p>12 – Material moldado ou granulado e aglutinado</p> <p>13 – Material de boa resistência a choques e vibrações</p> <p>14 – Empregado como segunda camada para recobrir outros materiais isolantes</p> |
|--|--|

## ESPESSURAS DOS ISOLAMENTOS TÉRMICOS

### 1 – Espessura calculada por motivo econômico

A ESPESSURA IDEAL É RESULTANTE DA COMPARAÇÃO ECONÔMICA ESTRE O CUSTO DO ISOLAMENTO E O CUSTO DA ENERGIA PERDIDA.



A quantidade de calor trocada através do isolamento térmico pode ser avaliada pela seguinte fórmula:

$$Q_i = \frac{2\pi KL(T_s - T_a)}{2,3 \log \frac{r_2}{r_i} + \frac{K}{r_e(h + 0,9h_r)}}$$

$Q_i$  = quantidade de calor trocada na unidade de tempo (BTU/hora)

$K$  = coeficiente de condutividade térmica do isolamento considerado para a temperatura em questão (BTU/pé x hora x °F)

$L$  = comprimento do tubo (pés)

$T_s$  = temperatura do tubo (°F)

$T_a$  = temperatura ambiente (°F)

$r_2$  = raio externo do isolamento (pés)

$r_i$  = raio interno do isolamento (pés)

$h$  = coeficiente de convecção (BTU/pe<sup>2</sup> x hora x °F)

$h_r$  = coeficiente de radiação (BTU/pe<sup>2</sup> x hora x °F)

### 2 - Espessura calculada por motivo de serviço

$$Q_i = mc\Delta t$$

em que:

- $m$  = peso do fluido que entrou na tubulação durante o tempo considerado (Kg/hora)
- $c$  = calor específico do fluido na temperatura média considerada (Cal/Kg x °C)
- $\Delta t$  = maior diferença de temperatura que possa haver entre o fluido que entra e o fluido da tubulação

A ESPESSURA A ADOTAR SERÁ AQUELA QUE CORRESPONDER A UM VALOR DE  $Q_i$  (calculado acima), IGUAL AO VALOR DE  $Q_i$

## 3 – Considerações sobre a espessura do isolamento térmico

A EFICIÊNCIA DO ISOLAMENTO TÉRMICO VARIA COM

(*circunstâncias locais*)

- localização da tubulação
- temperatura ambiente
- umidade do ar
- velocidade do vento.

EM FUNÇÃO DAS CIRCUNSTÂNCIAS LOCAIS OS DADOS FORNECIDOS PELOS FABRICANTES SOBRE COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO DE CALOR DEVEM SER UTILIZADOS COM CAUTELA

NA PRÁTICA RARAMENTE A ESPESSURA DOS ISOLAMENTOS TÉRMICOS É DETERMINADA POR CÁLCULOS.

Na maioria dos casos utiliza-se espessuras já consagradas pelo uso

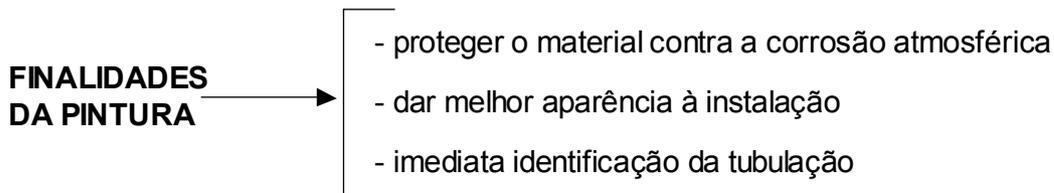
<i>Espessura do isolamento térmico da tubulação (mm) Hidrossilicato de cálcio</i>														
<i>Diâmetro Nominal (pol)</i>	<i>Temperatura de operação da tubulação (°C)</i>													
	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600
3/4	25	25	38	38	51	51	63	63	63	63	63	63	63	63
1	25	25	38	38	51	51	63	63	63	63	63	63	63	63
2	25	25	38	38	51	51	63	63	63	63	63	63	76	76
3	25	25	38	38	51	51	63	63	63	63	63	76	76	89
4	25	25	38	38	51	51	63	63	63	63	76	76	89	89
6	25	25	38	38	51	51	63	63	76	76	89	102	102	114
8	25	25	38	38	51	51	63	76	76	89	102	114	114	126
10	25	38	38	51	51	63	63	76	89	102	102	114	126	126
12	25	38	38	51	63	63	76	76	89	102	114	126	126	126
14	25	38	38	51	63	63	76	89	89	102	114	126	126	126
16	25	38	51	51	63	63	76	89	102	102	114	126	126	126
20	25	38	51	51	63	63	76	89	102	114	126	126	126	126
24	25	38	51	51	63	63	76	89	102	114	126	126	126	126

QUANDO AS PERDAS DE CALOR DEVAM SER REDUZIDAS AS ESPESSURAS DO ISOLAMENTO DEVEM SER AUMENTADAS, PORQUE AS TABELAS MOSTRAM VALORES MÉDIOS.

OS VALORES DAS TABELAS TAMBÉM DEVEM SER AUMENTADOS PARA AS TUBULAÇÕES SITUADAS EM AMBIENTES DE BAIXA TEMPERATURA, DE GRANDE UMIDADE OU PARA TUBULAÇÕES EXPOSTAS AO VENTO E À CHUVA.

## PINTURA DAS TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS

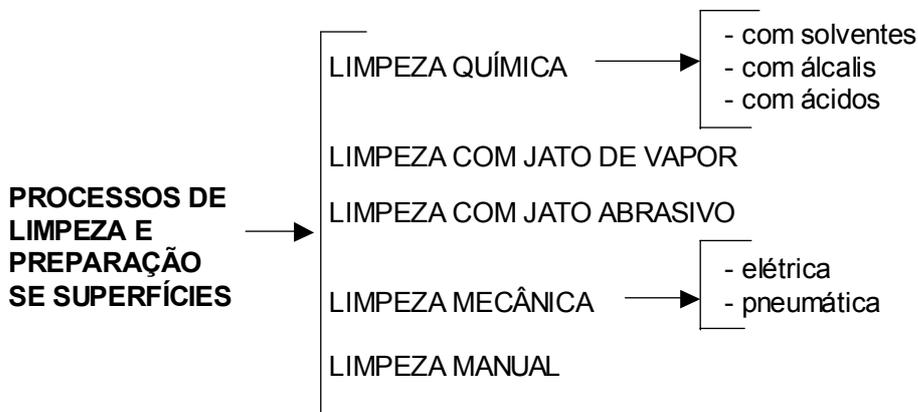
TODAS AS TUBULAÇÕES DE AÇO-CARBONO E AÇOS LIGAS, NÃO ENTERRADAS E QUE NÃO TENHAM ISOLAMENTO TÉRMICO, DEVEM RECEBER ALGUM TIPO DE PINTURA.



FAZER UMA BOA PINTURA E MANTÊ-LA EM BOAS CONDIÇÕES É O MEIO MELHOR E MAIS ECONÔMICO DE PROLONGAR A VIDA DA TUBULAÇÃO.

## PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES PARA A PINTURA

A PINTURA SERÁ TANTO MAIS DURÁVEL E RESISTENTE QUANTO MELHOR TIVER SIDO A PREPARAÇÃO PRÉVIA DA SUPERFÍCIE.



## TINTAS E SISTEMAS DE APLICAÇÃO

AS TINTAS COMUNS NÃO RESISTEM A TEMPERATURAS ACIMA DE 80 °C.

TINTAS A BASE DE SILICONE, DEPENDENDO DA COMPOSIÇÃO, PODEM TRABALHAR ATÉ A 500 °C

PODE-SE FAZER PINTURA INTERNA DO TUBO PARA PROTEGE-LOS  
CONTRA A CORROSÃO PELO FLUIDO CIRCULANTE.

### CORES PARA IDENTIFICAÇÃO DAS TUBULAÇÕES – Norma NB 54 da ABNT

verde	água	alumínio	combustíveis gasosos ou líquidos de baixa viscosidade
branco	vapor	preto	combustíveis e inflamáveis de alta viscosidade
azul	ar comprimido	vermelho	sistemas de combate a incêndio
amarelo	gases em geral	cinza-claro	vácuo
laranja	ácidos	castanho	outros fluidos não especificados
lilas	álcalis		

## PROTEÇÃO DE TUBULAÇÕES ENTERRADAS E SUBMERSAS

VISA PROTEGER CONTRA A CORROSÃO E CONTROLAR A AÇÃO ELETROLÍTICA DE  
CORRENTES ELÉTRICAS GERADAS  
PELA DIFERENÇA DE POTENCIAL ENTRE O TUBO E O MEIO

### SISTEMAS MAIS USUAIS

<b>1 - Revestimento com esmalte de alcatrão de hulha</b>	Aplicação a quente em espessuras de 3 a 8 mm. O esmalte deve ser imediatamente recoberto com uma camada de véu de fibra de vidro e outra de papel feltro
<b>2 – Revestimento com asfalto</b>	Aplicação semelhante ao descrito acima Tem menor custo e vida mais curta que o revestimento de alcatrão
<b>3 – Revestimento com fitas plásticas</b>	É um revestimento de qualidade inferior, empregado em pequenos trechos ou para reparos e falhas em outros revestimentos.
<b>4 – Revestimento com polietileno (ou com polipropileno) extrudado</b>	É feita a extrusão da resina plástica, com espessura de 3 a 5 cm, diretamente sobre a superfície do tubo.
<b>5 – Revestimento misto a base de epóxi e polietileno extrudado</b>	Tinta de fundo a base de epóxi aplicada eletrostaticamente, seguida de uma camada de adesivo a base de polietileno e finalmente uma camada de polietileno aplicado por extrusão

## PROTEÇÃO CATÓDICA

Nos casos mais simples é feito com “anodos de sacrifício” (Mg, Zn, Al) enterrados no solo de espaço em espaço e ligados eletricamente à tubulação

**Nos casos de solos de grande resistividade deve-se empregar o sistema de proteção catódica por “corrente impressa”**

*Uma fonte externa de energia introduz uma corrente contínua entre a tubulação e os anodos, que neste caso deve ser de grafita ou ligas especiais (Fé-Si, Fé-Cr-Si)*

# AULA 5

Referente ao Capítulo 16 do Livro Texto

# *AULA 6*

*Volume I do Livro Texto*

## **CONTEÚDO:**

- *Capítulo 9*

*Disposição das Construções em uma Instalação Industrial.*

- *Capítulo 10*

*Arranjo e Detalhamento de Tubulações.*

## DISPOSIÇÃO DAS CONSTRUÇÕES EM UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL (Lay-out)

Nas indústrias de processo, onde as interligações dos equipamentos de processo são feitas por tubulações, a disposição das construções e dos equipamentos estão intimamente ligados com o traçado das tubulações.

O ESTUDO DO “LAY-OUT” DE UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL É UMA DAS ETAPAS MAIS IMPORTANTES E DECISIVAS DO PROJETO GLOBAL.

### SEQÜÊNCIA DAS ETAPAS PARA ESTUDO DO “LAY-OUT”

#### 1 – Listagem das atividades básicas

LISTAR, TANTO AS ATIVIDADES-FIM, COMO AS ATIVIDADES DE APOIO

- **Unidades de processo** (quantas forem)
- **Áreas de armazenagem** (matéria prima, produtos intermediários e produtos finais)
- **Utilidades:** casa de força, subestações elétricas, tratamento de água e de efluentes, torre de resfriamento etc.
- **Áreas de recebimento, de manuseio de matérias primas e de despacho de produtos finais.**
- **Oficinas, almoxarifados, laboratórios, casas de controle etc.**
- **Escritório e outros prédios administrativos**

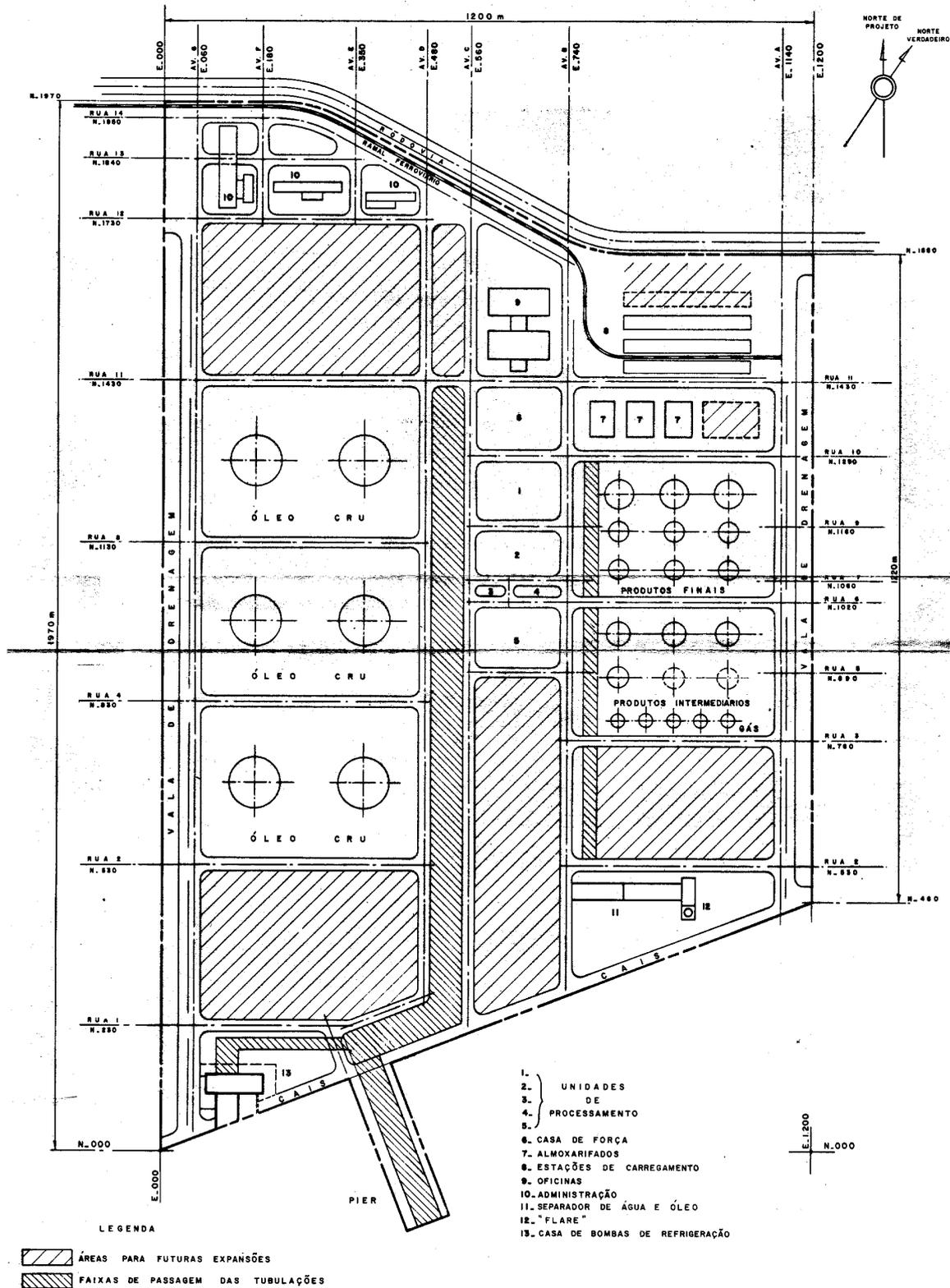
#### 2 – Cálculo das áreas para cada atividade

#### 3 – Diagrama de bloco de circulação de materiais

#### 4 – Direções ortogonais básicas

A FINALIDADES DAS DIREÇÕES ORTOGONAIS É ORIENTAR:

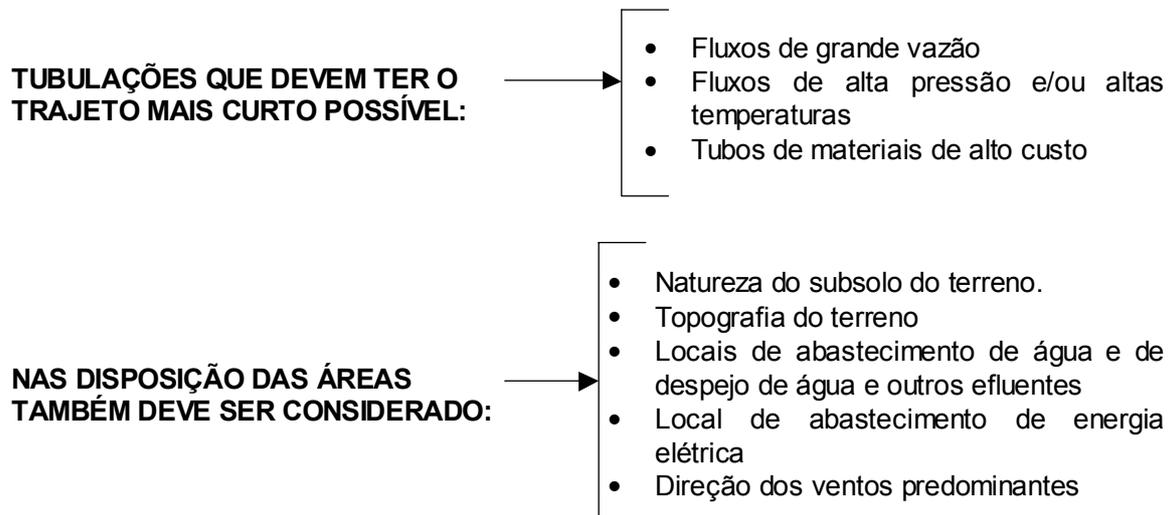
- o traçado das ruas e avenidas
- limites de áreas de processamento e de armazenagem
- diques, valas de drenagem etc.
- o alinhamento de prédios e bases de equipamentos
- o traçado das tubulações horizontais



PLANTA DE ARRANJO GERAL

### 5 – Disposição geral das áreas

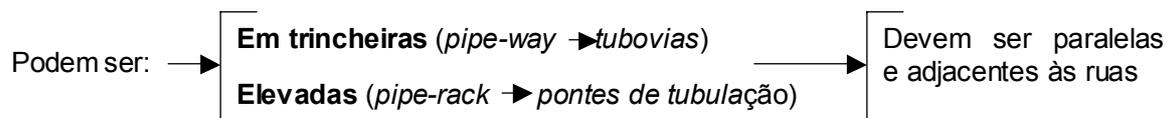
SEGUINDO AS ORIENTAÇÕES DAS DIREÇÕES ORTOGONAIS E BUSCANDO OS TRAJETOS MAIS CURTOS, FAZ-SE, EM FUNÇÃO DO DIAGRAMA DE BLOCOS DE CIRCULAÇÃO, A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS NO TERRENO.



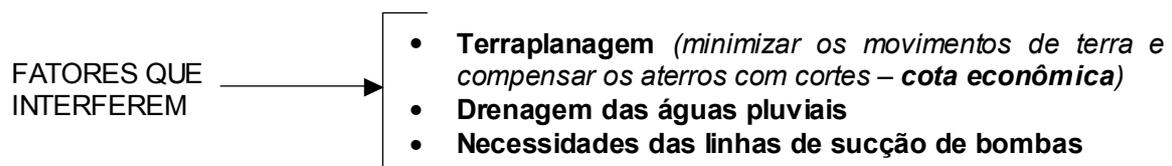
### 6 – Traçado de ruas para subdivisão de áreas

DEVE-SE PROCURAR GARANTIR QUE QUALQUER PONTO DO TERRENO TENHA SEMPRE DOIS CAMINHOS DE ACESSO (*Evitar bloqueio em caso de acidente*)

### 7 – Faixa de passagem de tubulações



### 8 – Fixação dos níveis de projeto



## DISPOSIÇÃO DENTRO DAS ÁREAS DE PROCESSO

A DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DENTRO DA UNIDADE DE PROCESSO DEVE ESTAR DE ACORDO COM A SEQÜÊNCIA DE FLUXO DA INSTALAÇÃO.

### 1 – Recomendações para disposição dos equipamentos

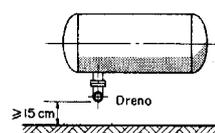
1. Dispor as máquinas e equipamentos em linhas paralelas.
2. Colocar os equipamentos de grande porte na parte central da área de processo.
3. Para diminuir o comprimento das tubulações, aproximar os equipamentos interligados, mas não esquecer a flexibilidade das tubulações.
4. Os equipamentos de grande risco potencial (*como é o caso de fornos*) devem ficar sempre no limite da área e longe dos outros equipamentos.
5. As bombas são dispostas em filas às margens das pontes de tubulação, onde fique garantido acesso para montagem e manutenção.
6. Se possível agrupar bombas, compressores e outras máquinas em galpões cobertos.
7. Os permutadores de calor deverão ser colocados próximos às ruas ou passagens, com a saída dos feixes tubulares para fora.
8. As válvulas de controle deverão ficar em locais de fácil acesso.

### 2 – Cota de elevação dos equipamentos

COMO REGRA GERAL TODOS OS EQUIPAMENTOS DEVEM SER COLOCADOS NA MENOR COTA DE ELEVAÇÃO POSSÍVEL

ELEVAÇÕES MÍNIMAS RECOMENDADAS (em relação ao piso da unidade)	
Tipo de Equipamento	Altura (m)
Bombas, turbinas, compressores etc.	0,3
Vasos horizontais diversos	1 a 1,3
Permutadores de calor	1 a 1,5
Torres e vasos verticais	1,2

NADA DEVE HAVER A MENOS DE 0,15m DO PISO, INCLUSIVE DRENOS



#### CASOS QUE OBRIGAM A INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM BASES ELEVADAS

- Necessidade de colocar a tubulação de saída do equipamento em suporte elevado
- Necessidade de aumentar o valor do NPSH (*net positive suction head*)
- Necessidade de escoamento por gravidade
- Necessidade de termo-sifão

- LISTA DE EQUIPAMENTOS
- TORRES
  - T.31 - DEBENTAMIZADORA
  - T.32 - SEPARADORA C.S.-C.
  - VASOS
  - V.31 - TAMBOR DE REFLUXO
  - V.32 - TAMBOR DE REFLUXO
  - V.33 - TAMBOR DE "FLASH"
  - PERMUTADORES
  - P.31 - AQUECEDOR
  - P.32 - REFERVEADOR
  - P.33 - CONDENSAADOR
  - P.34 - AQUECEDOR
  - P.35 - REFERVEADOR
  - P.36 - CONDENSAADOR

- BOMBAS
- B.31A.B - CARGA FRESCA
- B.32A.B - REFLUXO
- B.33A.B - CARGA PARA T.3
- B.34A.B - REFLUXO
- FILTRO
- F.31 - FILTRO D'ÁGUA REFR.

1/2" AG SERVIDO	EL. 0.10
1/2" AG REFLUXO	EL. 0.10
1" V. 301. B	EL. 0.10
2" V. 301. B	EL. 0.10
3" V. 301. B	EL. 0.10
4" V. 301. B	EL. 0.10
6" V. 301. B	EL. 0.10
8" V. 301. B	EL. 0.10
10" V. 301. B	EL. 0.10
12" V. 301. B	EL. 0.10
14" V. 301. B	EL. 0.10
16" V. 301. B	EL. 0.10
18" V. 301. B	EL. 0.10
20" V. 301. B	EL. 0.10
22" V. 301. B	EL. 0.10
24" V. 301. B	EL. 0.10
26" V. 301. B	EL. 0.10
28" V. 301. B	EL. 0.10
30" V. 301. B	EL. 0.10
32" V. 301. B	EL. 0.10
34" V. 301. B	EL. 0.10
36" V. 301. B	EL. 0.10
38" V. 301. B	EL. 0.10
40" V. 301. B	EL. 0.10
42" V. 301. B	EL. 0.10
44" V. 301. B	EL. 0.10
46" V. 301. B	EL. 0.10
48" V. 301. B	EL. 0.10
50" V. 301. B	EL. 0.10
52" V. 301. B	EL. 0.10
54" V. 301. B	EL. 0.10
56" V. 301. B	EL. 0.10
58" V. 301. B	EL. 0.10
60" V. 301. B	EL. 0.10
62" V. 301. B	EL. 0.10
64" V. 301. B	EL. 0.10
66" V. 301. B	EL. 0.10
68" V. 301. B	EL. 0.10
70" V. 301. B	EL. 0.10
72" V. 301. B	EL. 0.10
74" V. 301. B	EL. 0.10
76" V. 301. B	EL. 0.10
78" V. 301. B	EL. 0.10
80" V. 301. B	EL. 0.10
82" V. 301. B	EL. 0.10
84" V. 301. B	EL. 0.10
86" V. 301. B	EL. 0.10
88" V. 301. B	EL. 0.10
90" V. 301. B	EL. 0.10
92" V. 301. B	EL. 0.10
94" V. 301. B	EL. 0.10
96" V. 301. B	EL. 0.10
98" V. 301. B	EL. 0.10
100" V. 301. B	EL. 0.10
102" V. 301. B	EL. 0.10
104" V. 301. B	EL. 0.10
106" V. 301. B	EL. 0.10
108" V. 301. B	EL. 0.10
110" V. 301. B	EL. 0.10
112" V. 301. B	EL. 0.10
114" V. 301. B	EL. 0.10
116" V. 301. B	EL. 0.10
118" V. 301. B	EL. 0.10
120" V. 301. B	EL. 0.10
122" V. 301. B	EL. 0.10
124" V. 301. B	EL. 0.10
126" V. 301. B	EL. 0.10
128" V. 301. B	EL. 0.10
130" V. 301. B	EL. 0.10
132" V. 301. B	EL. 0.10
134" V. 301. B	EL. 0.10
136" V. 301. B	EL. 0.10
138" V. 301. B	EL. 0.10
140" V. 301. B	EL. 0.10
142" V. 301. B	EL. 0.10
144" V. 301. B	EL. 0.10
146" V. 301. B	EL. 0.10
148" V. 301. B	EL. 0.10
150" V. 301. B	EL. 0.10
152" V. 301. B	EL. 0.10
154" V. 301. B	EL. 0.10
156" V. 301. B	EL. 0.10
158" V. 301. B	EL. 0.10
160" V. 301. B	EL. 0.10
162" V. 301. B	EL. 0.10
164" V. 301. B	EL. 0.10
166" V. 301. B	EL. 0.10
168" V. 301. B	EL. 0.10
170" V. 301. B	EL. 0.10
172" V. 301. B	EL. 0.10
174" V. 301. B	EL. 0.10
176" V. 301. B	EL. 0.10
178" V. 301. B	EL. 0.10
180" V. 301. B	EL. 0.10
182" V. 301. B	EL. 0.10
184" V. 301. B	EL. 0.10
186" V. 301. B	EL. 0.10
188" V. 301. B	EL. 0.10
190" V. 301. B	EL. 0.10
192" V. 301. B	EL. 0.10
194" V. 301. B	EL. 0.10
196" V. 301. B	EL. 0.10
198" V. 301. B	EL. 0.10
200" V. 301. B	EL. 0.10
202" V. 301. B	EL. 0.10
204" V. 301. B	EL. 0.10
206" V. 301. B	EL. 0.10
208" V. 301. B	EL. 0.10
210" V. 301. B	EL. 0.10
212" V. 301. B	EL. 0.10
214" V. 301. B	EL. 0.10
216" V. 301. B	EL. 0.10
218" V. 301. B	EL. 0.10
220" V. 301. B	EL. 0.10
222" V. 301. B	EL. 0.10
224" V. 301. B	EL. 0.10
226" V. 301. B	EL. 0.10
228" V. 301. B	EL. 0.10
230" V. 301. B	EL. 0.10
232" V. 301. B	EL. 0.10
234" V. 301. B	EL. 0.10
236" V. 301. B	EL. 0.10
238" V. 301. B	EL. 0.10
240" V. 301. B	EL. 0.10
242" V. 301. B	EL. 0.10
244" V. 301. B	EL. 0.10
246" V. 301. B	EL. 0.10
248" V. 301. B	EL. 0.10
250" V. 301. B	EL. 0.10
252" V. 301. B	EL. 0.10
254" V. 301. B	EL. 0.10
256" V. 301. B	EL. 0.10
258" V. 301. B	EL. 0.10
260" V. 301. B	EL. 0.10
262" V. 301. B	EL. 0.10
264" V. 301. B	EL. 0.10
266" V. 301. B	EL. 0.10
268" V. 301. B	EL. 0.10
270" V. 301. B	EL. 0.10
272" V. 301. B	EL. 0.10
274" V. 301. B	EL. 0.10
276" V. 301. B	EL. 0.10
278" V. 301. B	EL. 0.10
280" V. 301. B	EL. 0.10
282" V. 301. B	EL. 0.10
284" V. 301. B	EL. 0.10
286" V. 301. B	EL. 0.10
288" V. 301. B	EL. 0.10
290" V. 301. B	EL. 0.10
292" V. 301. B	EL. 0.10
294" V. 301. B	EL. 0.10
296" V. 301. B	EL. 0.10
298" V. 301. B	EL. 0.10
300" V. 301. B	EL. 0.10

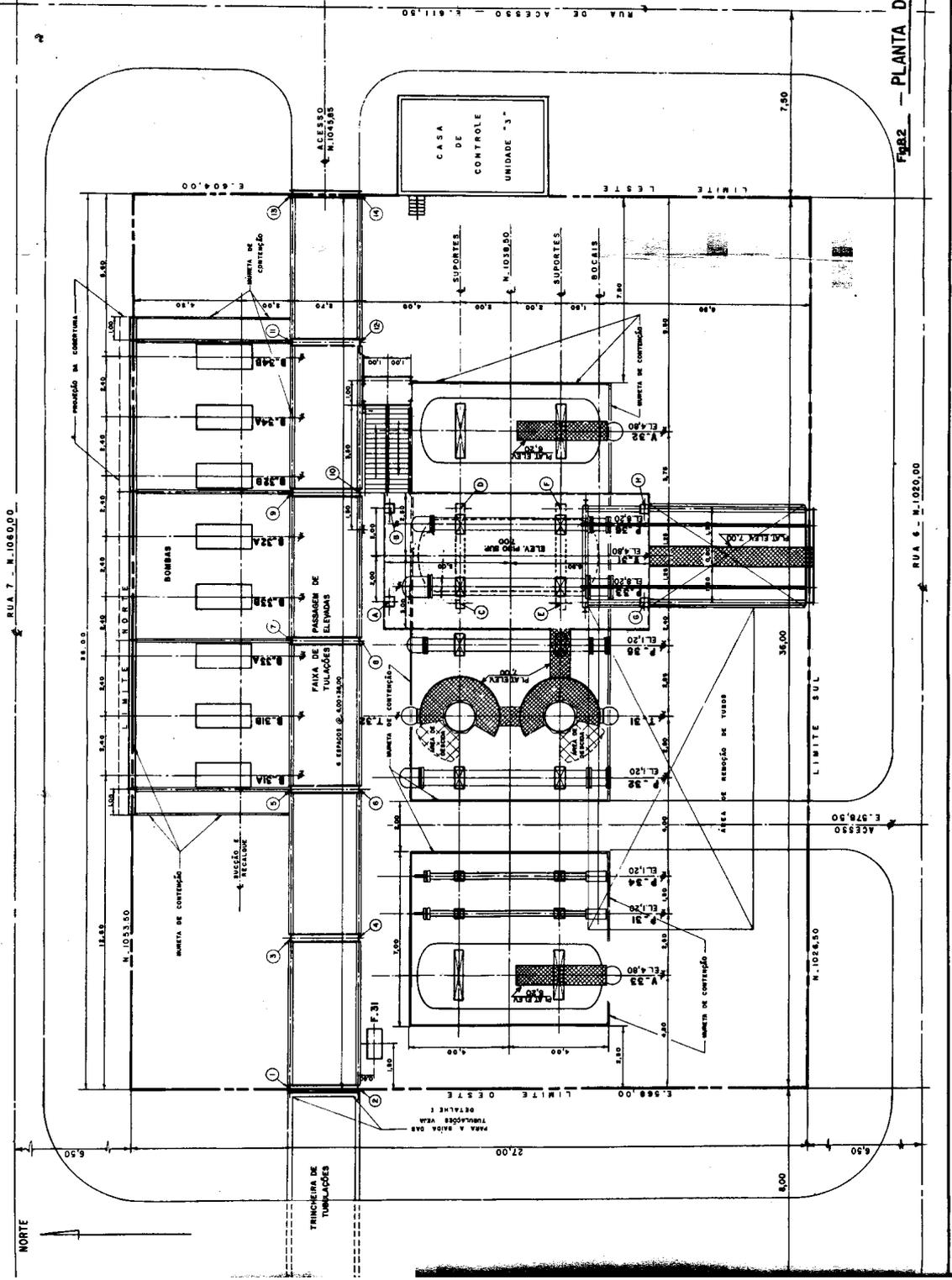
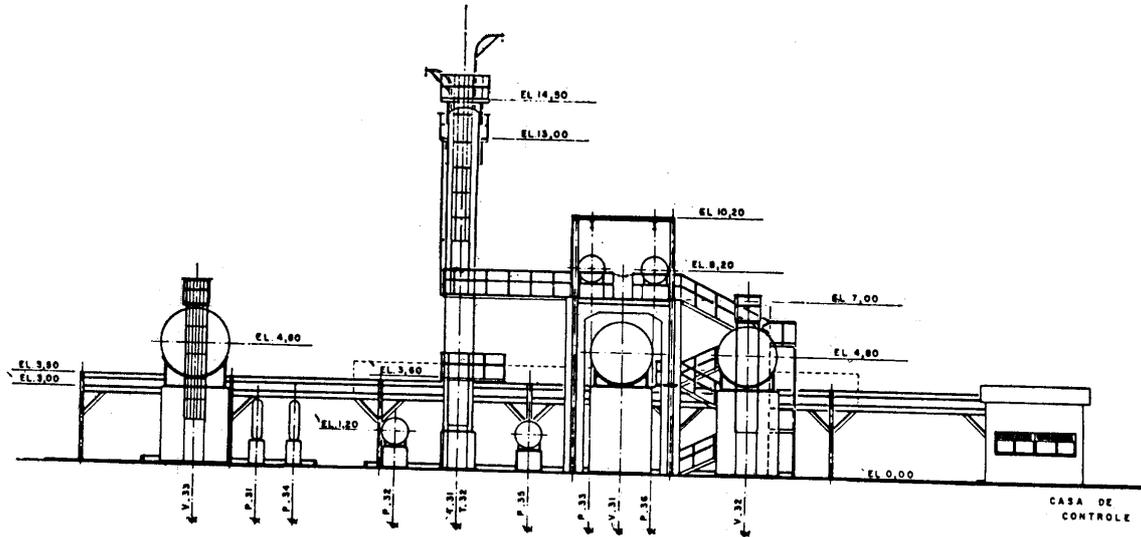


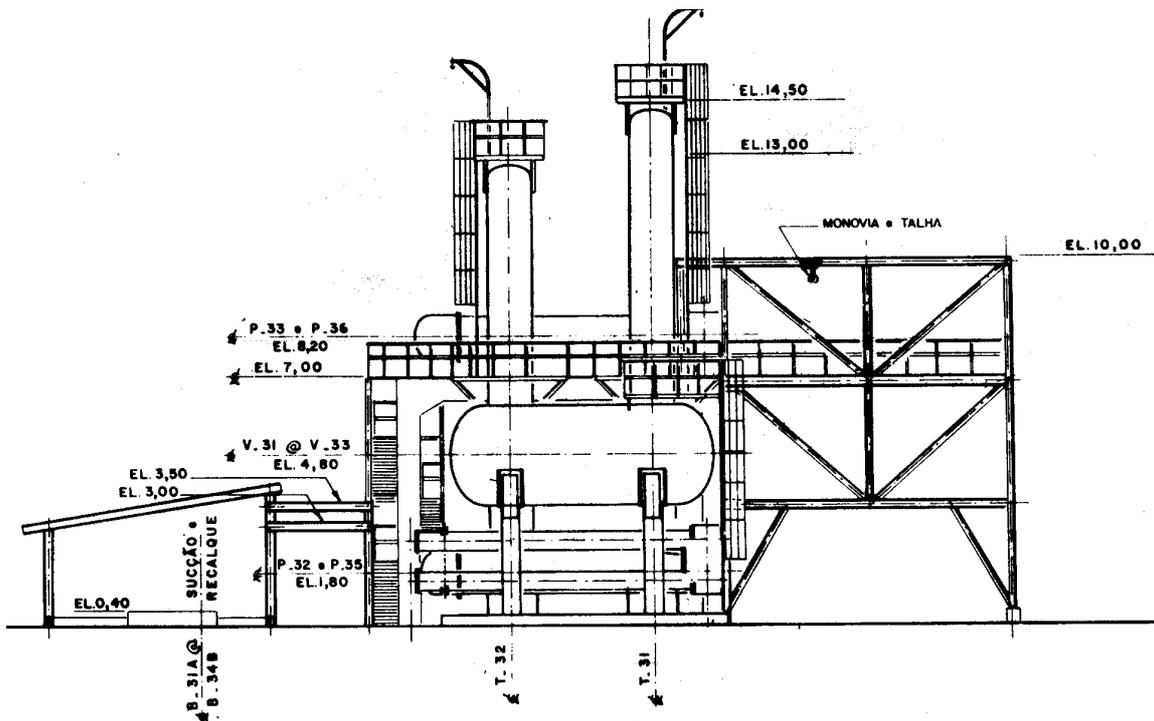
Fig. 82 - PLANTA DE LOCAÇÃO GERAL  
ESCALA 1:100

PLANTA DE LOCAÇÃO

ELEVAÇÕES DA PLANTA MOSTRADA NA FOLHA ANTERIOR



VISTA A PARTIR DO LIMITE SUL



VISTA A PARTIR DO LIMITE OESTE

#### 4 – Faixa de tráfego e de passagem das tubulações

NORMALMENTE, DENTRO DAS ÁREAS DE PROCESSO, AS TUBULAÇÕES SÃO ORGANIZADAS EM SUPORTES ELEVADOS (*ponte de tubulações* - “*pipe-rack*”) LOCALIZADOS NA PARTE CENTRAL DA ÁREA.

AS FAIXAS DE PASSAGEM DE TUBULAÇÕES SERVEM TAMBÉM COMO VIA DE TRÂNSITO NO INTERIOR DA ÁREA DE PROCESSO

#### 5 - Distâncias, larguras e alturas recomendadas

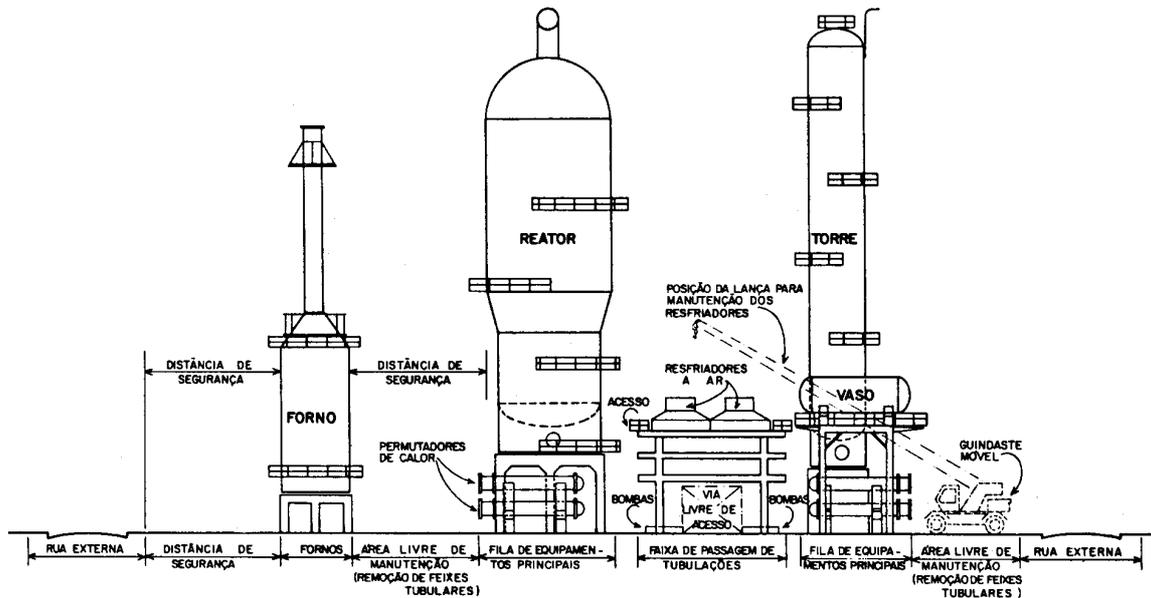
<i>Distâncias, larguras e alturas livres</i>	<i>Valores usuais (m)</i>
Distâncias mínimas entre: (ver <b>Nota 1</b> )	
1. Torres e outros vasos grandes 2. Trocadores de calor 3. Vasos em geral 4. Bases de bombas (ver <b>Nota 2</b> ) 5. Fornos até qualquer local sujeito a vazamento 6. Distância livre atrás da tampa desmontável de trocadores de calor	2,0 a 4,0 0,75 a 1,0 1,0 a 2,0 0,9 a 1,5 15,0 (min.) 1,2 a 1,5
Vão entre suportes principais de tubulações elevadas	6,0
Larguras livres para tráfego:	
1. Embaixo de pontes principais de tubulações elevadas 2. Idem secundárias 3. Plataformas e passagens de acesso de pessoas	4,8 a 6,0 3,0 a 4,0 0,8 a 1,0
Alturas livres para tráfego:	
1. Embaixo de pontes principais de tubulações elevadas 2. Idem secundárias 3. Acima de plataformas e passagens de acesso de pessoas	4,0 a 5,0 3,0 a 3,5 2,1

**Nota 1** —▶ Essas distâncias valem também como distâncias livres mínimas entre um equipamento e uma parede, coluna ou qualquer outro obstáculo.

**Nota 2** —▶ Excetuam-se bombas pequenas, montadas em base única, com acesso livre por dois lados, pelo menos.

6 – Facilidade para montagem, operação e manutenção

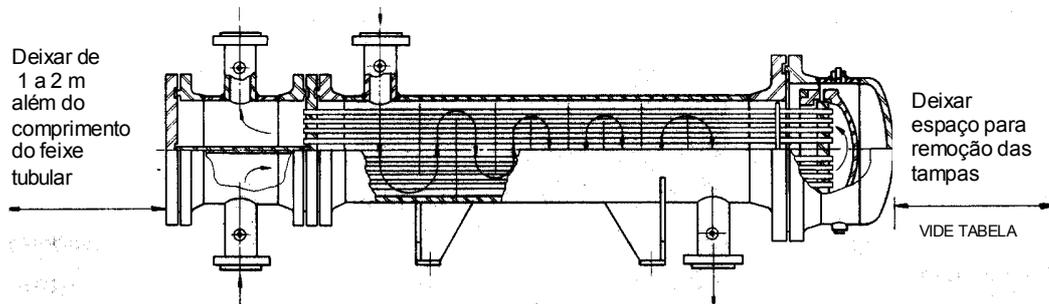
DEVEM SER PREVISTAS AMPLAS FACILIDADES PARA ACESSO E MANOBRA DE CAMINHÕES, GUINDASTES E OUTROS APARELHOS DE LEVANTAMENTO E LOCOMOÇÃO.



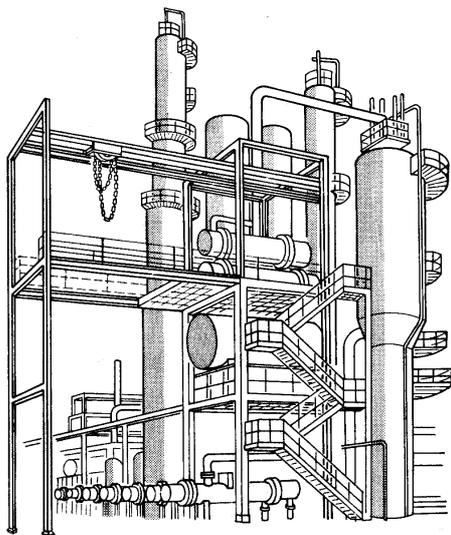
CORTE TRANSVERSAL EM UMA UNIDADE DE PROCESSO

DEVEM SER RESERVADAS ÁREAS PARA FUTURAS AMPLIAÇÕES E PARA INSTALAÇÃO DE CANTEIRO DE OBRA DURANTE A MONTAGEM.

EM FRENTE AOS PERMUTADORES DE CALOR DEVERÁ SER DEIXADO ESPAÇO SUFICIENTE PARA RETIRADA DOS FEIXES TUBULARES



OS TROCADORES DE CALOR COM LINHA DE CENTRO SUPERIOR A 3,5 m ACIMA DO PISO DEVEM TER UM MEIO PERMANENTE (estrutura com calha, monovia etc.) PARA REMOÇÃO DO FEIXE TUBULAR



**Devem ter acesso garantido, por meio de escadas ou plataformas quando não forem acessíveis do solo, os seguintes equipamentos:**

- Válvulas de controle ou de segurança.
- Válvulas de operação manual, de 4" ou maiores, operadas com frequência.
- Peças "figura 8", de 4" ou maiores.
- Bocas de visita em geral, situadas a mais de 3,0 m do solo
- Resfriadores a ar
- Instrumentos de leitura local e tomadas de amostra
- Janelas de observação
- Queimadores e sopradores de fuligem.

**AS PLATAFORMAS SEMPRE DEVEM TER DOIS ACESSOS POR LADOS OPOSTOS; UM DOS ACESSOS PODE SER UMA ESCADA VERTICAL (*escada de marinheiro*)**

### 7 – Drenagem

A DRENAGEM É FEITA POR GRAVIDADE, COM CAIMENTOS ADEQUADOS NA PAVIMENTAÇÃO, CONDUZINDO PARA CAIXAS OU VALAS DE COLETAS.

**SE OS FLUIDOS CIRCULANTES FOREM INFLAMÁVEIS, TÓXICOS OU PERIGOSOS, A DRENAGEM DOS DESPEJOS E VAZAMENTOS DEVERÁ SER COMPLETAMENTE SEPARADA DA DRENAGEM PLUVIAL.**

**AS ÁREAS ONDE POSSAM OCORRER DESPEJOS OU VAZAMENTOS DE FLUIDOS PERIGOSOS SERÃO CIRCUNDADAS COM MURETAS DE CONTENÇÃO**

### 8 – Unidades a céu aberto ou dentro de prédios

POR MOTIVOS ECONÔMICOS E DE SEGURANÇA A GRANDE MAIORIA DAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS SÃO MONTADAS A CÉU ABERTO.

## ARRANJO E DETALHAMENTO DE TUBULAÇÕES

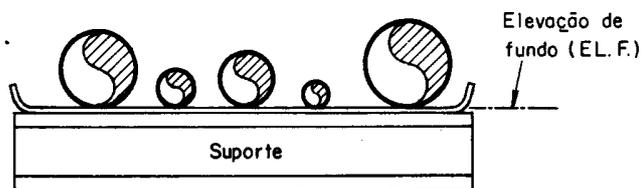
### CONSIDERAÇÕES BÁSICAS

1. Condições de serviço
2. Flexibilidade
3. Transmissão de esforços e vibrações
4. Acessibilidade
5. Construção e manutenção
6. Segurança
7. Economia
8. Aparência

DENTRO DOS LIMITES DE UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL QUASE TODAS AS TUBULAÇÕES SÃO NÃO-SUBTERRÂNEAS

### REGRAS GERAIS PARA O ARRANJO DE TUBULAÇÕES NÃO-SUBTERRÂNEAS

#### 1 – Grupos de tubos paralelos de mesma elevação

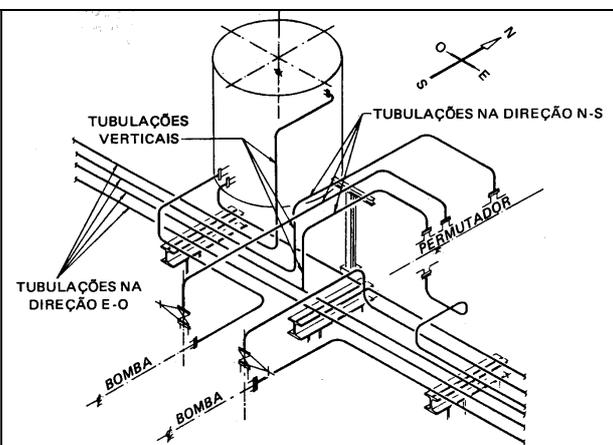


AS TUBULAÇÕES DE  $\varnothing > 20''$ , POR MOTIVO ECONÔMICO, PODEM NÃO SEGUIR A REGRA FAZENDO TRAJETOS CURTOS E DIRETOS

A determinação dos traçados das tubulações deve começar pelas linhas de maior diâmetro, pelas linhas tronco e também pelas áreas mais congestionadas.

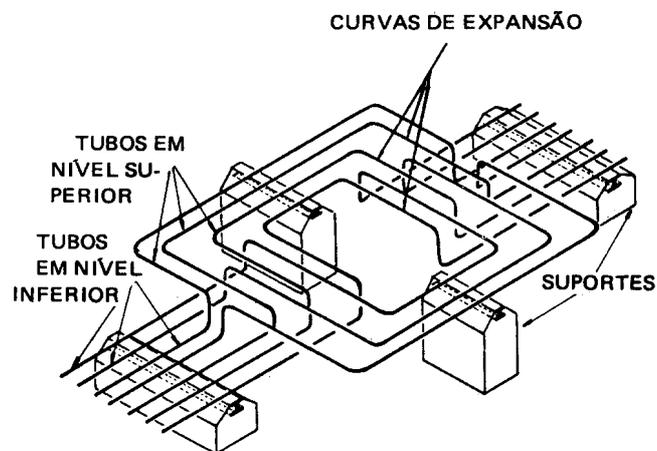
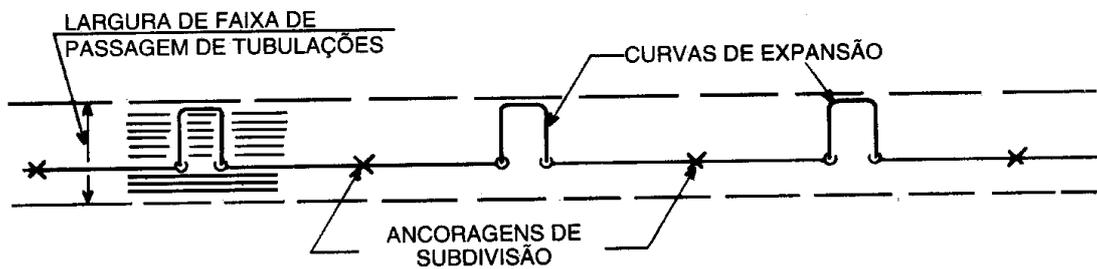
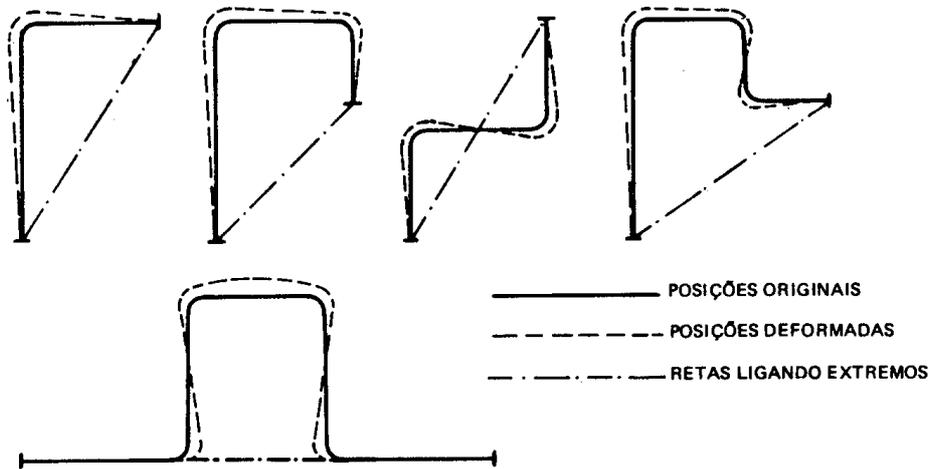
#### 2 – Tubulações nas direções ortogonais

#### ELEVAÇÕES DIFERENTES PARA DIREÇÕES DIFERENTES



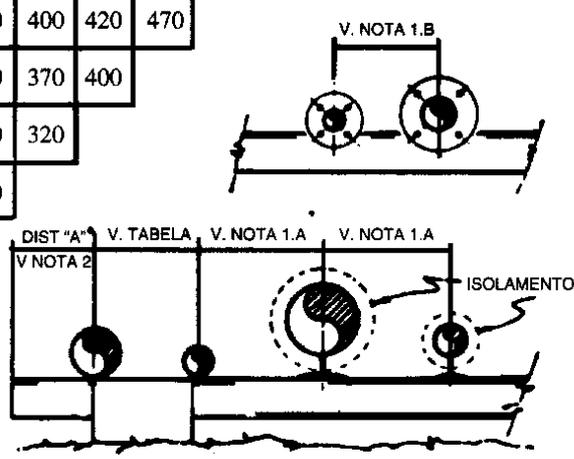
3 – Flexibilidade

NÃO DEVE HAVER TRECHO DE TUBO RETO ENTRE DOIS PONTOS FIXOS



4 – Espaçamento entre tubos paralelos

DIST "A"	DIÂMETROS NORMAIS (POLES)	1	1 1/2	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24
450	24	550	570	570	600	620	650	670	700	720	750	770	800	820	850
400	20	500	520	520	520	550	570	600	620	650	670	700	720	750	
370	18	470	470	470	500	520	550	570	600	620	620	650	670		
350	16	450	450	450	470	470	500	520	570	600	600	620			
350	14	400	420	420	450	450	470	500	520	550	570				
300	12	370	400	400	400	420	450	470	500	520					
250	10	350	350	350	370	370	400	420	470						
250	8	320	320	320	350	350	370	400							
200	6	270	270	270	300	300	320								
200	4	250	250	250	270	270									
150	3	220	220	220	250										
150	2	170	200	200											
150	1 1/2	170	170												
150	1	150													



OBS.: AS DIMENSÕES ESTÃO INDICADAS EM MILÍMETROS.

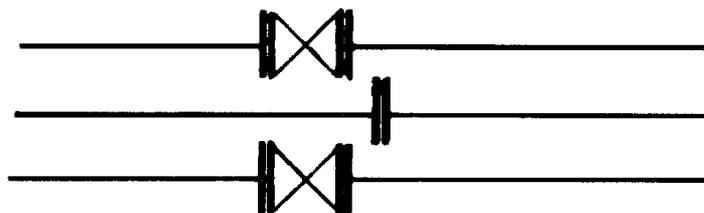
NOTAS: 1 — AS DISTÂNCIAS DA TABELA DEVERÃO SER AUMENTADAS NOS SEGUINTE CASOS:

A — QUANDO UM OU AMBOS OS TUBOS TIVEREM ISOLAMENTO TÉRMICO.

B — QUANDO EXISTIREM FLANGES COINCIDENTES EM TUBOS VIZINHOS.

C — QUANDO FOREM ESPERADOS GRANDES MOVIMENTOS LATERAIS.

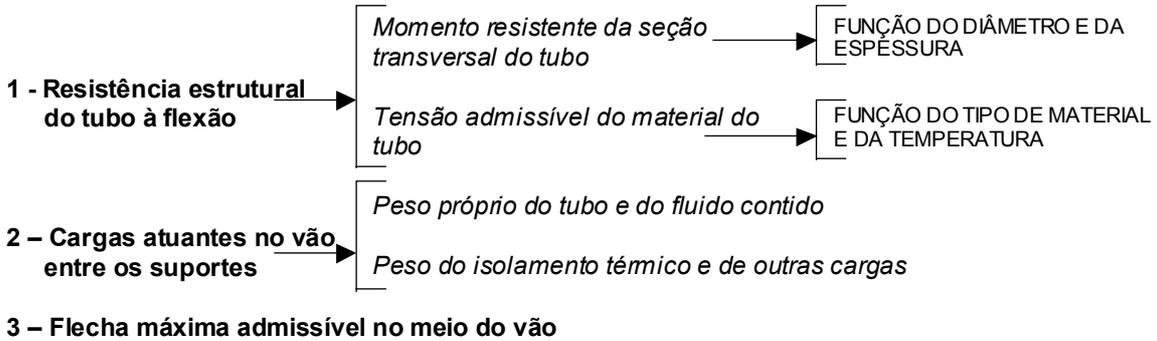
2 — DISTÂNCIA "A" — DISTÂNCIA MÍNIMA DA LINHA DE CENTRO DE UM TUBO EXTREMO À EXTREMIDADE DO SUPORTE.



## VÃO ENTRE SUPORTES DE TUBULAÇÕES

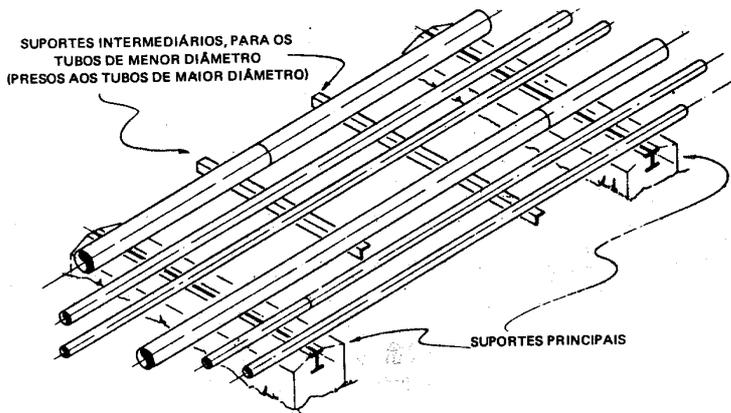
### 1 – Fixação dos vãos entre suportes

FATORES DETERMINANTES:



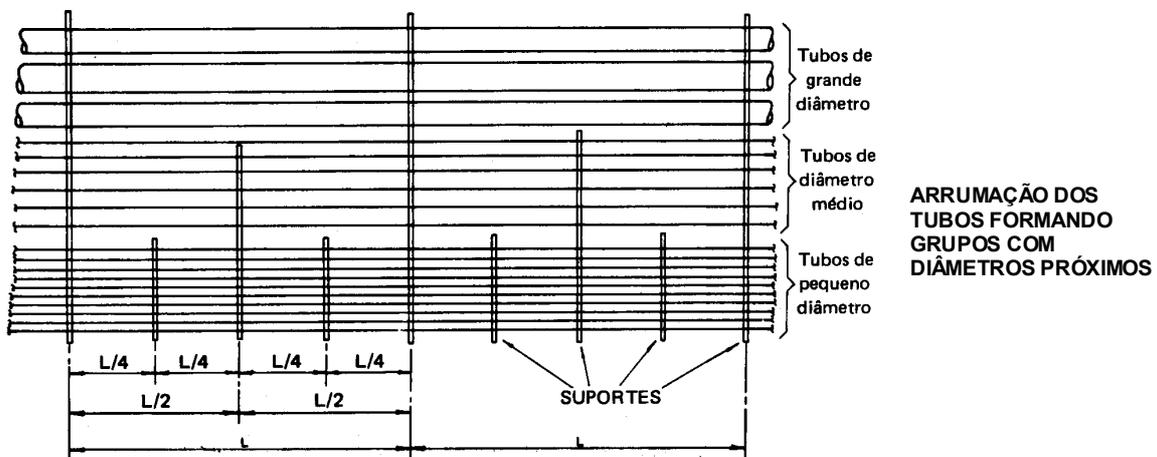
## TABELAS E ÁBACOS DE VÃOS – ANEXO 1 DA AULA 6

### 2 – Vão entre suportes para grupo de tubos paralelos



Passos:

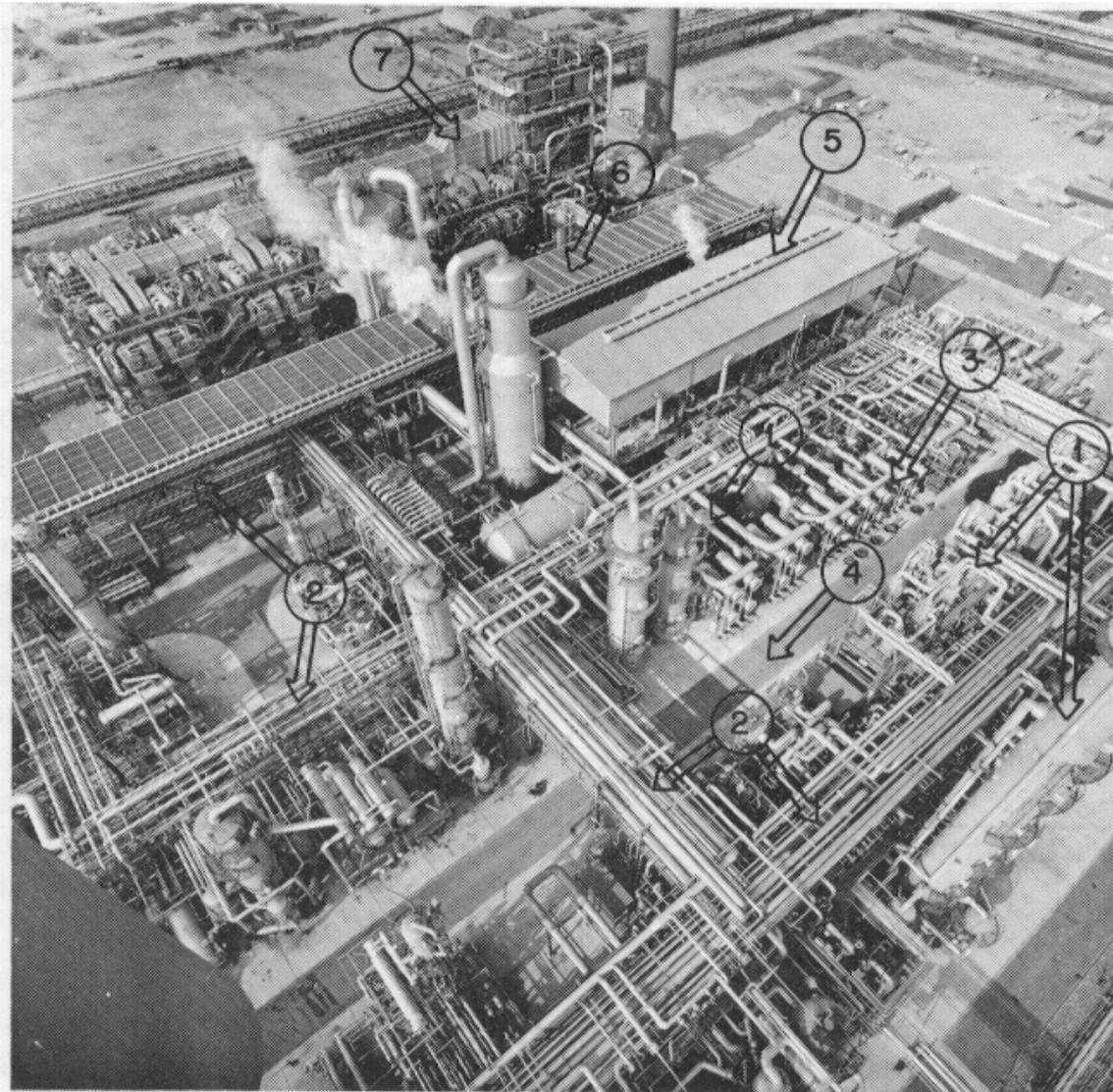
- 1 - O VÃO ENTRE OS SUPORTES É FIXADO PELO DIÂMETRO CORRESPONDENTE AO MAIOR NÚMERO DE TUBOS.
- 2 - OS TUBOS DE DIÂMETRO MAIOR FICARÃO COM FOLGA.
- 3 - OS TUBOS DE DIÂMETRO PEQUENO SÃO SUSTENTADOS, COM SUPPORTES INTERMEDIÁRIOS, PELOS TUBOS DE GRANDE DIÂMETRO



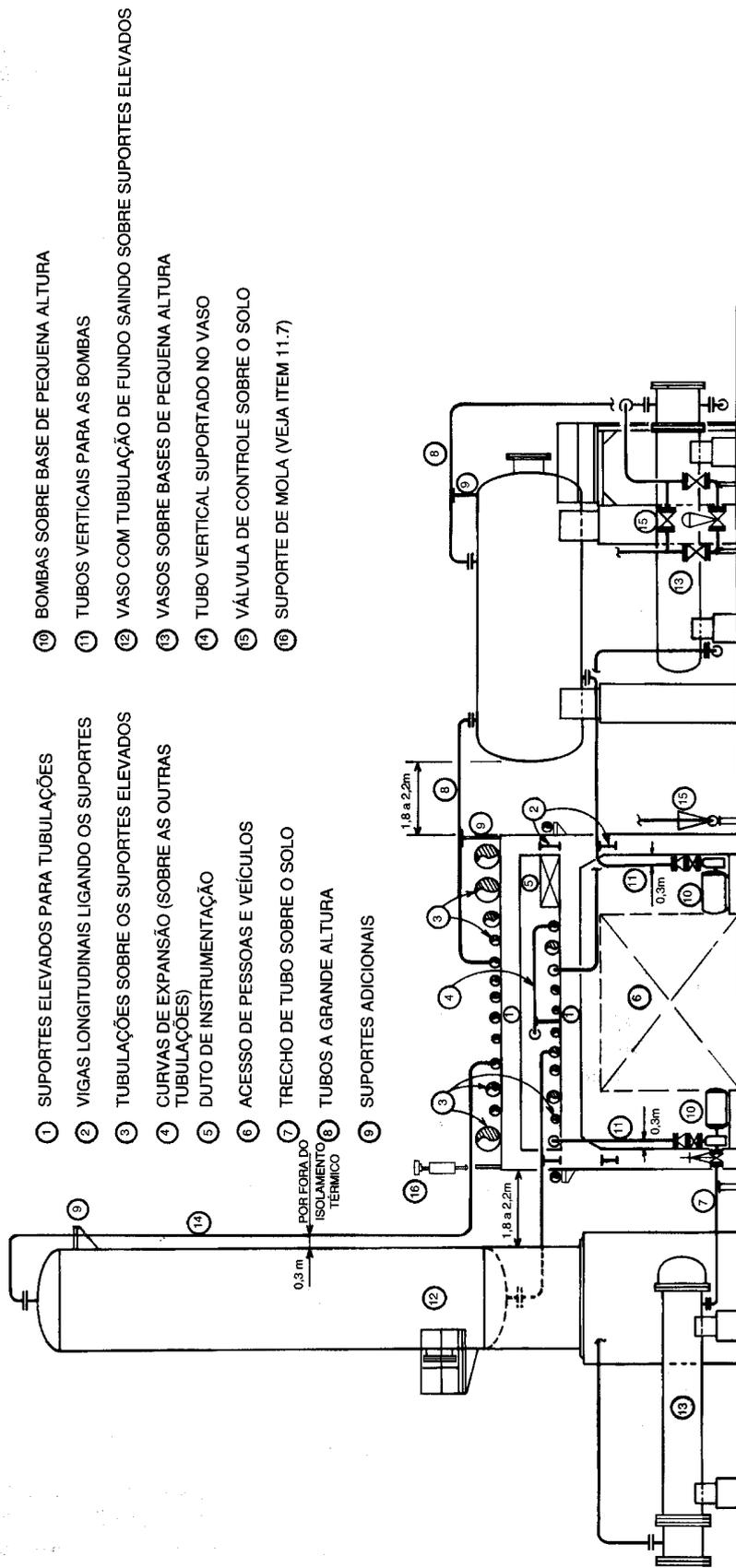
**ARRANJO DE TUBULAÇÕES EM ÁREAS DE PROCESSO**

(onde o fluido passa por transformações físicas ou químicas)

SÃO ÁREAS RELATIVAMENTE PEQUENAS COM GRANDES QUANTIDADES DE EQUIPAMENTOS E DE TUBULAÇÕES



- 1 FILAS DE EQUIPAMENTOS
- 2 PASSAGENS DE TUBULAÇÕES ELEVADAS
- 3 PERMUTADORES DE CALOR
- 4 RUA DE ACESSO E ESPAÇO PARA DESMONTAGEM DE FEIXES TUBULARES
- 5 CASA DE COMPRESSORES
- 6 RESFRIADORES DE AR (SOBRE TUBULAÇÕES)
- 7 FORNOS (NO LIMITE DA ÁREA)



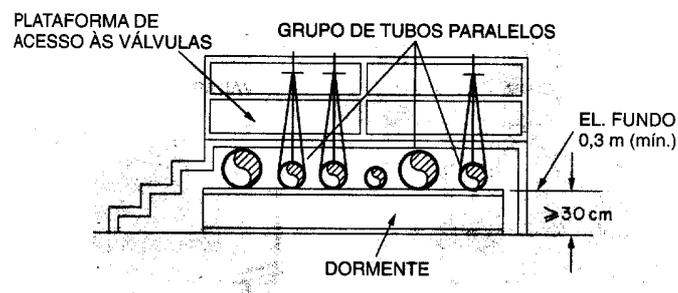
TUBULAÇÕES EM ÁREAS DE PROCESSO

**ARRANJO DE TUBULAÇÕES FORA DAS ÁREAS DE PROCESSO**

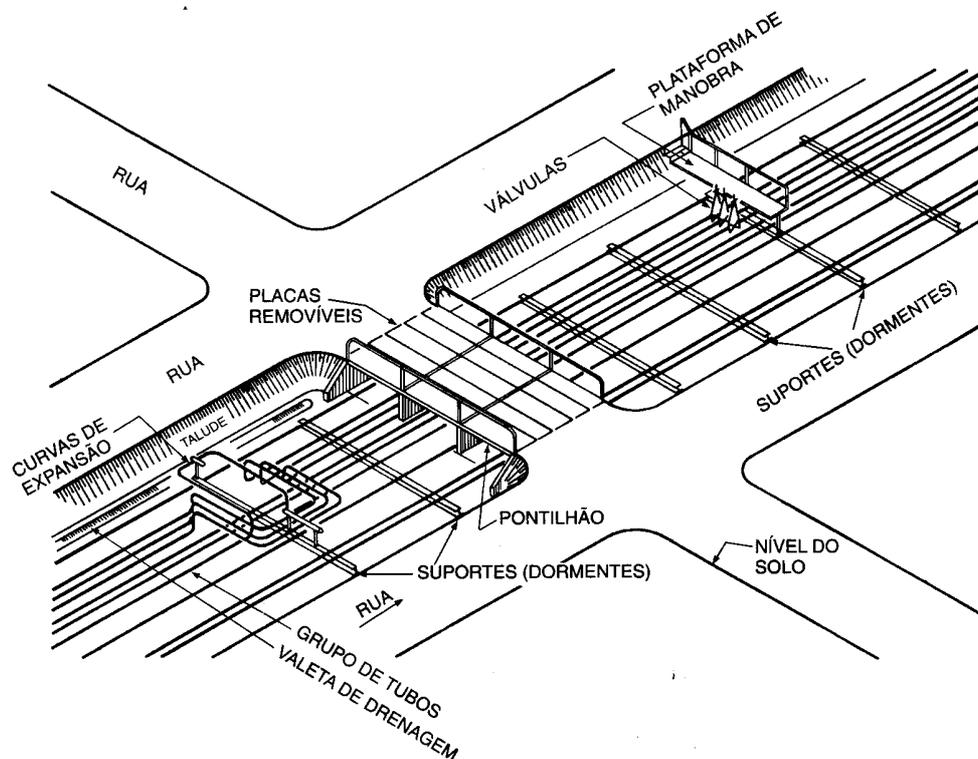
(tubulações de interligação e tubulações em áreas de armazenagem)

NORMALMENTE SÃO DISPOSTAS FORMANDO GRUPOS DE TUBOS PARALELOS EM SUPORTES DE PEQUENA ALTURA (dormentes)

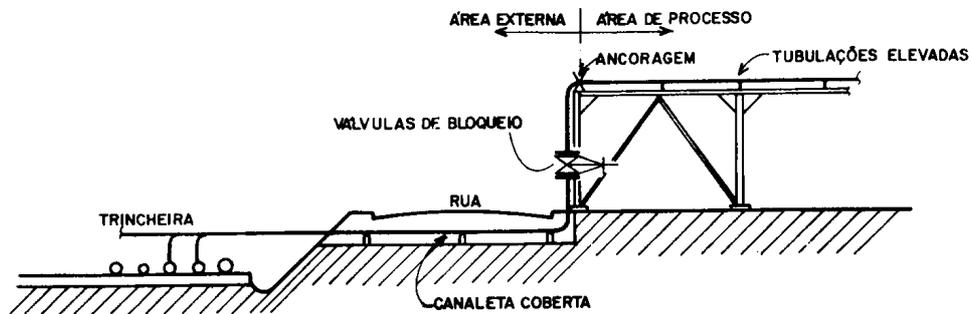
ONDE HOUVER NECESSIDADE DE TRAVESSIA DE PESSOAS SOBRE OS TUBOS, EXISTEM PLATAFORMAS QUE TAMBÉM PODEM SER UTILIZADAS PARA ACIONAMENTO DE VÁLVULAS



QUANDO HOUVER NECESSIDADE DE TRÁFEGO DE VEÍCULOS A TUBULAÇÃO É COLOCADA EM TRINCHEIRAS, COMUMENTE DENOMINADA DE TUBOVIA ( pipe-way)



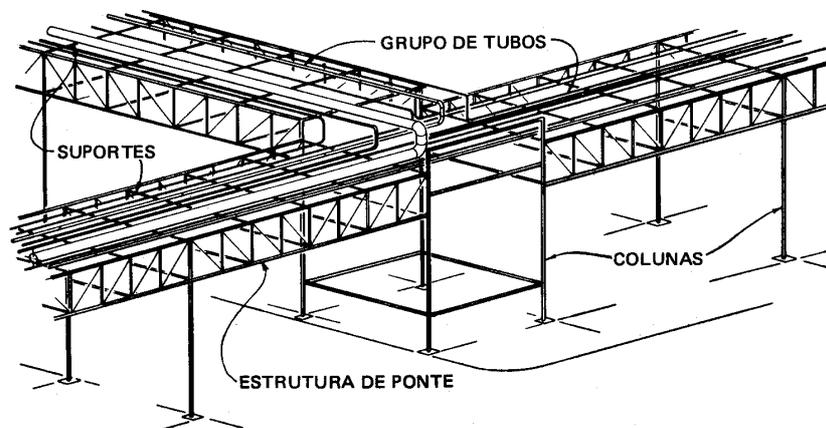
NORMALMENTE A INTERLIGAÇÃO DAS TUBOVIAS COM A ÁREA DE PROCESSO É FEITA UTILIZANDO CANALETAS



NO TRECHO VERTICAL DA INTERLIGAÇÃO É COLOCADA UMA VÁLVULA DE BLOQUEIO QUE SEPARA A ÁREA DE PROCESSO DA ÁREA DE INTERLIGAÇÃO



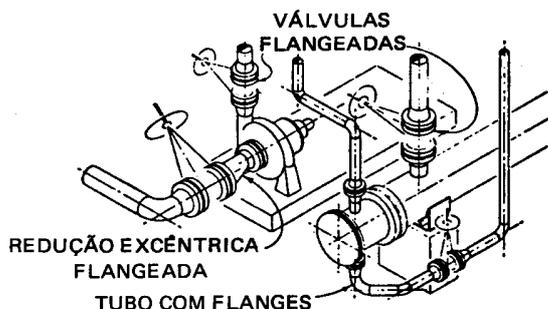
QUANDO AS TUBULAÇÕES DE INTERLIGAÇÃO FOREM DE PEQUENO DIÂMETRO E/OU EM PEQUENA QUANTIDADE, PODE-SE UTILIZAR SUPORTES ELEVADOS COM TRELIÇAS METÁLICAS OU EM ESTRUTURAS DE CONCRETO



## FACILIDADE PARA MONTAGEM, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

### 1 – Tubos de ligações aos equipamentos

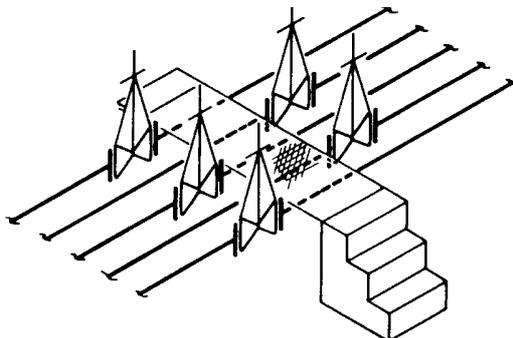
SEMPRE DEVE HAVER ESPAÇO LIVRE QUE PERMITA A DESMONTAGEM E REMOÇÃO



NO CASO DE EQUIPAMENTOS GRANDES E PESADOS DEVE HAVER UMA PEÇA FLANGEADA QUE POSSA SER REMOVIDA ANTES DA REMOÇÃO DO EQUIPAMENTO (uma redução, uma válvula ou um carretel)

### 2 – Operação de válvulas e instrumentos

TODAS AS VÁLVULAS, INSTRUMENTOS E EQUIPAMENTOS QUE TENHAM OPERAÇÃO E/OU MANUTENÇÃO DEVEM TER ACESSO FÁCIL E OPERAÇÃO FACILITADA (do solo ou de plataformas, escadas etc.)



AS VÁLVULAS QUE SÃO UTILIZADAS EM CASO DE EMERGÊNCIA, DEVEM SER COLOCADAS EM LUGAR BEM VISÍVEL, DE FÁCIL ACESSO E SEGURO

### 3 – Posição de soldas e de roscas

DEIXAR UMA FOLGA MÍNIMA DE 70 MM ENTRE UM FLANGE E QUALQUER OBSTÁCULO (coluna, estrutura, piso etc.)

OS FLANGES NÃO DEVEM ESTAR SUPORTANDO O PESO DO TUBO (facilitar a troca de juntas)

EM TUBULAÇÕES OU PEÇAS ROSQUEADAS DEVE HAVER ESPAÇO PARA ATARRAXAR E DESATARRAXAR

GARANTIR ESPAÇO SUFICIENTE PARA EXECUÇÃO DAS SOLDAS  
(evitar soldas verticais ou sobrecabeça)

EM TUBULAÇÕES DE 3" OU MAIS DE DIÂMETRO NÃO É CONVENIENTE EXISTIR SOLDAS A MENOS DE 50 mm DE DISTÂNCIA UMA DA OUTRA.

EM NENHUM CASO DEVE-SE TER SOLDAS A MENOS DE 20 mm UMA DA OUTRA

### FIXAÇÃO DE COTAS DE ELEVAÇÃO DE TUBULAÇÕES E DE EQUIPAMENTOS

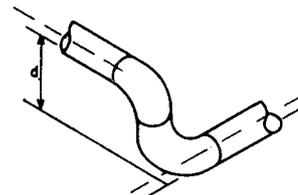
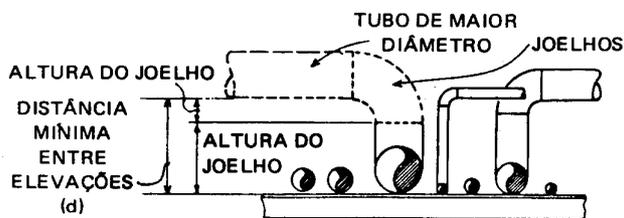
(é uma das etapas mais importantes do detalhamento do projeto de tubulações)

O PRIMEIRO PASSO é estudar as posições relativas dos equipamentos,

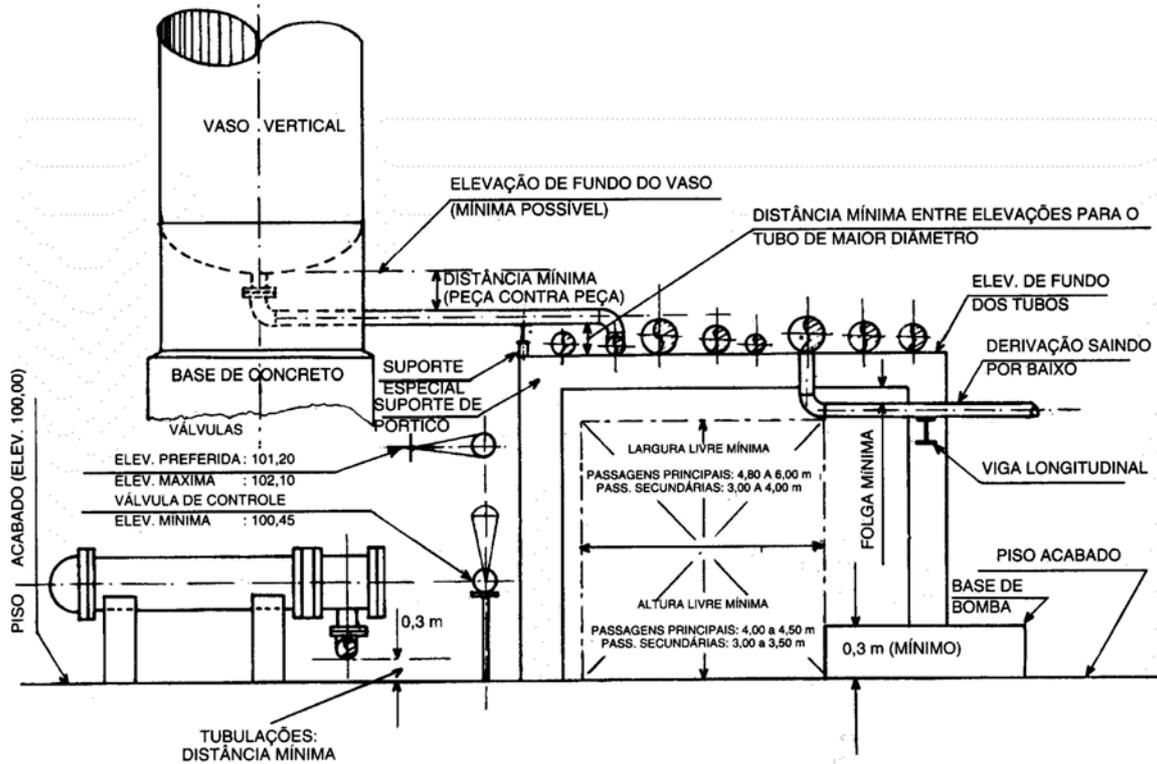
CONSIDERANDO:

- Equipamentos entre os quais exista fluxo por gravidade
- Bombas que precisam ter a sucção afogada
- Tubulações que necessitem de declividade contínua
- Diferenças de cotas para garantir o NPSH da bomba
- Quais os equipamentos que podem ser colocados em bases de alturas mínimas

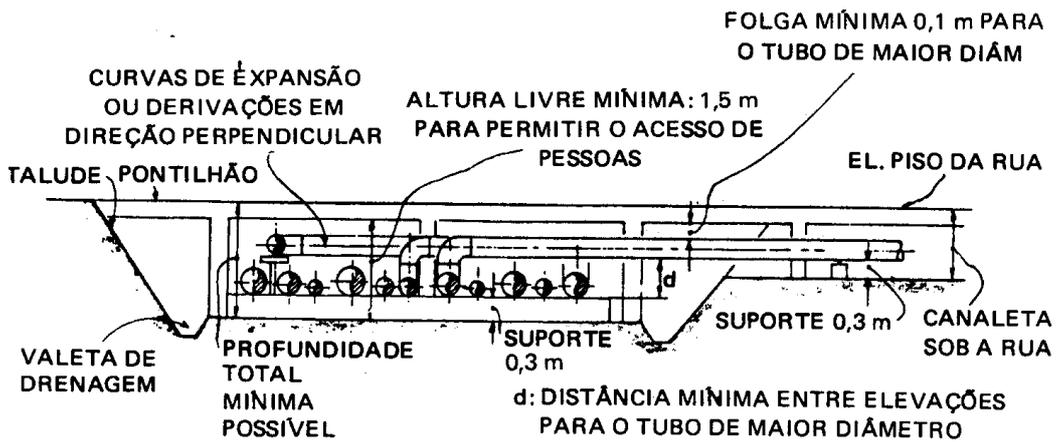
O SEGUNDO PASSO É FIXAR AS COTAS DE ELEVAÇÃO A PARTIR DAS MAIS BAIXAS.



DISTÂNCIA MÍNIMA ENTRE ELEVAÇÕES PARA CRUZAMENTOS



NÍVEIS RECOMENDADOS EM ÁREAS DE PROCESSO



NÍVEIS RECOMENDADOS PARA TUBULAÇÕES EM TRINCHEIRAS

## DETALHES DE TUBULAÇÃO

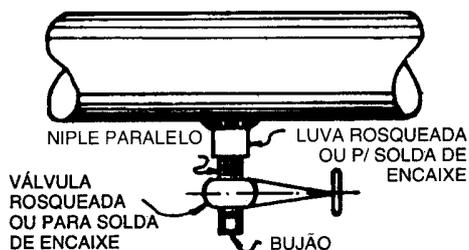
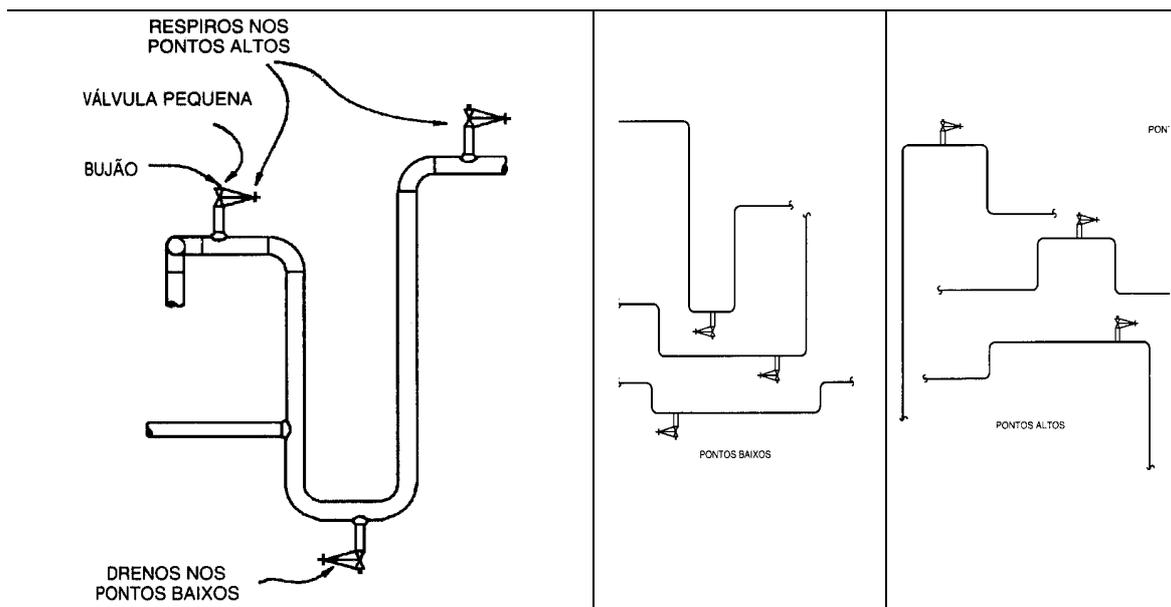
### 1 – Drenos e respiros

OS DRENOS SÃO COLOCADOS EM TODOS OS PONTOS BAIXOS DA TUBULAÇÃO, UTILIZADOS PARA Esvaziar completamente a tubulação.  
(tubulações verticais requerem drenos imediatamente depois das válvulas de retenção)

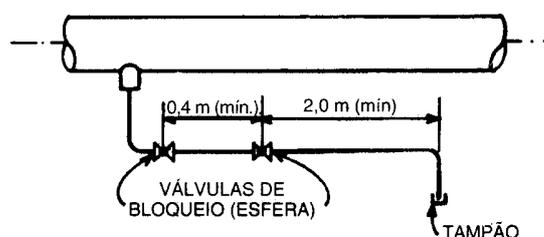
OS RESPIROS SÃO COLOCADOS EM TODOS OS PONTOS ALTOS DA TUBULAÇÃO, COM A FINALIDADE ADMITIR E/OU EXPELIR AR DA TUBULAÇÃO.

OS DRENOS E RESPIROS SÃO OBRIGATÓRIOS EM TODAS AS TUBULAÇÕES  
(para líquidos ou para gases)

PARA EVITAR A FORMAÇÃO DE VÁCUO COLOCA-SE, NOS PONTOS ALTOS DA TUBULAÇÃO, AS **VENTOSAS**



a) DETALHE TÍPICO DE DRENOS E RESPIROS



b) DRENO PARA TUBULAÇÕES DE GASES LIQUEFEITOS SOB PRESSÃO

## 2 – Curvas de tubos curvados

### VANTAGENS:

(comparado com joelhos)

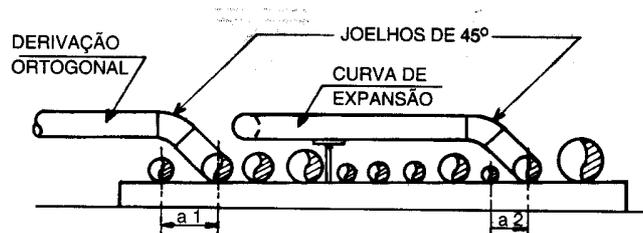
- Menor perda de carga
- Menor desgaste por corrosão ou erosão
- Menor risco de vazamento
- É possível ter menor custo

### DESVANTAGENS:

- Ocupam muito espaço (*raio de curvatura = 5D*)
- É limitado a pequenos diâmetros
- Não deve ser usado em tubos com costura
- Não há garantia de qualidade

## 3 – Emprego de curvas de 45°

DEVEM SER PREFERIDAS PARA MUDANÇAS DE DIREÇÃO, ENTRETANTO OBRIGA O AUMENTO DO ESPAÇAMENTO ENTRE OS TUBOS.



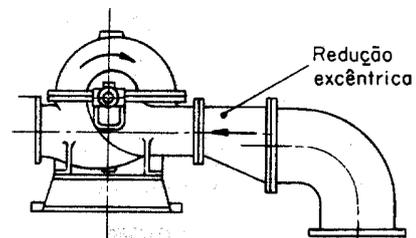
a1, a2: DISTÂNCIAS QUE DEVEM SER AUMENTADAS COM O USO DE JOELHOS DE 45°

## 4 – Tipo de reduções

1. Nas tubulações horizontais são utilizadas reduções excêntricas, niveladas por baixo para manter a elevação de fundo.

**Exceções:** Nas sucções de bombas são niveladas por cima para evitar bolsa de ar.

Nas sucções de bombas cuja linha é vertical descendente, nivelada por baixo para facilitar a drenagem da linha.



2. Nas tubulações verticais são usadas reduções concêntricas.

### 5 – Posição das válvulas

AS VÁLVULAS DEVEM SER MONTADAS COM A HASTE VIRADA PARA CIMA, PARA EVITAR ACÚMULO DE DETRITOS NO CASTELO.

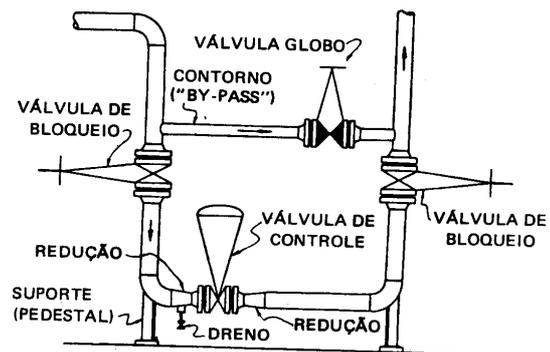
NAS LINHAS DE SUÇÃO DE BOMBAS, É PREFERÍVEL QUE AS VÁLVULAS SEJAM INSTALADAS COM A HASTE HORIZONTAL OU INCLINADA PARA CIMA, PARA EVITAR A FORMAÇÃO DE BOLSAS DE AR NO CASTELO.

### 6 – Posição das Derivações

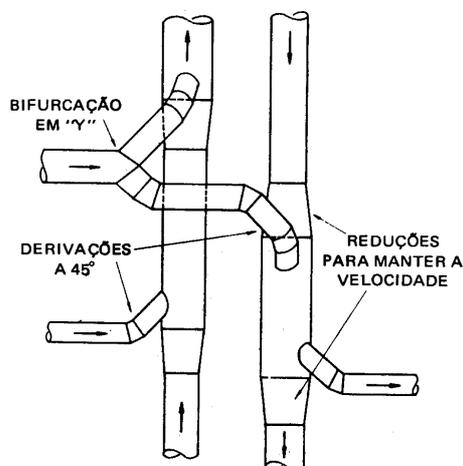
NAS TUBULAÇÕES HORIZONTAIS PARA VAPOR, AR E QUAISQUER OUTROS GASES, AS DERIVAÇÕES DEVEM SER FEITAS NA PARTE SUPERIOR DOS TUBOS, PARA EVITAR O ARRASTE DE LÍQUIDOS.

### 7 – Tubos de contorno com bloqueio

Válvulas de controle, válvulas redutoras de pressão, filtros, medidores e alguns outros equipamentos cujo serviço possa ser temporariamente dispensado, devem ter um tubo de contorno (by-pass) com válvula de regulagem e válvula de bloqueio.



### 8 – Tubulações de grande diâmetro



Nas tubulações para líquidos com  $\varnothing \geq 30''$  e velocidades elevadas, para diminuir os efeitos de variação de velocidade, mudança de direção e turbilhonamentos, costuma-se fazer:

- Bifurcações com peças em Y
- Derivações a 45° com o sentido do fluxo
- Reduções ou ampliações nos pontos onde houver variação de vazão

**9 – Tubulações de pequenos diâmetros ou de materiais de baixa resistência mecânica (materiais plásticos, vidro etc.).**

DEVEM SER MECANICAMENTE PROTEGIDAS OU COLOCADAS DE TAL FORMA QUE NÃO FIQUEM SUJEITAS A COLISÕES.  
O CUIDADO DEVE SER MUITO MAIOR QUANDO ESTIVEREM CONDUZINDO FLUIDOS PERIGOSOS.

**10 – Válvulas de bloqueio nos limites das áreas e de propriedade****11 – Válvulas em extremidades livres**

AS VÁLVULAS SITUADAS EM EXTREMIDADES LIVRES DEVEM SER FECHADAS COM FLANGES CEGOS OU COM BUJÕES.

**12 – Válvulas de segurança e de alívio**

QUANDO A DESCARGA SE DÁ PARA A ATMOSFERA A VÁLVULA DE SEGURANÇA DEVE FICAR A UMA ALTURA MÍNIMA DE 20 m DO SOLO, E PELO MENOS A 3 m ACIMA DE QUALQUER PISO SITUADO EM UM RAIO DE 8 m.

AS DESCARGAS DAS VÁLVULAS DE ALÍVIO, É SEMPRE UM JATO LÍQUIDO DE REDUZIDAS PROPORÇÕES, POR ISSO É USUAL DIRIGI-LA PARA A REDE DE DRENAGEM OU PARA O SOLO.

QUANDO SE TRATAR DE FLUIDOS PERIGOSOS É RECOMENDÁVEL QUE AS DESCARGAS DAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA OU DE ALÍVIO SEJA FEITA PARA UMA REDE FECHADA.

**13 – Alívio de pressão em linhas bloqueadas**

NAS TUBULAÇÕES COM LÍQUIDOS, COLOCAR VÁLVULAS DE ALÍVIO (calibradas para abrirem com pressão superior à máxima pressão de operação) ENTRE DUAS VÁLVULAS DE BLOQUEIO

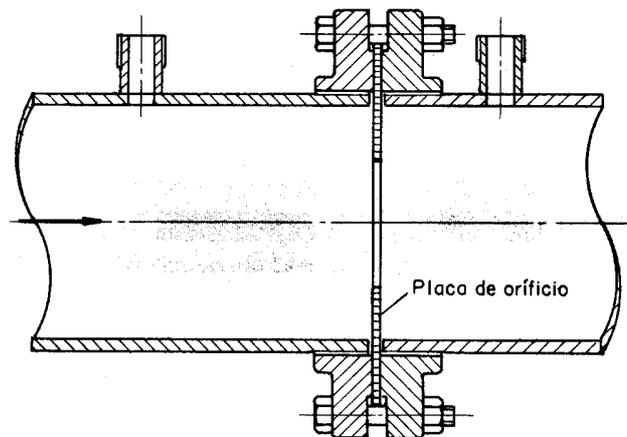
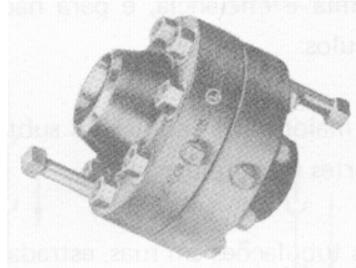
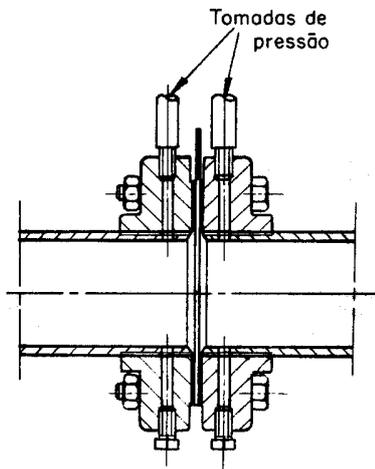
**14 – Bloqueio duplo com dreno**

ONDE FOR NECESSÁRIO BLOQUEIO ABSOLUTO, UTILIZA-SE DUAS VÁLVULAS DE BLOQUEIO SEPARADAS POR UM PEQUENO TRECHO DE TUBO, COM UM DRENO ENTRE AS VÁLVULAS.

ARTIFÍCIO UTILIZADO QUANDO A CONTAMINAÇÃO RECÍPROCA DE FLUIDOS NÃO PODE SER TOLERADA

**15 – Instalação de instrumentos de medição de vazão**

AS PLACAS DE ORIFÍCIO SÃO INSTALADAS EM FLANGES ESPECIAIS DENOMINADOS “FLANGES PARA PLACA DE ORIFÍCIO”



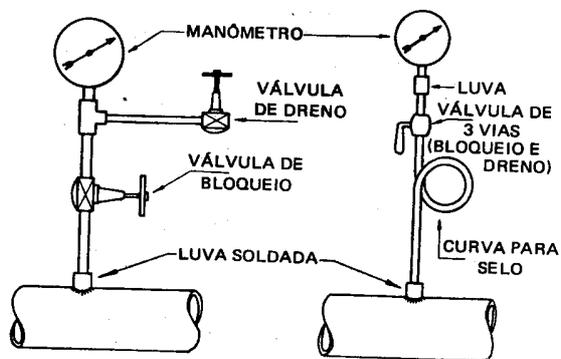
ANTES E DEPOIS DAS PLACAS DE ORIFÍCIO TEM QUE HAVER UM TRECHO DE TUBO RETO PARA EVITAR PERTURBAÇÕES NO FLUXO

**TABELAS E ÁBACOS DE VÃOS – ANEXO 2 DA AULA 6****16 – Tomadas de amostragem**

AS TOMADAS DE COLETA DE AMOSTRAS DEVEM FICAR NO MÁXIMO A 1 M ACIMA DO PISO E NUNCA ACIMA DO NÍVEL DA VISTA DO OPERADOR.

**17 – Instalação de manômetros e termômetros.**

OS MANÔMETROS SÃO INSTALADOS EM DERIVAÇÕES SAINDO DE UM “T” OU DE UMA LUVA SOLDADA NA TUBULAÇÃO.

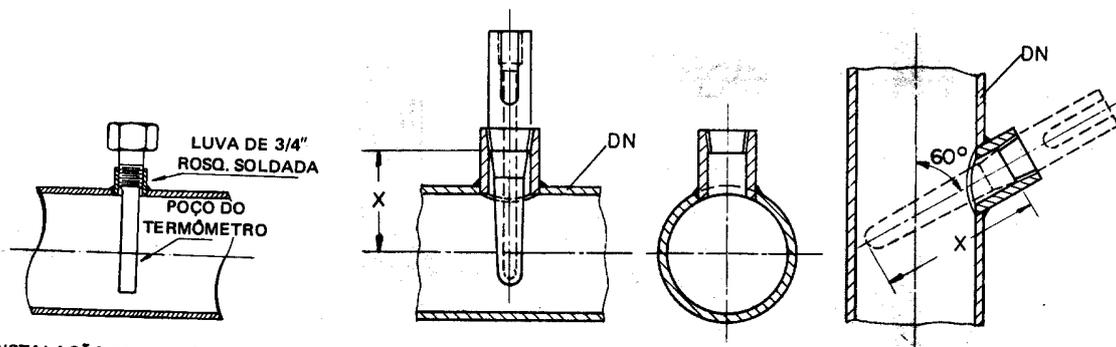


TIPOS DE INSTALAÇÃO DE MANÔMETROS

A DERVAÇÃO DEVE TER UMA VÁLVULA DE BLOQUEIO E UMA VÁLVULA DE DRENO E PURGA DE AR.

UMA VÁLVULA DE MACHO DE TRÊS VIAS PODE FAZER, SIMULTANEAMENTE O BLOQUEIO E A DRENAGEM.

OS TERMÔMETROS SÃO INSTALADOS EM LUVAS SOLDADAS NA TUBULAÇÃO E NA LUVA É ROSQUEADO O POÇO DO TERMÔMETRO.



INSTALAÇÃO DE TERMÔMETROS

DN (pol.)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
X (pol.)	4 1/2	6	8	8	8	12	12	12	12

**18 – Extremidades de tubulações**

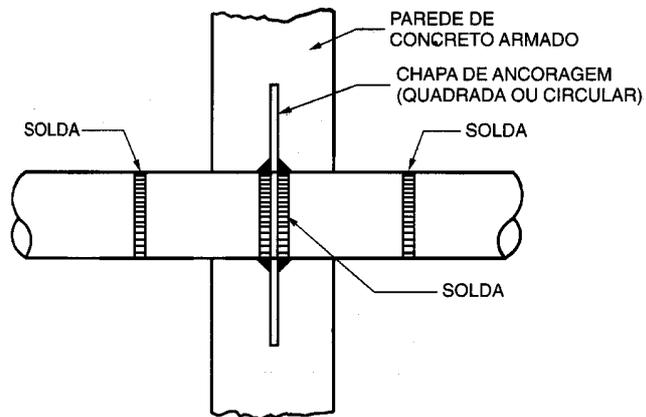
QUANDO SE PREVÊ FUTURO PROLONGAMENTO DA TUBULAÇÃO, É USUAL A COLOCAÇÃO DE TAMPÃO NA SUA EXTREMIDADE (*flange cego*)

**19 – Travessia de paredes e de pisos**

EM PRINCÍPIO NÃO DEVE HAVER TUBOS EMBUTIDOS EM PAREDES E PISOS.  
(A travessia deve ser feita deixando uma boa folga em toda a volta do tubo.)

**SE HOVER NECESSIDADE DE ESTANQUEIDADE DA PAREDE, A TUBULAÇÃO DEVE FICAR RIGIDAMENTE ANCORADA.**

*Exemplo: Tubulações que atravessam diques de contenção de tanques de armazenamento.*

**20 – Estações de serviço**

AS ESTAÇÕES DE SERVIÇO TEM POR FINALIDADE AUXILIAR A MANUTENÇÃO, A LIMPEZA E A EXTINÇÃO DE PRINCÍPIOS DE INCÊNDIO.

SÃO TOMADAS PARA VAPOR, ÁGUA E AR COMPRIMIDO COM ENGATE PARA MANGUEIRA

**TUBULAÇÕES SUBTERRÂNEAS**

**UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL:**

Linhas de esgoto (*pluvial, sanitário, industrial etc.*) que na maioria dos casos funcionam por gravidade.

Algumas linhas de água potável e de ar comprimido.

Tubulações de incêndio.

A MAIOR PARTE DAS TUBULAÇÕES SUBTERRÂNEAS É LANÇADA DIRETAMENTE NO SOLO, SEM SUPORTES OU FUNDAÇÕES.

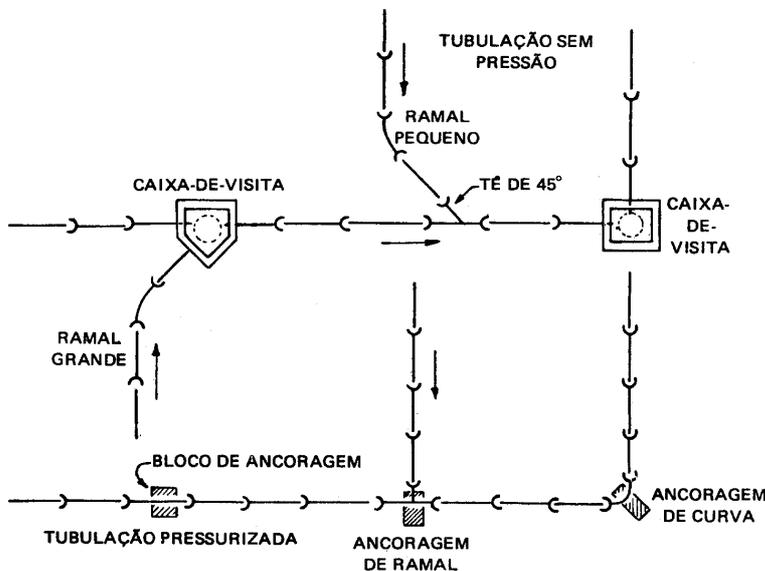
EM TERRENO ABERTO SEGUEM, EM GERAL,  
O CAMINHO MAIS CURTO ENTRE OS EXTREMOS.

PODE TER TRAÇADO RETO  
(sem flexibilidade)  
PELAS SEGUINTE RAZÕES:

A maioria das tubulações é de temperatura ambiente, e como a temperatura do solo é constante, as dilatações são desprezíveis.

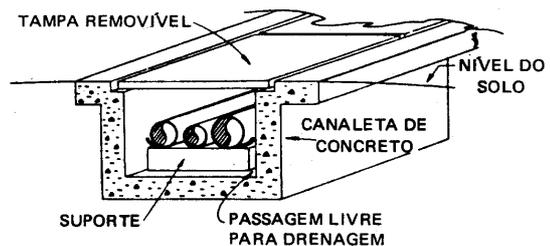
Mesmo quando a tubulação trabalha um pouco quente, o solo permite pequenos movimentos.

Em caso de dilatações maiores deve ser utilizado juntas de expansão ou ligações que permitam pequenos movimentos (*juntas "Dresser", ligações ponta e bolsa etc.*)



**NAS TUBULAÇÕES PRESSURIZADAS DEVE HAVER BLOCOS DE CONCRETO FAZENDO A ANCORAGEM NOS PONTOS DE MUDANÇA DE DIREÇÃO E NAS DERIVAÇÕES.**

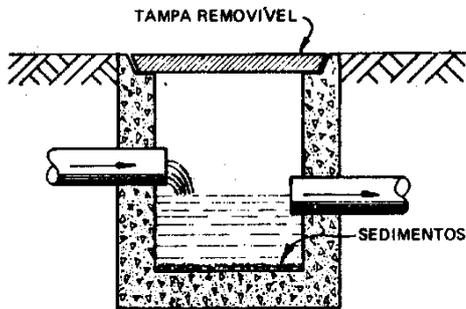
HAVENDO NECESSIDADE DE COLOCAR TUBULAÇÕES DE AÇO ABAIXO DO NÍVEL DO SOLO, DEVE SER UTILIZADO CANALETAS.  
(facilitar pintura, inspeção e manutenção)



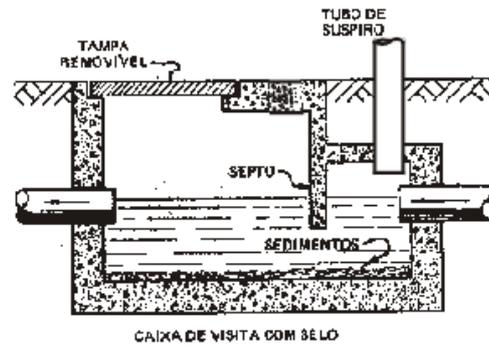
## TUBULAÇÕES DE ESGOTO

EM INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS OS SISTEMAS DE ESGOTO PLUVIAL, INDUSTRIAL E SANITÁRIO SÃO SEMPRE INDEPENDENTES E PROJETADOS DE MODO A NÃO PERMITIREM A CONTAMINAÇÃO RECÍPROCA.

AS TUBULAÇÕES DE ESGOTO SEMPRE CARREGAM CERTA QUANTIDADE DE SÓLIDOS E, ASSIM SENDO, DEVEM TER EM DETERMINADOS PONTOS CAIXAS DE DECANTAÇÃO DENOMINADAS "CAIXAS-DE-VISITA"



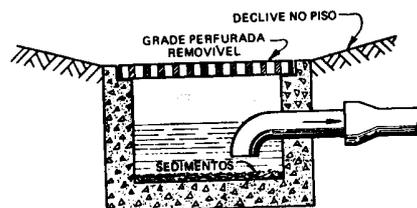
UTILIZADA QUANDO HOUVER PRESENÇA DE GASES INFLAMÁVEIS, EXPLOSIVOS OU TÓXICOS



PONTOS ONDE DEVE HAVER CAIXA-DE-VISITA

- Pontos de derivações importantes.
- Pontos de mudança de direção.
- Todos os pontos de mudança de elevação.
- Todos os pontos extremos.
- Em determinados pontos ao longo de trechos retos e compridos

NOS SISTEMAS DE ESGOTO PLUVIAL E EM ALGUNS ESGOTOS INDUSTRIAIS EM QUE OS LÍQUIDOS SÃO COLETADOS NO PISO, UTILIZA-SE CAIXAS DE COLETA.



## AULA 6

*Referente aos Capítulos 9 e 10 do Livro Texto*

**VÃOS ENTRE SUPORTES DE TUBULAÇÃO****Vãos básicos máximos para tubulações dentro dos limites de unidades de processo**

Margem para corrosão adotada: 1,3 mm

Flecha máxima no meio do vão: 6 mm

Diâmetro nominal (pol.)	Espessura (vide nota 3) (série ou pol.)	Tubulações sem isolamento térmico	Tubulações com isolamento térmico					
			Limites de temperatura (°C)					
			até 200		até 300		até 400	
			isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)
½	80	3,2	25	2,7	25	2,7	25	2,5
	160	3,2		2,8		2,8		2,6
¾	80	3,5	63	2,4	63	2,2	63	1,9
	160	3,5		2,7		2,5		2,2
1	80	3,9	63	3,1	63	2,8	63	2,5
	160	4,0		3,2		3,1		2,7
1 ½	80	4,7	63	3,9	63	3,8	63	3,3
	160	4,8		4,1		4,0		3,7
2	40	5,0	51	4,3	63	3,9	63	3,4
	80	5,2		4,6		4,4		3,9
3	40	6,1	51	5,6	63	5,4	63	4,8
	80	6,3		5,8		5,7		5,3
4	40	6,9	51	6,3	63	6,1	63	5,5
	80	7,1		6,7		6,5		6,2
6	40	8,2	51	7,7	63	7,5	76	6,6
	80	8,6		8,2		8,0		7,5
8	20	8,8	51	8,3	76	7,9	89	6,7
	40	9,2		8,8		8,5		7,4
10	20	9,5	63	9,0	89	8,2	102	7,0
	40	10,2		9,7		9,4		8,2
12	0,250	10,0	63	9,5	89	8,6	102	7,4
	0,500	11,4		10,9		10,6		9,7
14	0,250	10,3	63	9,8	89	8,8	102	7,5
	0,500	11,8		11,3		11,1		10,0
16	0,250	10,6	63	10,0	102	8,9	102	7,7
	0,500	12,4		11,9		11,6		10,4
18	0,250	10,8	63	10,2	102	9,1	102	7,9
	0,500	12,9		12,4		12,1		10,7
20	0,250	10,9	63	10,4	102	9,3	114	8,0
	0,500	13,4		12,9		12,6		10,9
24	0,250	11,1	63	10,7	102	9,6	114	8,3
	0,375	13,5		13,0		11,7		10,1
	0,500	14,3		13,8		13,2		11,4
30	0,250	11,3	63	10,9	114	9,8	126	8,5
	0,375	13,9		13,5		12,1		10,5
	0,500	15,3		14,9		13,8		11,9

## Notas:

- Os vãos básicos destas tabelas são os valores máximos para tubos horizontais, retos, e sem acidentes. Para tubulações com curvas em balanço, no plano horizontal, ou no plano vertical, os vãos básicos devem ser multiplicados pelos fatores de redução dados nos Gráficos 36.
- Os vãos básicos foram calculados para tubos de aço-carbono API-5L Gr. B, ou outros materiais de resistência equivalente, sem considerar nenhuma sobrecarga no vão entre suportes.
- Os mesmos vãos podem ser adotados para tubos de maior espessura.
- Os vãos destas tabelas não se aplicam para tubulações com fluidos mais pesados do que a água ou sujeitos a vibrações ou outros esforços mecânicos violentos.

Transcrito da norma PETROBRÁS N-46 (reproduzido com permissão)

## ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 109)

Folha 1 de 9

**VÃOS ENTRE SUPORTES DE TUBULAÇÃO****Vãos básicos máximos para tubulações dentro dos limites de unidades de processo**

Margem para corrosão adotada: 3,2 mm

Flecha máxima no meio do vão: 6 mm

VEJA AS NOTAS DA FOLHA 1 DO ANEXO 1 - (Referente à página 109 do Livro de Tabelas)

Diâmetro nominal (pol.)	Espessura (Vide nota 3) (série ou pol.)	Tubulações sem isolamento térmico	Tubulações com isolamento térmico					
			Limites de temperatura (°C)					
			até 200		até 300		até 400	
			isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)
½	160	3,0	25	2,5	25	2,4	25	2,1
	XXS	3,2		2,8		2,8		2,6
¾	80	2,5	63	1,0	63	0,9	63	0,8
	160	3,5		2,2		2,1		1,8
1	80	3,5	63	2,0	63	1,8	63	1,6
	160	3,9		3,0		2,7		2,4
1 ½	80	4,3	63	3,1	63	2,8	63	2,5
	160	4,7		3,9		3,8		3,3
2	80	4,8	51	4,1	63	3,6	63	3,1
	160	5,3		4,7		4,5		4,1
3	40	5,5	51	4,8	63	4,2	63	3,7
	80	6,1		5,5		5,4		4,8
4	40	6,3	51	5,7	63	5,1	63	4,5
	80	6,9		6,4		6,2		5,6
6	40	7,6	51	7,1	63	6,7	76	5,6
	80	8,4		7,9		7,8		7,1
8	20	7,9	51	7,2	76	6,4	89	5,4
	80	9,5		9,1		8,9		8,1
10	20	8,1	63	7,4	89	6,5	102	5,6
	80	10,4		9,9		9,6		8,6
12	0,375	10,4	63	9,9	89	9,2	102	7,9
	0,500	11,1		10,6		10,3		9,1
14	0,375	10,7	63	10,2	89	9,4	102	8,1
	0,500	11,4		11,0		10,7		9,4
16	0,375	11,2	63	10,7	102	9,6	102	8,3
	0,500	12,0		11,5		11,2		9,7
18	0,375	11,6	63	11,1	102	9,8	102	8,5
	0,500	12,5		12,0		11,5		10,0
20	0,375	11,7	63	11,2	102	10,8	114	8,6
	0,500	12,9		12,5		11,8		10,2
24	0,250	8,6	63	8,2	102	7,4	114	6,4
	0,375	12,0		11,5		10,4		8,9
	0,500	13,7		13,3		12,3		10,6
30	0,250	8,7	63	8,4	114	7,5	126	6,5
	0,375	12,2		11,8		10,7		9,2
	0,500	14,5		14,1		12,7		11,0

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 110)

Folha 2 de 9

**VÃOS ENTRE SUPORTES DE TUBULAÇÃO****Vãos básicos máximos para tubulações fora dos limites de unidades de processo**

Margem para corrosão adotada: 1,3 mm

Flecha máxima no meio do vão: 25 mm

VEJA AS NOTAS DA FOLHA 1 DO ANEXO 1 - (Referente à página 109 do Livro de Tabelas)

Diâmetro nominal (pol.)	Espessura (vide nota 3) (série ou pol.)	Tubulações sem isolamento térmico	Tubulações com isolamento térmico					
			Limites de temperatura (°C)					
			até 200		até 300		até 400	
			isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)
½	80	4,0						
	160	4,0	25	3,15	25	2,8	25	2,5
¾	80	4,4	63	2,4	63	2,2	63	1,9
	160	4,5		2,7		2,5		2,2
1	80	5,0	63	3,1	63	2,8	63	2,5
	160	5,0		3,4		3,1		2,7
1 ½	80	5,8	63	4,1	63	3,8	63	3,3
	160	6,0		4,5		4,2		3,7
2	40	5,9	51	4,5	63	3,9	63	3,4
	80	6,5		5,2		4,5		3,9
3	40	7,3	51	6,2	63	5,5	63	4,8
	80	7,9		6,9		6,1		5,3
4	40	8,1	51	7,1	63	6,3	63	5,5
	80	8,8		7,9		7,1		6,2
6	40	9,5	51	8,6	63	7,8	76	6,6
	80	10,5		9,8		8,9		7,5
8	20	9,6	51	8,9	76	7,9	89	6,7
	40	10,5		9,8		8,8		7,4
10	20	10,0	63	9,3	89	8,2	102	7,0
	40	11,6		10,8		9,6		8,2
12	0,250	10,3	63	9,6	89	8,6	102	7,4
	0,500	13,2		12,5		11,3		9,7
14	0,250	10,5	63	9,8	89	8,8	102	7,5
	0,500	13,5		12,9		11,6		10,0
16	0,250	10,6	63	10,0	102	8,9	102	7,7
	0,500	14,0		13,4		12,0		10,4
18	0,250	10,8	63	10,2	102	9,1	102	7,9
	0,500	14,3		13,8		12,4		10,7
20	0,250	10,9	63	10,4	102	9,3	114	8,0
	0,500	14,7		14,1		12,7		10,9
24	0,250	11,1		10,7		9,6		8,3
	0,375	13,5	63	13,0	102	11,7	114	10,1
	0,500	15,2		14,7		13,2		11,4
30	0,250	11,3		10,9		9,8		8,5
	0,375	13,9	63	13,5	114	12,1	126	10,5
	0,500	15,7		15,3		13,8		11,9

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 111)

Folha 3 de 9

**VÃOS ENTRE SUPORTES DE TUBULAÇÃO****Vãos básicos máximos para tubulações fora dos limites de unidades de processo**

Margem para corrosão adotada: 3,2 mm

Flecha máxima no meio do vão: 25 mm

VEJA AS NOTAS DA FOLHA 1 DO ANEXO 1 - (Referente à página 109 do Livro de Tabelas)

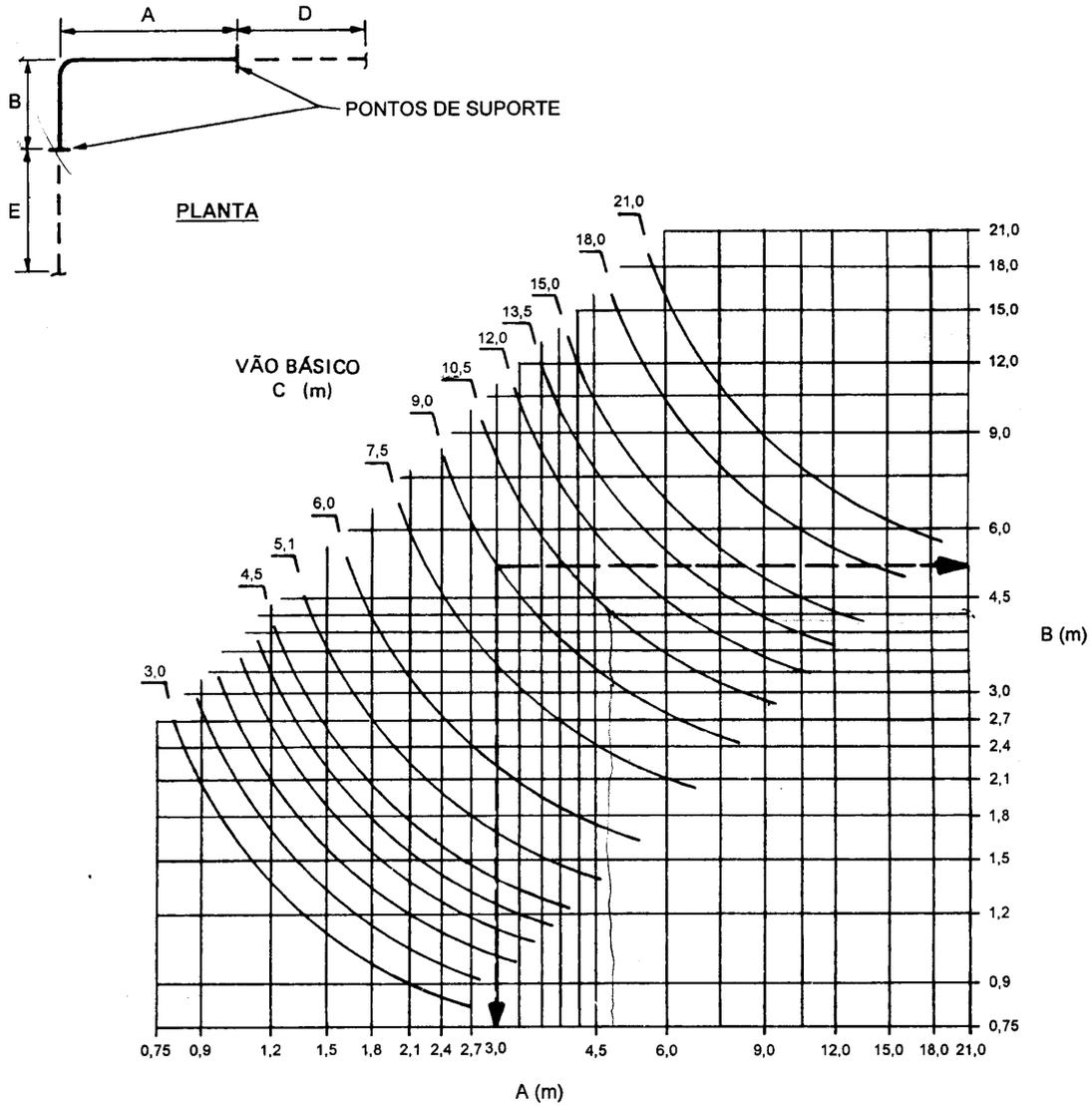
Diâmetro nominal (pol.)	Espessura (vide nota 3) (série ou pol.)	Tubulações sem isolamento térmico	Tubulações com isolamento térmico					
			Limites de temperatura (°C)					
			até 200		até 300		até 400	
			isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)	isol. (mm)	vão (m)
½	160	3,7	25	2,6	25	2,4	25	2,1
	XXS	4,0		3,3		3,0		2,6
¾	80	2,5	63	1,0	63	0,9	63	0,8
	160	4,3		2,2		2,1		1,8
1	80	4,0	63	2,0	63	1,8	63	1,6
	160	4,9		3,0		2,7		2,4
1 ½	80	4,9	63	3,1	63	2,8	63	2,5
	160	5,8		4,1		3,8		3,3
2	80	5,6	51	4,2	63	3,6	63	3,1
	160	6,6		5,4		4,7		4,1
3	40	6,0	51	4,8	63	4,2	63	3,7
	80	7,3		6,2		5,5		4,8
4	40	6,8	51	5,8	63	5,1	63	4,5
	80	8,2		7,3		6,5		5,6
6	40	8,2	51	7,4	63	6,7	76	5,6
	80	10,0		9,3		8,4		7,1
8	20	7,9	51	7,2	76	6,4	89	5,4
	80	11,3		10,6		9,5		8,1
10	20	8,1	63	7,4	89	6,5	102	5,6
	80	12,0		11,2		10,1		8,6
12	0,375	11,0	63	10,3	89	9,2	102	7,9
	0,500	12,5		11,8		10,6		9,1
14	0,375	11,2	63	10,5	89	9,4	102	8,1
	0,500	12,8		12,1		10,9		9,4
16	0,375	11,4	63	10,8	102	9,6	102	8,3
	0,500	13,1		12,5		11,2		9,7
18	0,375	11,6	63	11,0	102	9,8	102	8,5
	0,500	13,4		12,8		11,5		10,0
20	0,375	11,7	63	11,2	102	10,0	114	8,6
	0,500	13,7		13,1		11,8		10,2
24	0,250	8,6	63	8,2	102	7,4	114	6,4
	0,375	12,0		11,5		10,4		8,9
	0,500	14,1		13,6		12,3		10,6
30	0,250	8,7	63	8,4	114	7,5	126	6,5
	0,375	12,2		11,8		10,7		9,2
	0,500	14,5		14,1		12,7		11,0

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 112)

Folha 4 de 9

36. VÃOS ENTRE SUPORTES PARA CURVAS EM BALANÇO

a) Vãos para uma curva de 90° no plano horizontal  
(veja Notas abaixo)



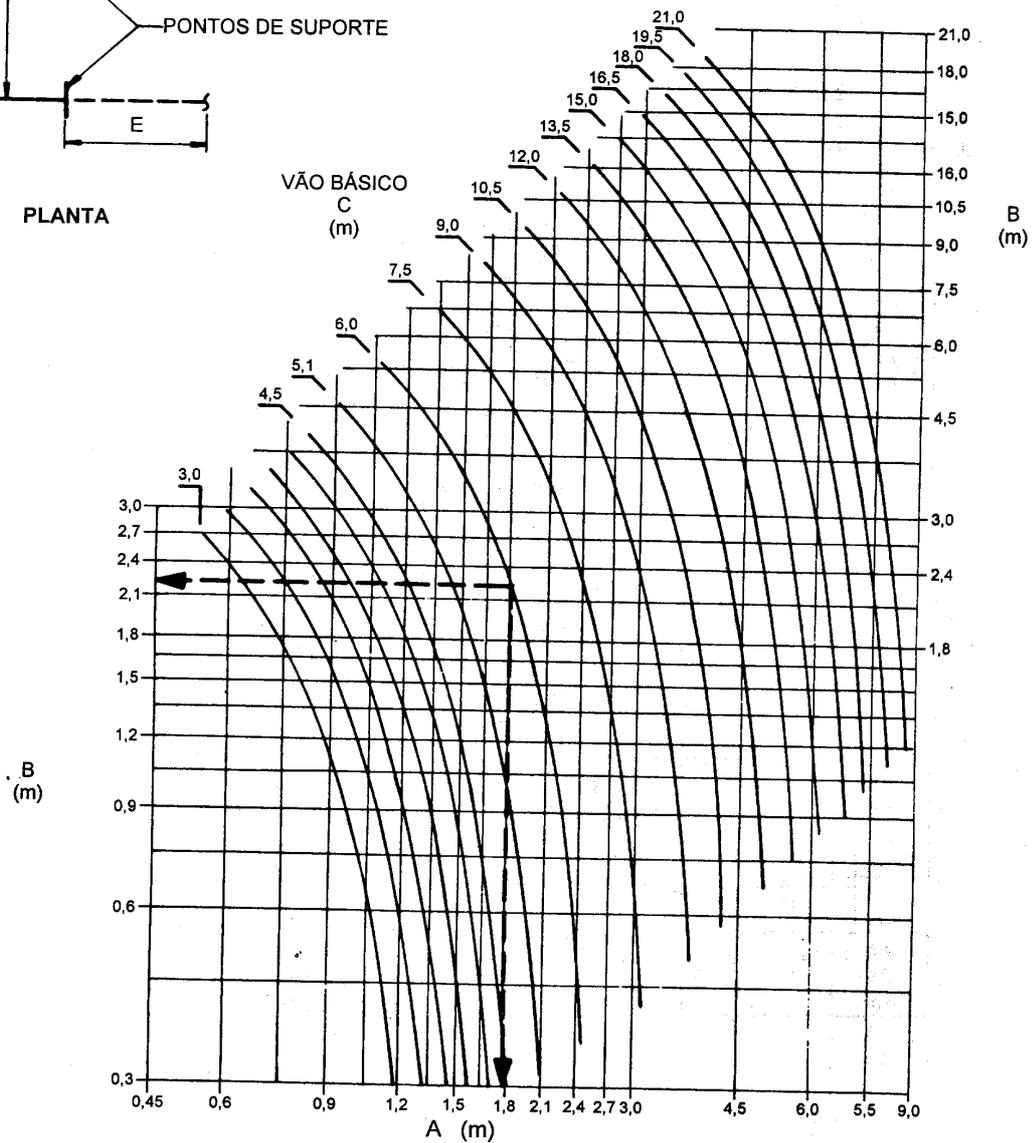
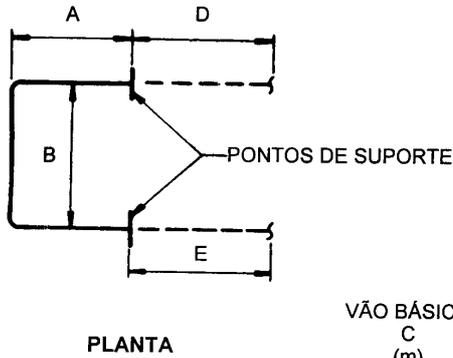
- Notas:
1. O valor do vão máximo "B" será determinado em função do valor de "A" e do vão básico "C", ou vice-versa.
  2. Para o valor do vão básico "C" veja Tabela 35.
  3. A soma das dimensões "D" e "E" deverá ser no mínimo 90% do vão básico "C".

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 113)

Folha 5 de 9

36. VÃOS ENTRE SUPORTES PARA CURVAS EM BALANÇO

b) Vãos para duas curvas de 90° no plano horizontal  
(veja Notas abaixo)



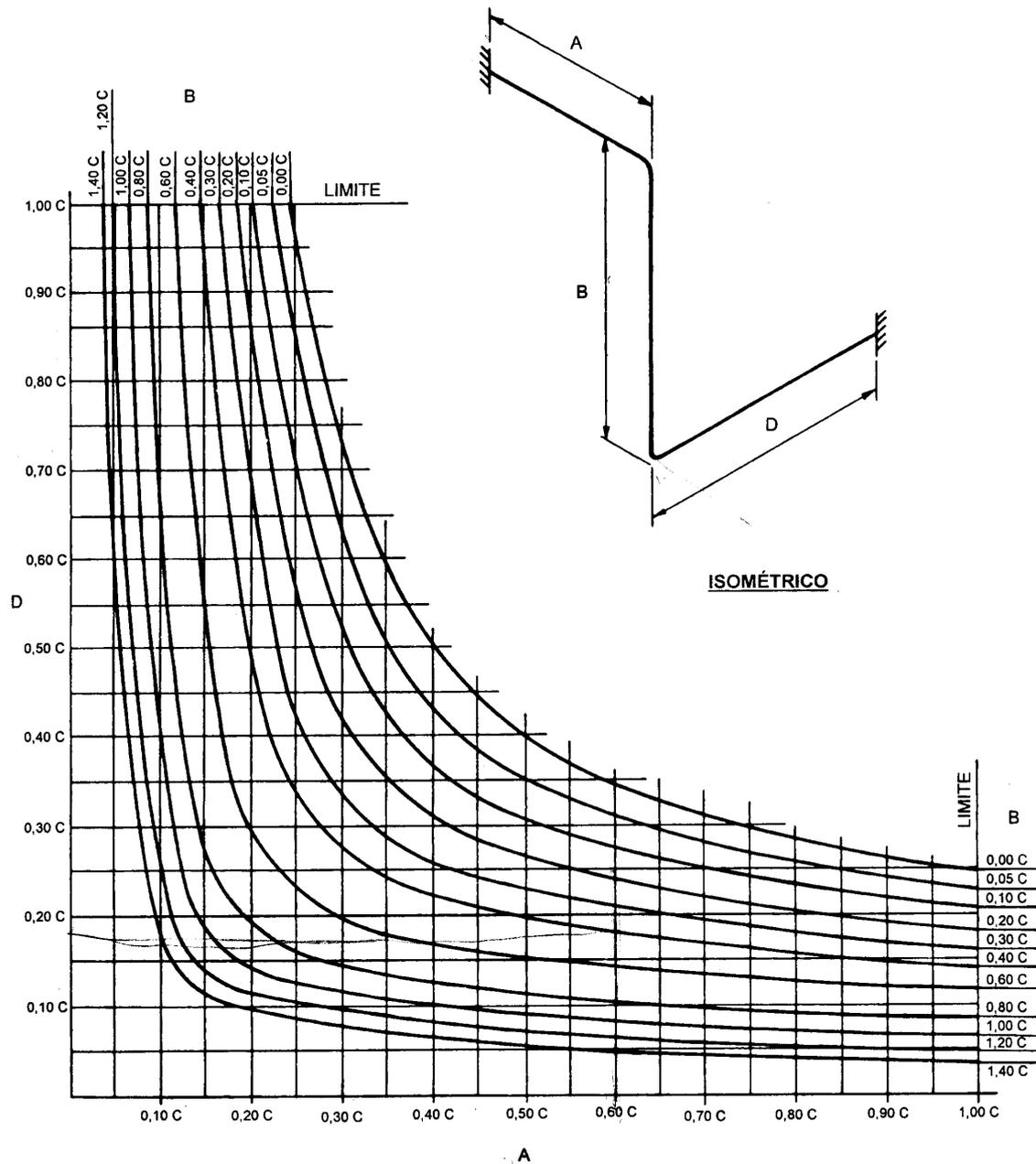
- Notas:
1. O valor do vão máximo "B" será determinado em função do valor de "A" e do vão básico "C", ou vice-versa.
  2. Para o valor do vão básico "C" veja Tabela 35.
  3. A soma das dimensões "D" e "E" deverá ser no mínimo 90% do vão básico "C".

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 114)

Folha 6 de 9

36. VÃOS ENTRE SUPORTES PARA CURVAS EM BALANÇO

c) Vãos para duas curvas no plano vertical  
(veja Notas abaixo)



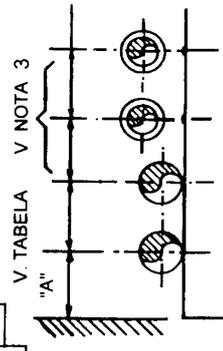
- Notas:
1. Pode-se determinar o valor máximo de qualquer dos lados "A", "B" ou "D", em função dos outros dois.
  2. Todos os valores estão dados como fração do vão básico "C". Para os valores de "C" veja Tabela 35.

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 115)

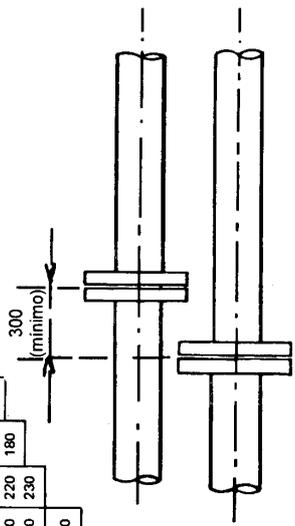
Folha 7 de 9

**37. DISTÂNCIAS ENTRE TUBOS PARALELOS**  
a) Distâncias em milímetros

Classe de pressão dos flanges	600 #																300 # e 400 #																150 #															
	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1½	1	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1½	1	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1½	1	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1½	1				
150 #	400	360	330	310	280	230	190	160	130	120	370	350	310	270	240	210	180	150	130	120	350	320	290	260	220	190	170	140	120	100	350	320	290	260	220	190	170	140	120	100								
300 # e 400 #	400	360	330	310	270	230	190	160	140	130	380	360	320	280	240	210	180	150	130	120	360	330	300	270	230	200	170	150	120	100	360	330	300	270	230	200	170	150	120	100								
600 #	400	360	330	310	260	220	180	150	140	130	400	380	340	300	260	230	200	170	150	140	380	360	320	280	240	210	180	160	130	110	380	360	320	280	240	210	180	160	130	110								
150 #	460	420	400	370	330	290	260	220	210	190	450	410	380	350	310	280	240	210	190	180	420	380	350	320	280	240	210	190	160	140	420	380	350	320	280	240	210	190	160	140								
300 # e 400 #	460	420	400	370	330	290	260	220	210	190	470	430	390	360	320	290	250	220	200	190	440	400	370	340	300	260	230	210	180	160	440	400	370	340	300	260	230	210	180	160								
600 #	460	420	400	370	330	290	260	220	210	190	480	440	400	370	330	290	260	230	210	200	450	410	380	350	310	270	240	220	190	170	450	410	380	350	310	270	240	220	190	170								
150 #	400	360	330	310	260	220	180	150	140	130	370	350	310	270	240	210	180	150	130	120	350	320	290	260	220	190	170	140	120	100	350	320	290	260	220	190	170	140	120	100								
300 # e 400 #	400	360	330	310	270	230	190	160	140	130	380	360	320	280	240	210	180	150	130	120	360	330	300	270	230	200	170	150	120	100	360	330	300	270	230	200	170	150	120	100								
600 #	400	360	330	310	260	220	180	150	140	130	400	380	340	300	260	230	200	170	150	140	380	360	320	280	240	210	180	160	130	110	380	360	320	280	240	210	180	160	130	110								



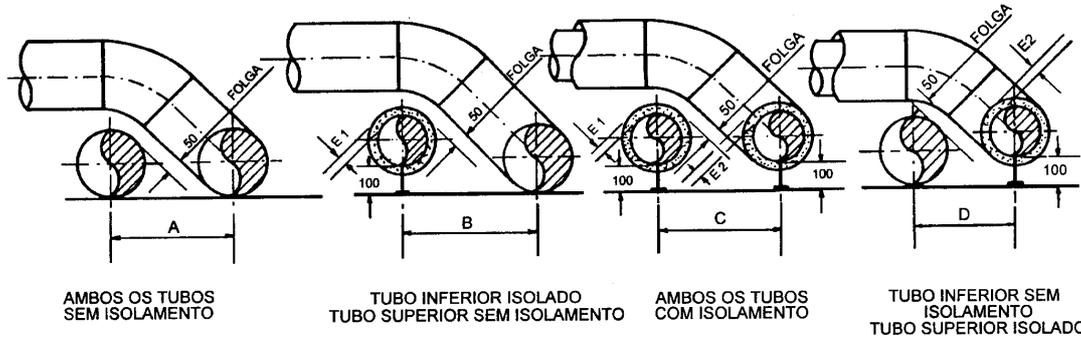
- Notas:
- As distâncias da tabela referem-se a tubulações dentro de unidades de processo. Para as tubulações fora de unidades de processo as distâncias devem ser aumentadas de 50 a 70 mm, porque em geral essas tubulações estão sujeitas a maiores movimentos laterais.
  - As distâncias da tabela aplicam-se somente quando os flanges em tubos vizinhos estiverem defasados. A defasagem entre os flanges deve ser de no mínimo 300mm.
  - Quando um ou ambos os tubos tiverem isolamento térmico as distâncias devem ser aumentadas da espessura do isolamento.
  - A distância "A" e a distância mínima até a extremidade do suporte ou a qualquer obstáculo. Para os casos em que houver cruzamentos a 45° veja Tabela 37 b.



Diam. nom.	1	1½	2	3	4	6	8	10	12	14	16
Distância "A" (mm)	150	150	150	150	180	200	230	250	300	330	350

**37. DISTÂNCIAS ENTRE TUBOS PARALELOS**

b) Distâncias mínimas para permitir cruzamento a 45°  
(veja Notas abaixo)



		DISTÂNCIAS "A" (mm)														
DIÂMETRO NOMINAL (pol.)	↓	TUBO SUPERIOR														
		1"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"
TUBO INFERIOR	1"	118	121	124	126	130	135	146	155	168	178	185	195	206	217	238
	1 ½"	136	139	142	144	148	153	164	175	186	196	203	214	224	235	256
	2"	151	154	156	159	162	168	179	189	200	211	218	228	239	249	270
	2 ½"	166	169	172	174	178	183	194	205	216	226	233	243	254	264	286
	3"	185	188	191	194	197	202	213	224	235	245	252	263	273	284	305
	4"	216	219	222	224	227	233	244	254	266	276	283	293	304	314	335
	6"	281	284	287	289	293	298	309	320	331	341	348	358	369	379	400
	8"	342	346	348	351	354	358	370	381	392	403	409	420	430	441	462
	10"	407	411	413	416	419	424	436	446	457	468	474	485	495	506	527
	12"	469	472	475	478	480	486	497	507	519	529	536	546	557	567	589
	14"	509	510	513	515	519	524	535	546	557	567	574	585	595	606	627
	16"	568	573	574	577	580	585	597	607	618	629	635	646	656	667	688
18"	630	633	635	638	641	647	658	668	680	690	697	708	718	728	749	
20"	691	694	697	699	703	708	719	730	741	751	758	768	779	790	811	
24"	814	817	819	822	825	831	842	852	864	874	882	897	902	912	933	

DISTÂNCIA "B":  $B = A + 100 + E1\sqrt{2}$

DISTÂNCIA "C":  $C = A + (E1 + E2)\sqrt{2}$

DISTÂNCIA "D":  $D = A - 100 + E2\sqrt{2}$

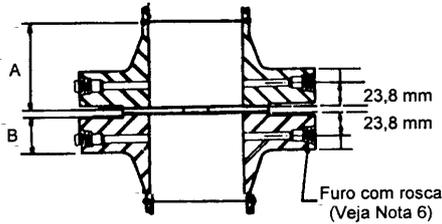
E1, E2: ESPESSURAS DOS ISOLAMENTOS TÉRMICOS (mm)

- Notas: 1. As distâncias "A" foram calculadas para uma folga de 50 mm entre os tubos. Caso seja necessário uma folga maior, as distâncias devem ser aumentadas de acordo.  
2. Quando a distância dada por esta tabela for menor do que a distância mínima entre tubos paralelos da Tabela 37 a), essa última deverá prevalecer.

**ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 117)**

40. FLANGES PARA PLACA DE ORIFÍCIO

40.1. Dimensões



- Notas:
1. Não existe uma normalização dimensional para esses flanges, variando ligeiramente as dimensões de um fabricante para outro.
  2. A dimensão A inclui a altura do ressalto (veja Tabela 38).
  3. As dimensões desses flanges, não mostradas na tabela abaixo (diâmetro externo, diâmetro do círculo de furação, número de furos, etc.), são as mesmas dos flanges forjados normalizados, de acordo com a Tabela 38.
  4. Par materiais e pressões admissíveis veja Gráficos 39.
  5. Não se fabricam esses flanges na classe 150#.
  6. Os furos rosqueados têm os seguintes diâmetros:  
Classes 300# 400# e 600#: 1/2", rosca NPT  
Classes 900# e 1.500#: 3/4", rosca NPT

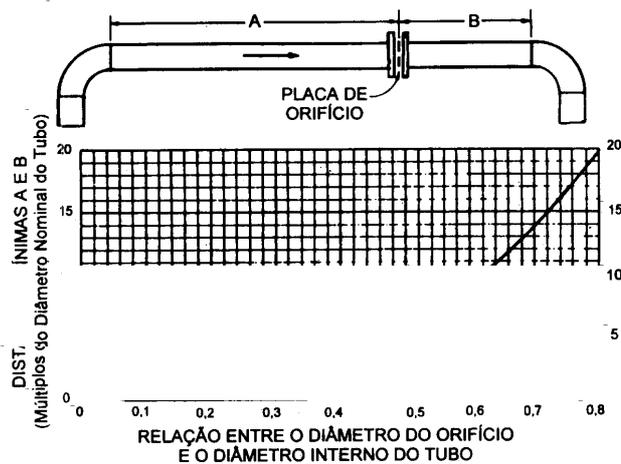
Classe de pressão do flange	Diâmetro nominal (pol.)	Dimensões (mm)				Classe de pressão do flange	Diâmetro nominal (pol.)	Dimensões (mm)				Classe de pressão do flange	Diâmetro nominal (pol.)	Dimensões (mm)							
		Face com ressalto		Face para junta de anel				Face com ressalto		Face para junta de anel				Face com ressalto		Face para junta de anel					
		A	B	A	B			A	B	A	B			A	B	A	B				
300#	1	88,9	38,1	82,5	38,0	400#	4 a 24	Mesmas dimensões do flange de pescoço (veja Tabela 38)				900#	3 a 24	Mesmas dimensões do flange de pescoço (veja Tabela 38)							
	1 1/4	90,5	38,1	84,1	38,0			600#	1	88,9	38,1			82,5	38,0	1.500#	1	79,4	34,9	82,5	38,0
	1 1/2	92,1	38,1	85,7	38,0				1 1/4	90,5	38,1			84,1	38,0		1 1/2	79,4	34,9	82,5	38,0
	2	92,1	38,1	87,3	39,6				1 1/2	92,1	38,1			85,7	38,0		2 a 24	Mesmas dimensões do flange de pescoço (veja Tabela 38)			
	2 1/2	95,2	38,1	90,4	39,6				2	92,1	38,1			87,3	39,6						
	3	95,2	38,1	90,4	39,6				2 1/2	95,2	38,1			90,4	39,6						
	4	98,4	38,1	93,6	39,6				3	95,2	38,1			90,4	39,6						
	6	106,4	38,1	106,3	44,4			4 a 24	Mesmas dimensões do flange de pescoço (veja Tabela 38)												
8 a 24	Mesmas dimensões do flange de pescoço (veja Tabela 38)																				

40.2. Recomendações de Instalação

Distâncias mínimas necessárias de tubo reto antes e depois dos flanges para placa de orifício. Esses dados foram tirados da publicação "Onifice Metering of Natural Gas", da "American Gas Association", transcritos com permissão da "American Gas Association".

- Notas:
1. As distâncias mínimas de tubo reto (A, B, C, A', C') estão expressas nos gráficos a seguir em múltiplos do diâmetro nominal do tubo.
  2. Quando as tomadas de pressão são no próprio tubo (e não nos flanges), as distâncias A, A' e C devem ser aumentadas de 2 diâmetros do tubo, e a distância B de 8 diâmetros do tubo.

a) Flanges situados entre dois joelhos no mesmo plano



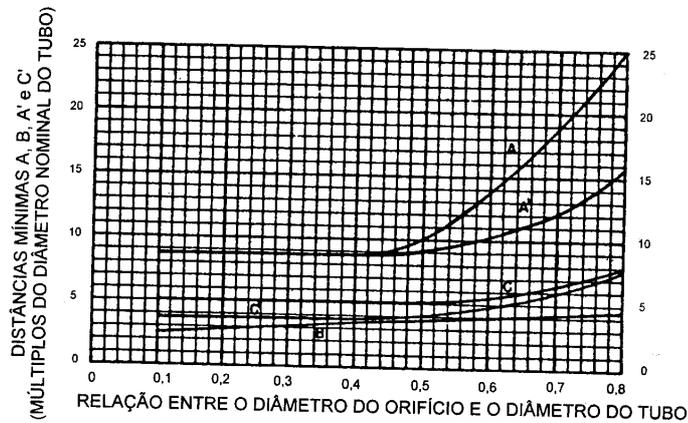
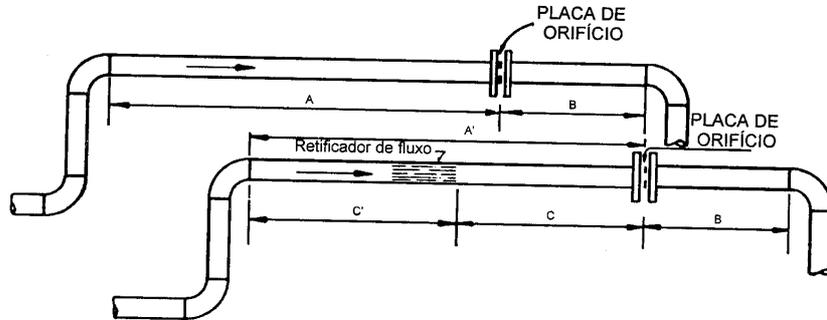
ANEXO 2 – Livro de Tabelas (pág. 127)

Folha 1 de 2

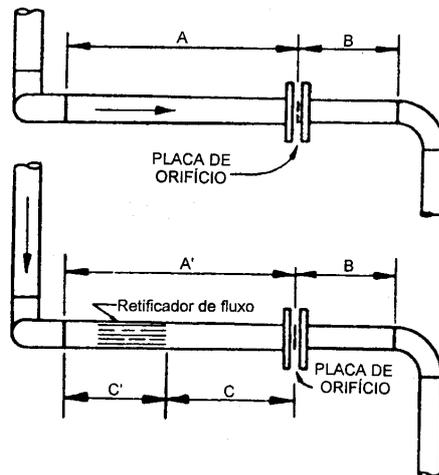
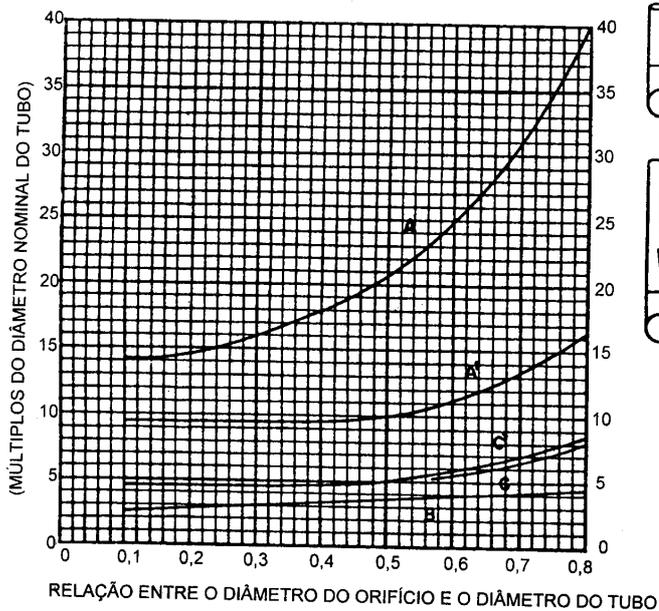
40. FLANGES PARA PLACA DE ORIFÍCIO

40.2. Recomendações de Instalação (continuação)

b) Flanges situados entre dois joelhos antes e um depois, todos no mesmo plano.



c) Flanges situados entre dois joelhos em planos ortogonais



# *AULA 7*

*Volume I do Livro Texto*

## *CONTEÚDO:*

- *Capítulo 11*

*Suporte de Tubulações.*

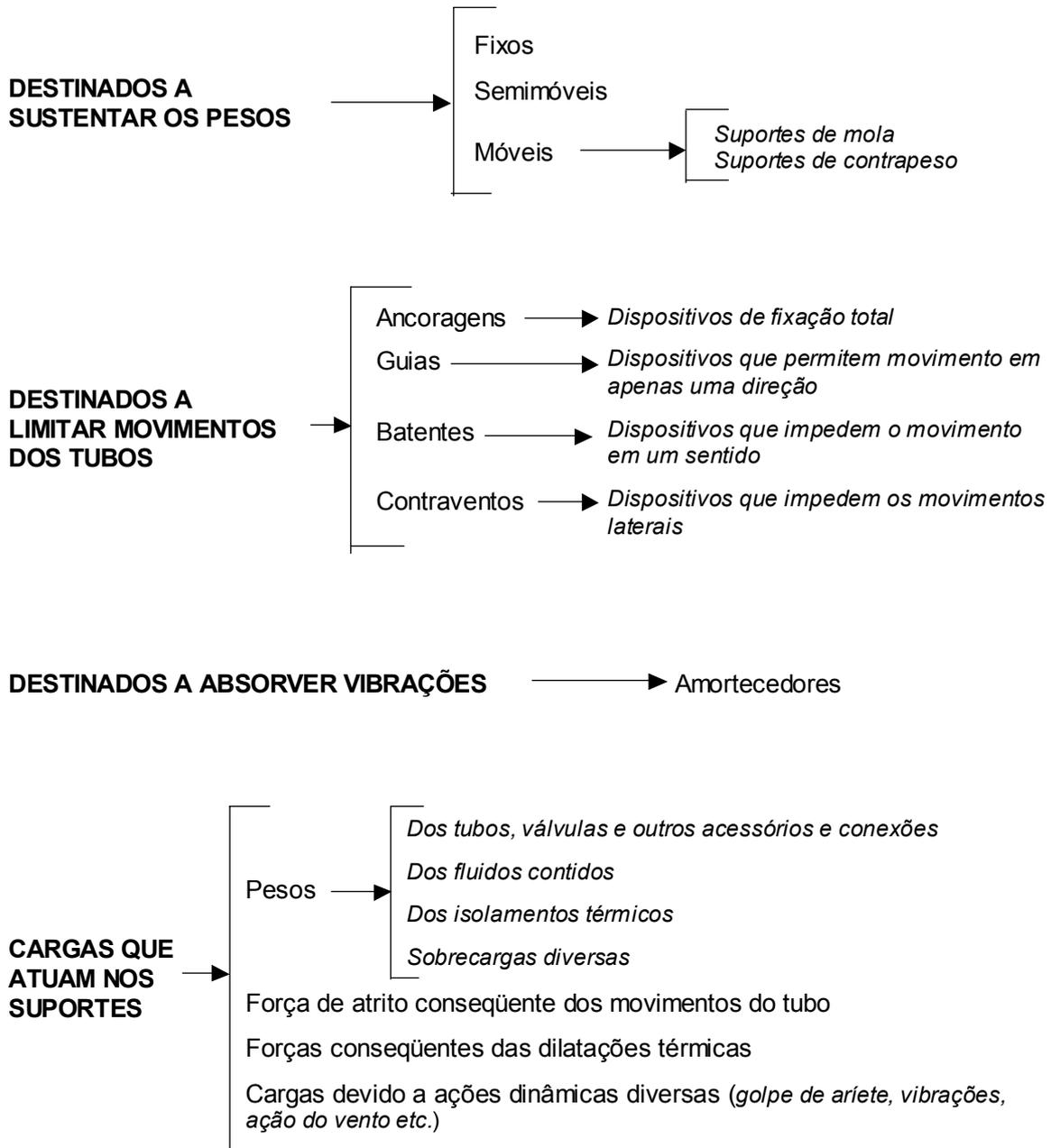
- *Capítulo 12*

*Sistemas Especiais de Tubulações.*

- *Capítulo 15*

*Montagem e Teste de Tubulações.*

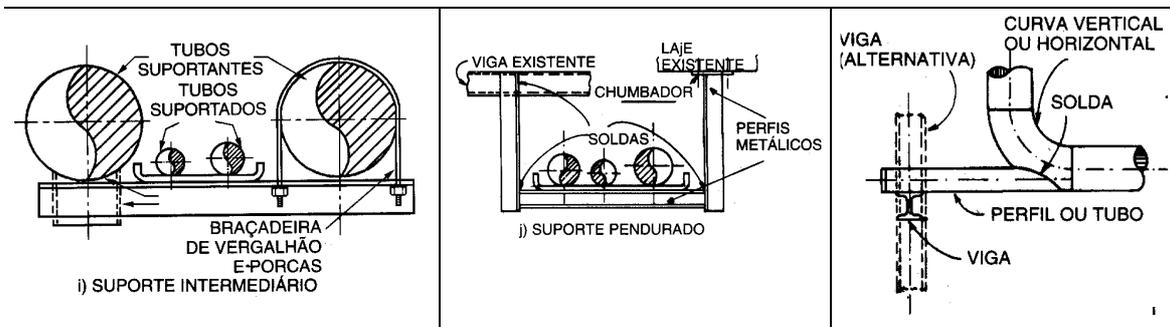
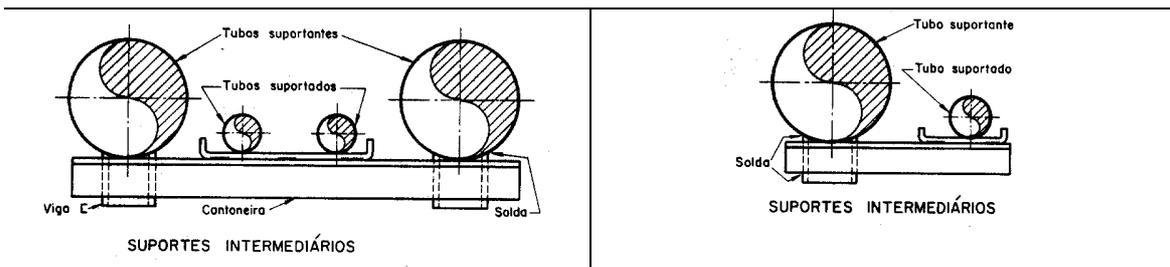
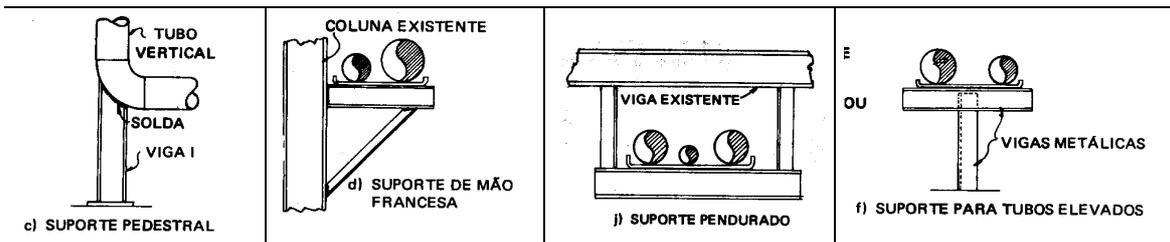
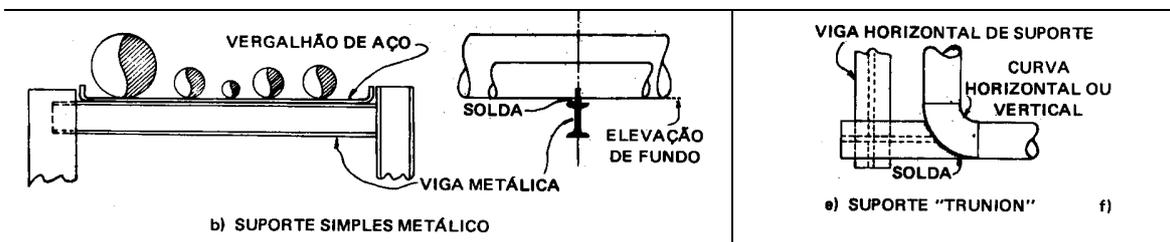
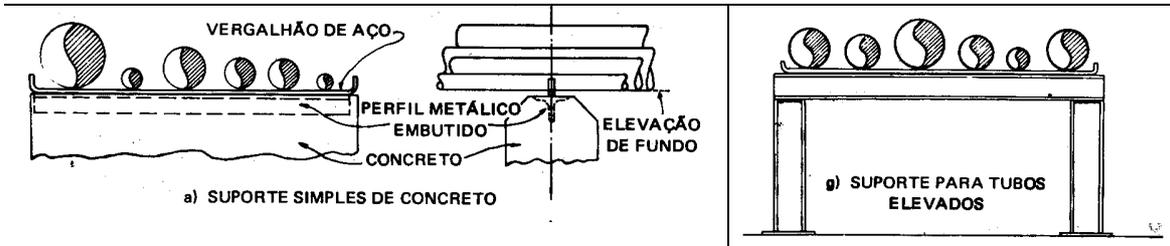
## SUPORTES DE TUBULAÇÕES



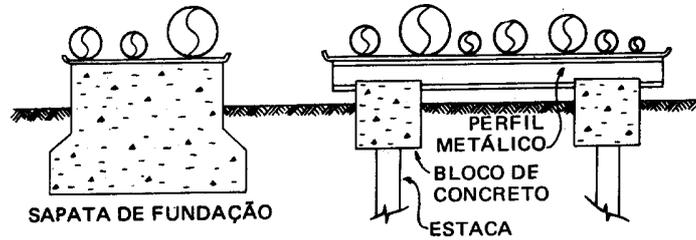
O PESO DO FLUIDO, NA MAIORIA DOS CASOS CONSIDERA-SE O PESO DA ÁGUA (*teste hidrostático*) QUANDO O PESO DO FLUIDO FOR INFERIOR AO PESO DA ÁGUA, OU O PRÓPRIO PESO DO FLUIDO QUANDO SUPERIOR AO DA ÁGUA.

### SUportes FIXOS

NÃO SE DESLOCAM VERTICALMENTE  
E PODEM SER APOIADOS OU PENDURADOS

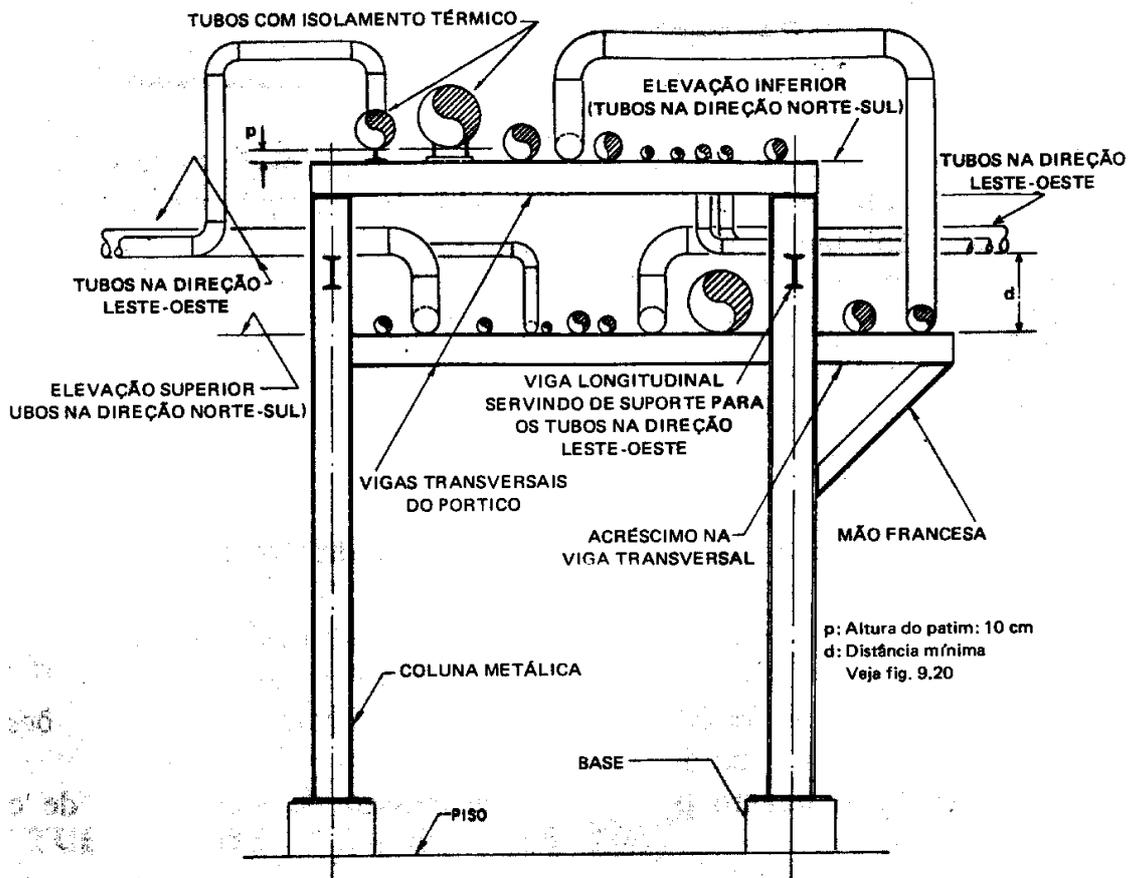


DEPENDENDO DO TIPO DE CONSTRUÇÃO E DAS CONDIÇÕES DO SOLO, PODE-SE TER A FUNDAÇÃO EM SAPATAS OU EM ESTACAS



AS ESTRUTURAS DE PÓRTICOS COSTUMA SER INTERLIGADAS POR VIGAS LONGITUDINAIS, PARALELAS AOS TUBOS, COM AS SEGUINTE FINALIDADES:

- Absorver os esforços axiais das tubulações (*reações de atrito e de dilatação*)
- Suportar tubulações na direção perpendicular às tubulações principais
- Suportar os suportes transversais intermediários para os tubos de pequeno  $\varnothing$

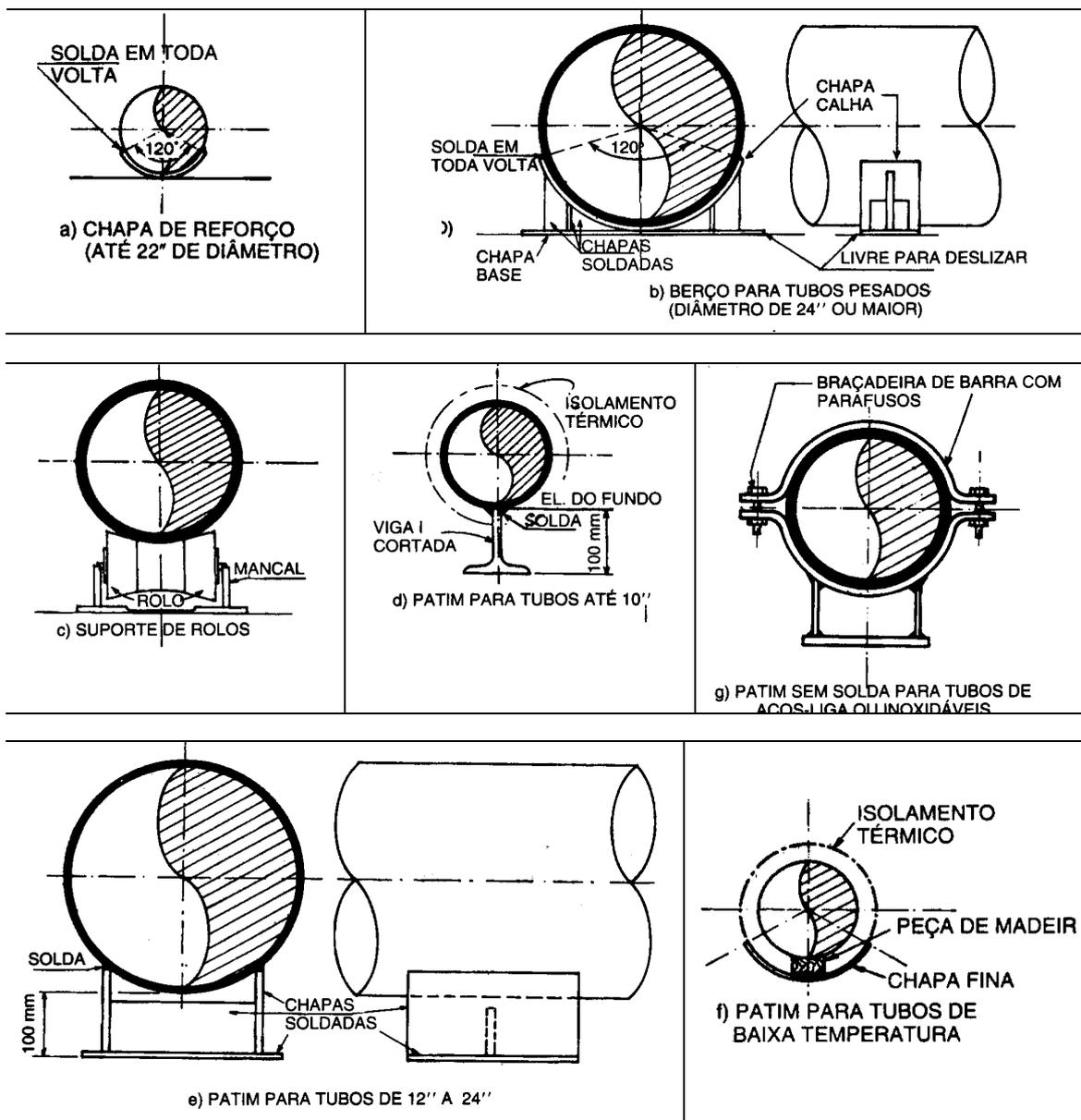


ESTRUTURA DE PÓRTICO PARA TUBOS ELEVADOS

## CONTATO ENTRE OS TUBOS E OS SUPORTES

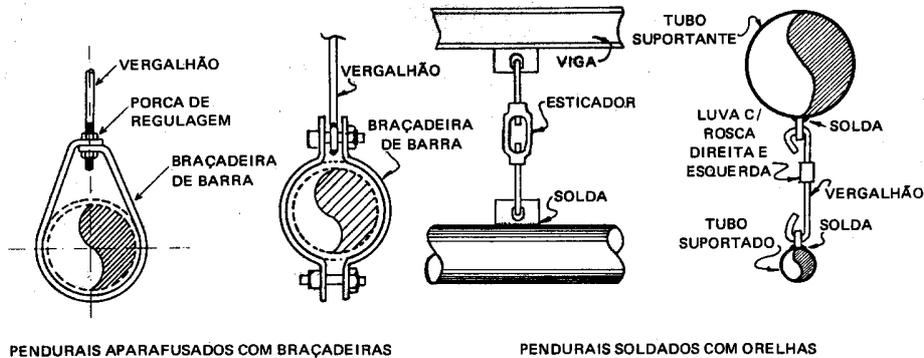
NORMALMENTE EVITA-SE O CONTATO DIRETO DO TUBO COM A SUPERFÍCIE DO SUPORTE COM A FINALIDADE DE PERMITIR A INSPEÇÃO E A PINTURA DA FACE INFERIOR DO TUBO E DA PRÓPRIA SUPERFÍCIE DE APOIO

**PARA TUBOS COM ATÉ 12" DE DIÂMETRO  
É UTILIZADO UM VERGALHÃO DE AÇO Ø 3/4"**



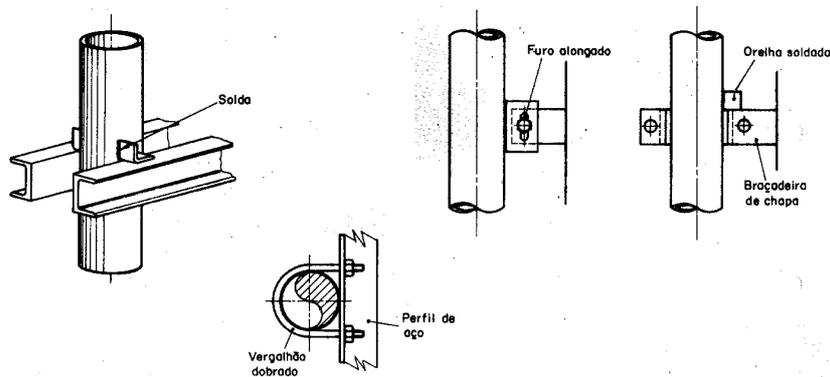
### SUPORTES SEMIMÓVEIS (pendurais)

SÃO EMPREGADOS PARA TUBOS LEVES SITUADOS DENTRO DE PRÉDIOS OU GALPÕES PRESOS ÀS LAGES E OUTRAS ESTRUTURAS.



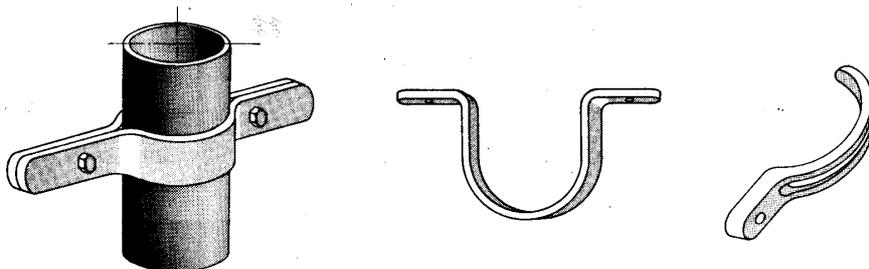
### SUPORTES PARA TUBOS VERTICAIS

PARA SUSTENTAÇÃO DO TUBO VERTICAL, QUALQUER QUE SEJA SEU DIÂMETRO, SEU PESO OU SEU COMPRIMENTO, BASTA UM ÚNICO SUPORTE COLOCADO NA SUA EXTREMIDADE SUPERIOR.



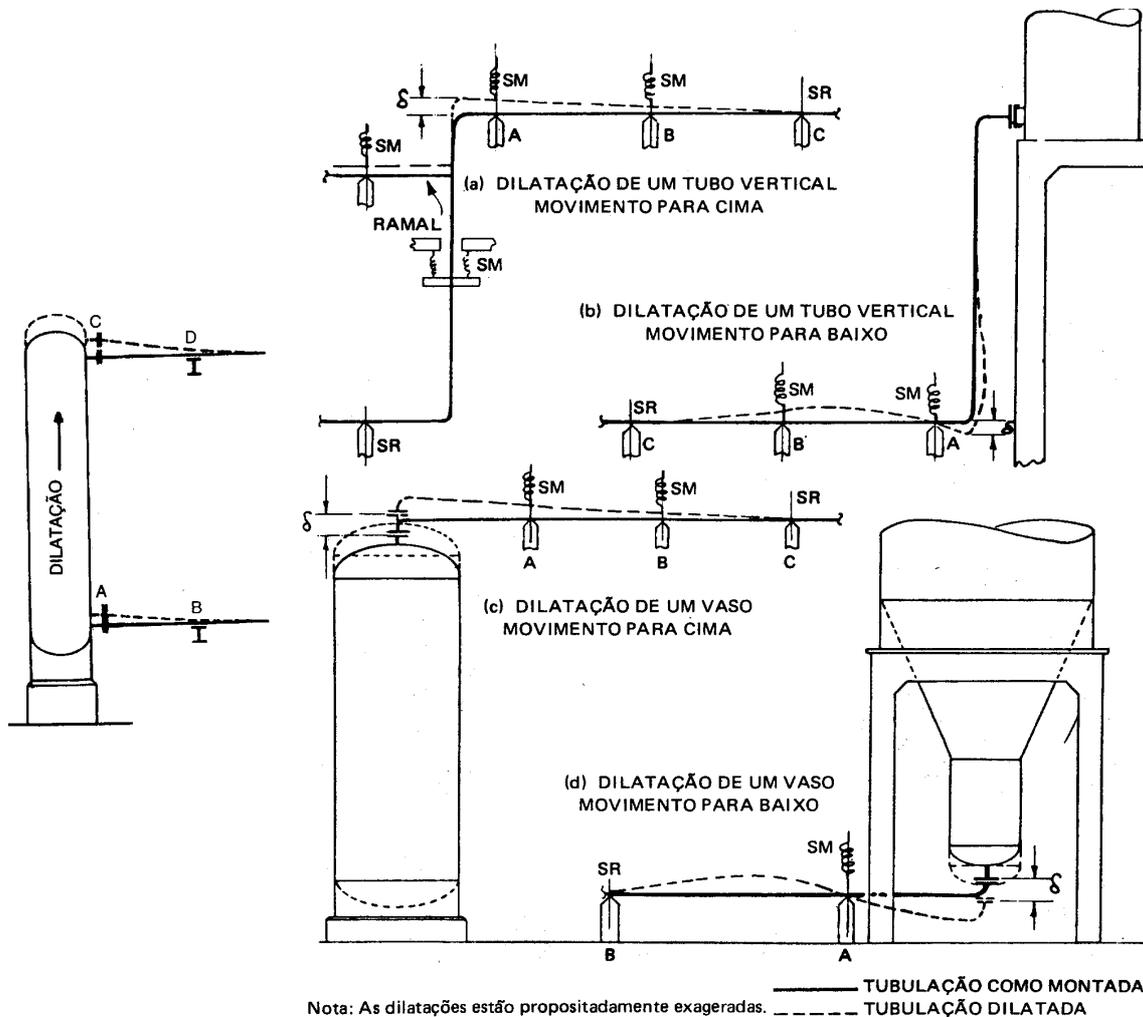
### SUPORTES ESPECIAIS PARA TUBOS LEVES

PARA TUBOS DE PEQUENO DIÂMETRO ( $\varnothing$  até 1 1/2") QUE CORREM ISOLADOS, É MAIS ECONÔMICO O EMPREGO DE FERRAGENS COMPRADAS PRONTAS. (braçadeiras, grampos, pendurais etc.)



## SUPORTES MÓVEIS

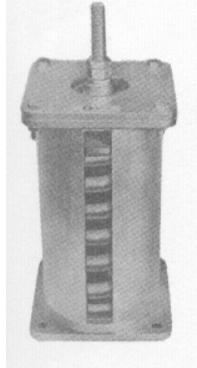
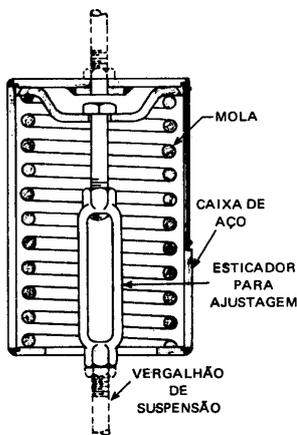
*Admitem movimentos verticais sem deixar de sustentar o peso da tubulação*



TIPOS DE SUPORTES MÓVEIS

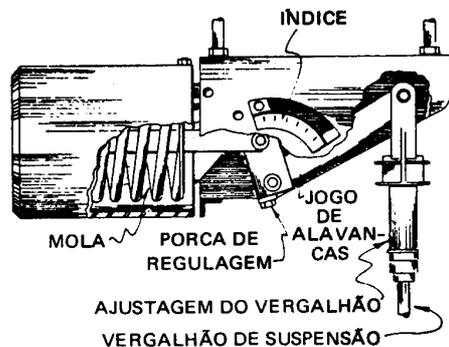
- Suporte de mola simples ou de carga variável.
- Suporte de mola de carga constante.
- Suportes de contrapeso.

## SUPORTE DE MOLA

**DE CARGA VARIÁVEL**

(A força para comprimir a mola aumenta à medida que aumenta o deslocamento.)

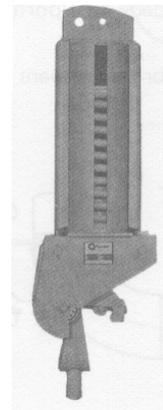
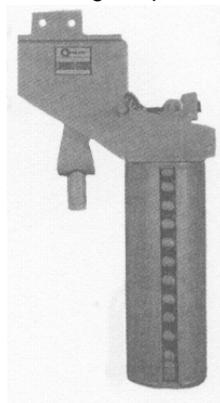
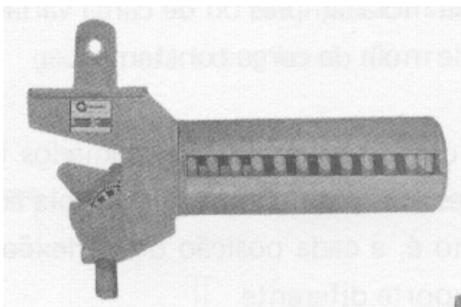
HÁ SEMPRE ALGUMA TRANSFERÊNCIA DE CARGA PARA OS SUPORTES VIZINHOS.

**DE CARGA CONSTANTE**

(Através da ação de alavancas, a capacidade do suporte é praticamente constante.)

**APLICAÇÕES:**

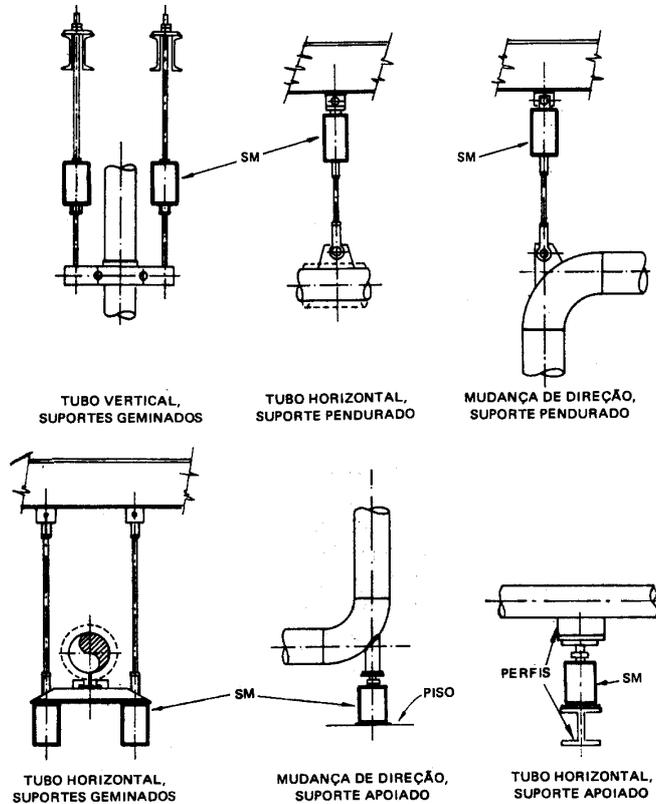
- Grandes deslocamentos  $\geq 150$  mm
- Quando a carga suportada for muito grande
- Quando a colocação de um suporte de carga variável resultar em variação de carga superior a 12%



**DADOS  
NECESSÁRIOS  
PARA  
ENCOMENDA**

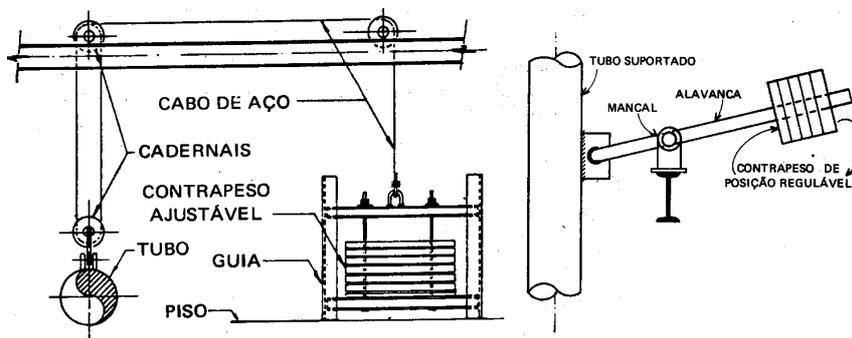
- 1 - Tipo de suporte (*carga variável ou carga constante*)
- 2 - Carga a suportar e "K" da mola
- 3 - Dimensão e direção do movimento vertical
- 4 - Disposição de montagem
- 5 - Espaço disponível
- 6 - Esquema da tubulação (*isométrico mostrando a dimensão e localização de todos os suportes*).
- 7 - Existência ou não de vibrações

## DISPOSIÇÕES USUAIS DE SUPORTES DE MOLLA EM TUBULAÇÕES HORIZONTAIS E VERTICAIS



## SUPORTES DE CONTRAPESO

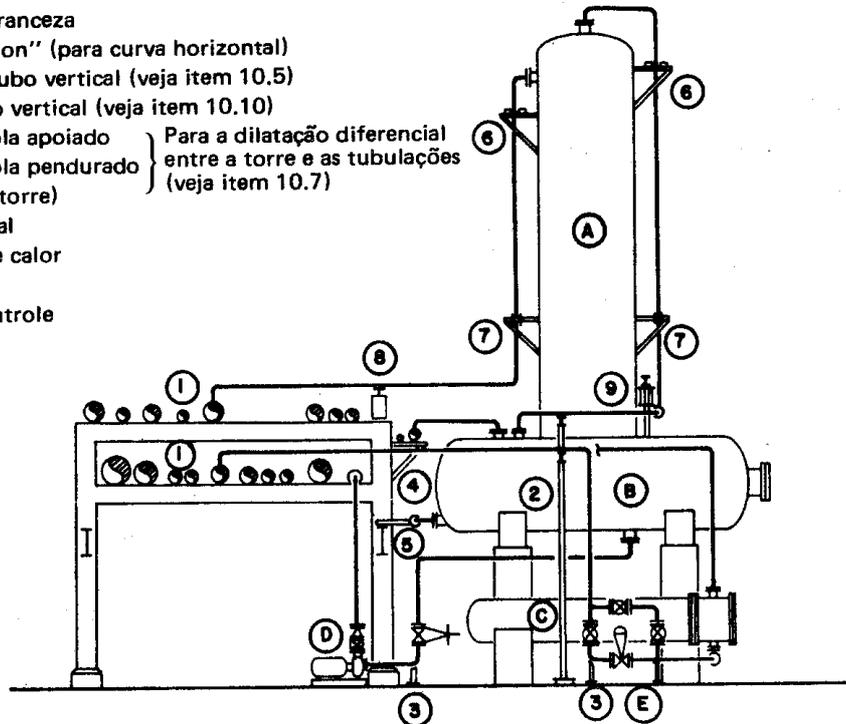
SÃO USADOS QUANDO SE TEM GRANDES CARGAS SIMULTANEAMENTE COM GRANDES DESLOCAMENTOS.



PRINCIPAIS DESVANTAGENS

- 1 – O contrapeso aumenta a carga na estrutura
- 2 – Tendência a vibrações
- 3 – Ocupa muito espaço

- 1 Pórtico para grupos de tubos elevados
  - 2 Suporte para tubos elevados (na posição mais alta)
  - 3 Suporte pedestal
  - 4 Suporte mão francesa
  - 5 Suporte "trunion" (para curva horizontal)
  - 6 Suporte para tubo vertical (veja item 10.5)
  - 7 Guia para tubo vertical (veja item 10.10)
  - 8 Suporte de mola apoiado
  - 9 Suporte de mola pendurado
- Para a dilatação diferencial entre a torre e as tubulações (veja item 10.7)
- A Vaso vertical (torre)
  - B Vaso horizontal
  - C Permutador de calor
  - D Bomba
  - E Válvula de controle

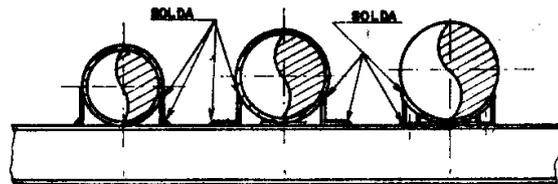


EXEMPLO DE EMPREGO DE VÁRIOS TIPOS DE SUPORTES

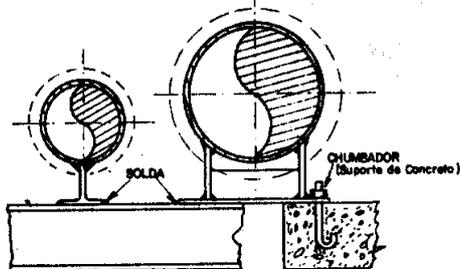
## SUPORTES QUE LIMITAM OS MOVIMENTOS DAS TUBULAÇÕES

### 1 – ANCORAGENS

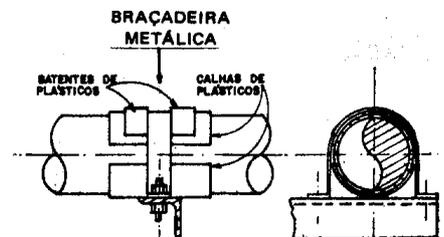
- Soldagem direta do tubo na viga de apoio.
- Chumbadores presos no concreto.
- Braçadeiras aparafusadas para materiais não soldáveis.



ANCORAGENS PARA TUBOS NÃO ISOLADOS



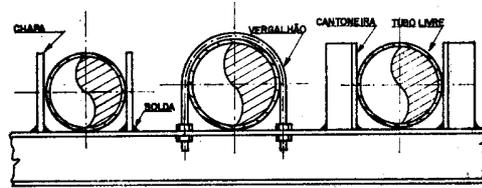
ANCORAGENS PARA TUBOS ISOLADOS



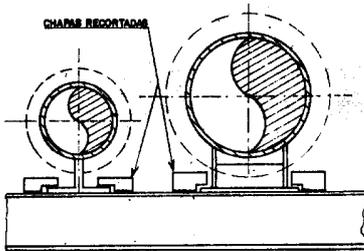
ANCORAGEM PARA TUBOS PLÁSTICOS  
(AS CALHAS SÃO COLADAS AO TUBO)

**2 – GUIAS**

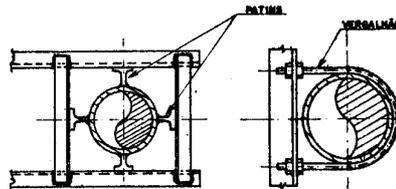
SÃO UTILIZADAS PARA EVITAR MOVIMENTOS ANGULARES DA TUBULAÇÃO



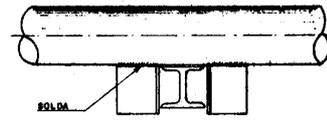
GUIA PARA TUBOS NÃO ISOLADOS



GUIA PARA TUBOS ISOLADOS



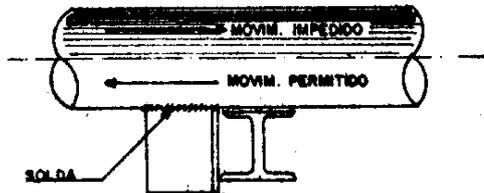
GUIA PARA TUBOS VERTICAIS



GUIA TRANSVERSAL

**3 – BATENTES**

(direcionam o movimento do tubo)



BATENTE

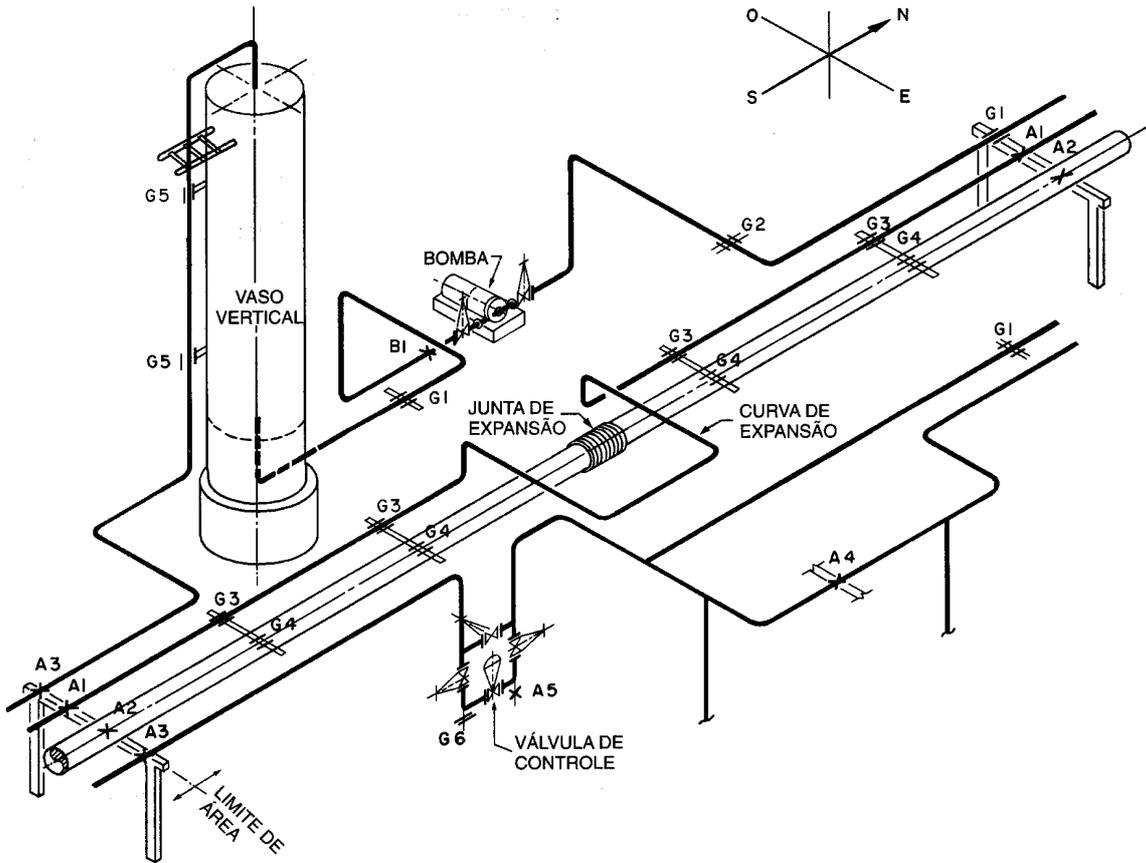
**4 – CONTRAVENTO**

(vergalhão de aço preso a braçadeiras ou a orelhas soldadas ao tubo)

USADOS PARA IMPEDIR O MOVIMENTO LATERAL EM TUBOS SUPOSTADOS POR PENDURAS

MOTIVOS QUE LEVAM À RESTRIÇÃO DE MOVIMENTO DAS TUBULAÇÕES

- 1 – Orientar e dirigir os movimentos causados pelas dilatações térmicas.
- 2 – Proteger pontos fracos do sistema (equipamentos).
- 3 – Evitar que as tubulações, ao se dilatarem, se esbarrem uma contra as outras, ou contra paredes, equipamentos etc..
- 4 – Evitar flechas exageradas (flambagem ou dilatação do ramal).
- 5 – Ancorar as tubulações nos limites de área (evitar a transmissão de esforço de um lado para o outro).
- 6 – Subdividir sistemas muito complexos (facilitar o estudo da flexibilidade).
- 7 – Isolar as vibrações ou aumentar a frequência natural das mesmas, para diminuir a amplitude e evitar ressonâncias.



### EXEMPLOS DE EMPREGO E LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE LIMITAÇÃO DE MOVIMENTOS

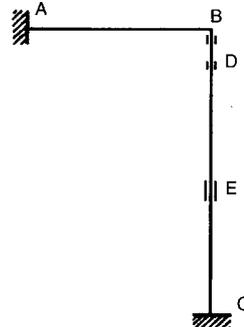
#### ANCORAGENS (Casos de emprego):

1. Subdivisão de linhas longas.
2. Tubulações com juntas de expansão.
3. Limites de áreas.
4. Subdivisão de sistemas complexos.
5. Estações de válvulas de controle.
6. Tubulações de ponta e bolsa.
7. Isolar vibrações
8. Válvulas de segurança

NÃO SE DEVE COLOCAR ANCORAGENS PRÓXIMAS DE BOCAIS DE VASOS E EQUIPAMENTOS

#### GUIAS (Casos de emprego):

1. Trechos retos e longos.
2. Proteção de equipamentos e outros pontos fracos.
3. Orientação de dilatações (juntas de expansão)
4. Estações de válvulas de controle



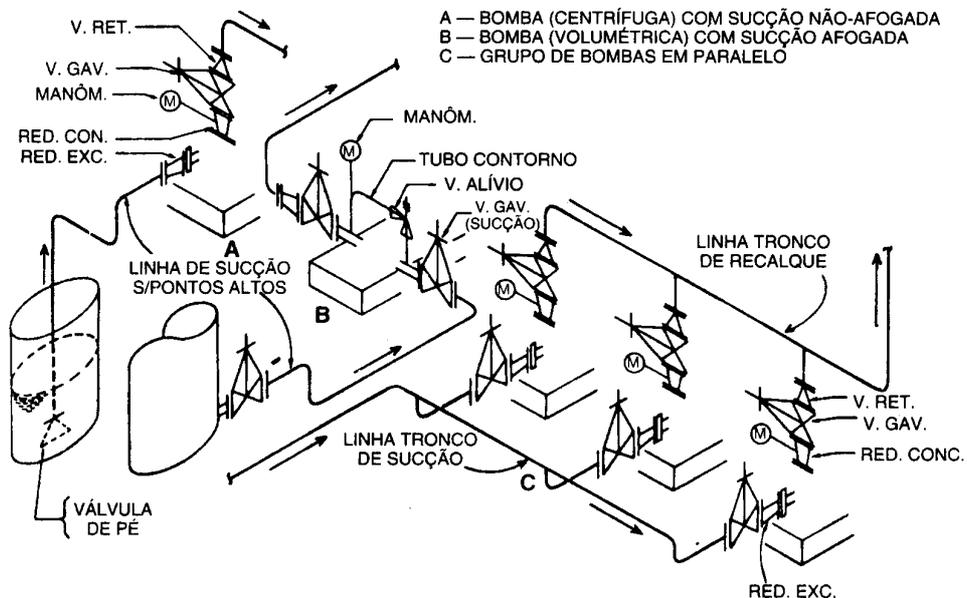
NÃO SE DEVE COLOCAR GUIAS PRÓXIMO DE PONTOS DE MUDANÇA DE DIREÇÃO

**BATENTES** → São utilizados para proteção de pontos fracos e orientação das dilatações

## SISTEMAS ESPECIAIS DE TUBULAÇÕES

### 1 – Tubulações para bombas

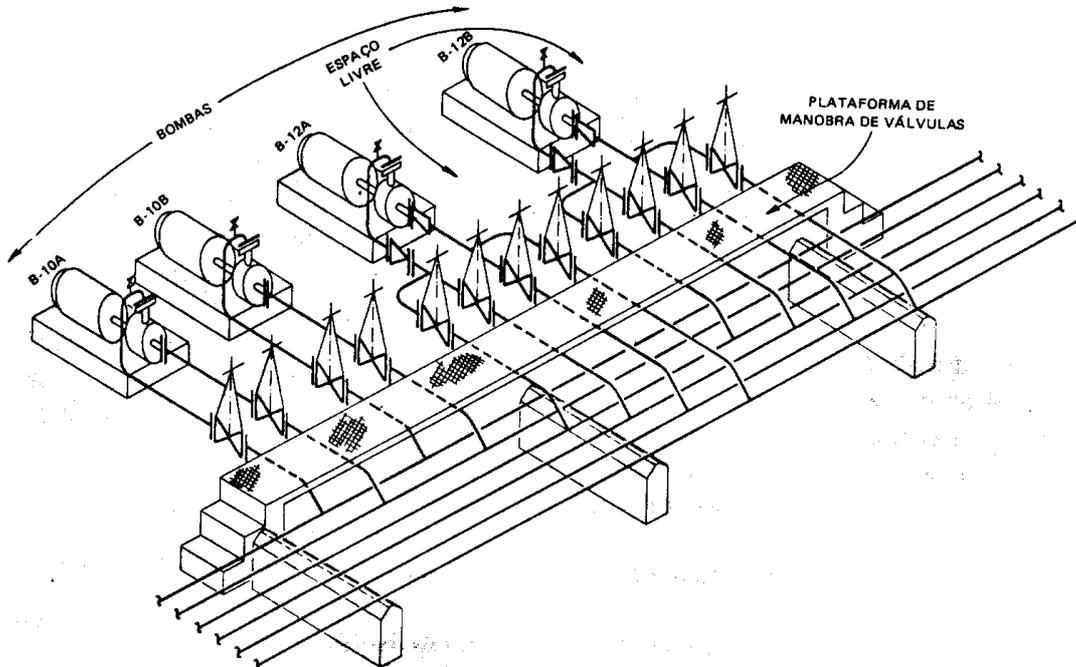
- TUBULAÇÕES DE SUCCÃO**
- Evitar pontos altos para não formar bolhas.
  - Ter a menor perda de carga possível (*usar  $\varnothing > \text{que o do bocal}$* ).
  - Quando houver sucção dupla, os ramais devem ser exatamente iguais.
  - Utilizar filtros provisórios
  - Normalmente os defeitos de funcionamento das bombas é relacionado com problemas da tubulação de sucção.
- TUBULAÇÕES DE RECALQUE**
- A geometria da tubulação tem pouca influência no funcionamento da bomba.
  - Colocar manômetros antes das válvulas de bloqueio



### COLOCAÇÃO DE VÁLVULAS JUNTO ÀS BOMBAS

- Bombas volumétricas (*pistão, engrenagem*) → Colocação de válvula de alívio
- Bombas com sucção afogada ou bombas em paralelo com a mesma linha tronco → Colocação de válvula de bloqueio junto à entrada da bomba.
- Bomba com sucção não afogada → Colocação de válvula de retenção na extremidade da linha de sucção.
- Tubulações de recalque (*qualquer caso*) → Colocação de válvula de bloqueio na saída da bomba
- Tubulações de recalque para um nível estático mais elevado ou bombas em paralelo. → Colocação de válvula de retenção na saída da bomba, além da válvula de bloqueio

## 2 – Tubulações para um grupo de bombas



ARRANJO TÍPICO PARA UM GRUPO DE BOMBAS

É IMPORTANTE HAVER ÁREAS LIVRES PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO EM VOLTA DAS BOMBAS.

O PESO DA TUBULAÇÃO NÃO DEVE FICAR SOBRE A BOMBA.

QUANDO HOVER POSSIBILIDADE DE CONTAMINAÇÃO RECÍPROCA, EM BOMBAS DESTINADAS A TRABALHAR COM DOIS FLUIDOS DEVE UM SISTEMA DE DRENAGEM E LIMPEZA DAS BOMBAS E TUBULAÇÕES ADJACENTES.

BOMBAS QUE TRABALHAM EM TEMPERATURAS SUPERIORES A 200 °C E QUE FICAM PARADAS POR MUITO TEMPO (*bombas de reserva*) DEVEM TER UM SISTEMA DE AQUECIMENTO. (*normalmente é feito com o próprio fluido através de interligações de Ø pequeno*)

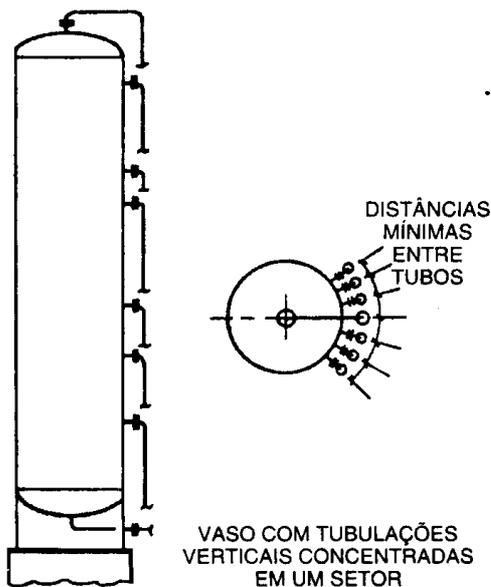
### 3 – Tubulações para tanques, vasos e outros reservatórios

TEM QUE EXISTIR VÁLVULA DE BLOQUEIO EM TODAS AS TUBULAÇÕES LIGADAS A VASOS, TANQUES OU RESERVATÓRIOS E QUE ESTEJAM ABAIXO DO NÍVEL DE LÍQUIDO NO RESERVATÓRIO.

NAS TUBULAÇÕES DE SERVIÇO (*vapor de lavagem etc.*), INDEPENDENTE DA POSIÇÃO DE ENTRADA NO VASO, DEVE HAVER UMA VÁLVULA DE BLOQUEIO PRÓXIMA AO BOCAL DE CONEXÃO.

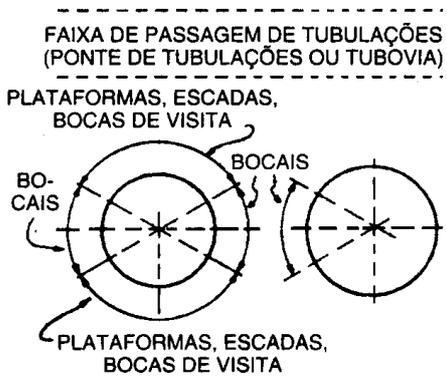
**NÃO PODE HAVER VÁLVULAS DE BLOQUEIO**

- 1 – Na saída de gases no topo dos equipamentos
- 2 – Nas tubulações de refluxos circulantes
- 3 – Em tubulações ligadas às válvulas de segurança



AS TUBULAÇÕES VERTICAIS SÃO SUSTENTADAS PELO PRÓPRIO EQUIPAMENTO.

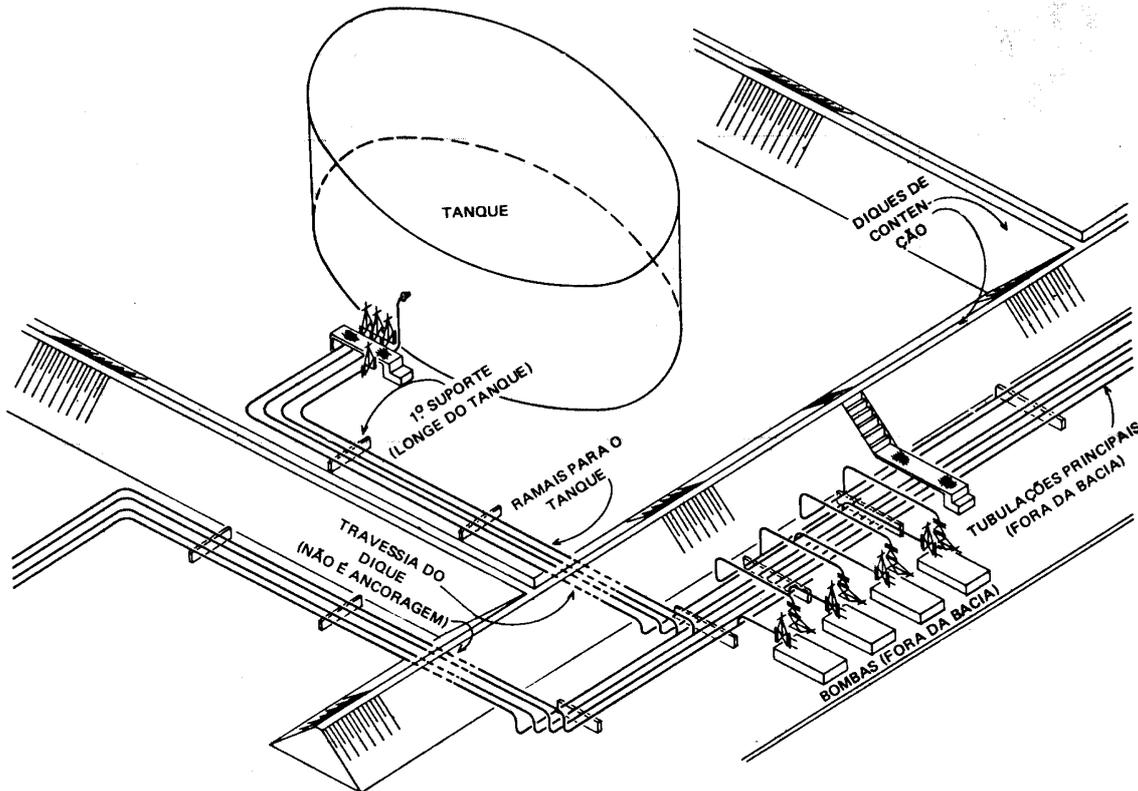
OS BOCAIS DEVEM SER CONCENTRADOS EM SETORES ANGULARES PARA FACILITAR A COLOCAÇÃO DE BOCAS DE VISITA, ESCADAS, PLATAFORMAS ETC.



PARA TORRES, VASOS, REATORES ETC., DE GRANDE PORTE DEVE SER DEIXADO UMA FOLGA MÍNIMA DE 30 CM ENTRE A PAREDE DO VASO E A TUBULAÇÃO

#### 4 – Tubulações em áreas de armazenagem de líquidos combustíveis ou inflamáveis

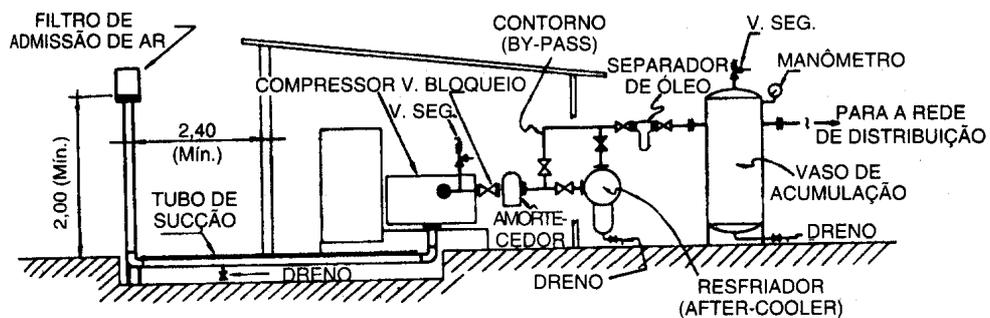
OS LÍQUIDOS COMBUSTÍVEIS SÃO ARMAZENADOS EM TANQUES CIRCUNDADOS POR DIQUES FORMANDO BACIAS DE CONTENÇÃO.



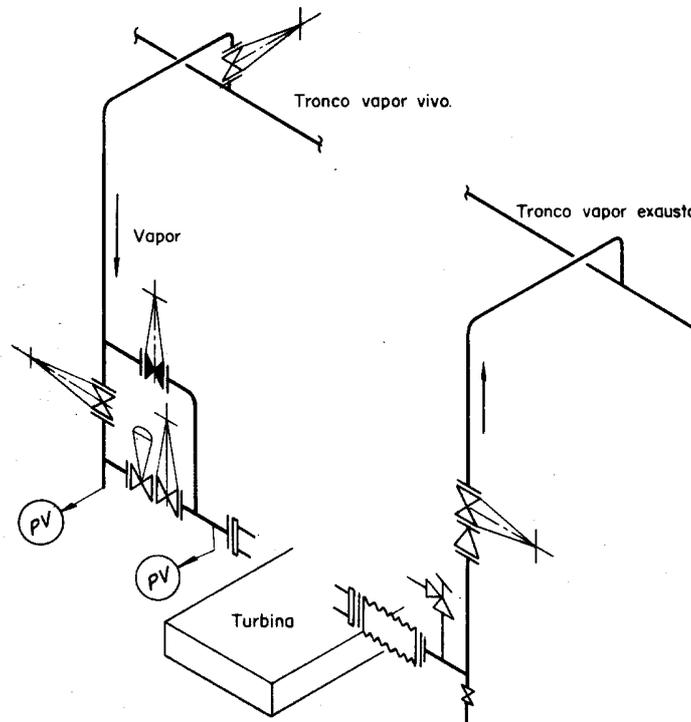
EXCEÇÃO FEITA ÀS VÁLVULAS JUNTOS AOS BOCAIS DOS TANQUES, NA BACIA DO DIQUE NÃO DEVE HAVER EQUIPAMENTOS QUE EXIJAM MANUTENÇÃO.

VERIFICAR AS POSSIBILIDADES DE RECALQUE DO TERRENO PARA EVITAR FUTUROS ESFORÇOS NAS TUBULAÇÕES.

#### 5 – Tubulações para compressores



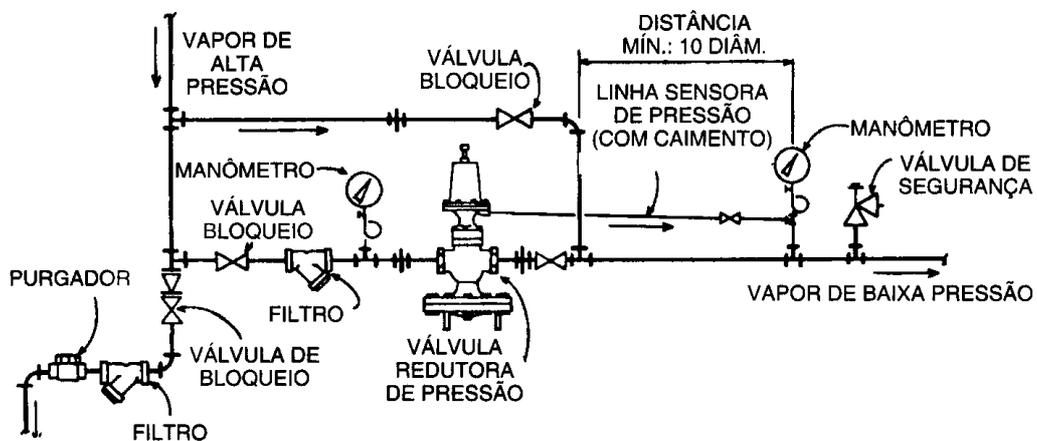
6 – Tubulações para turbinas



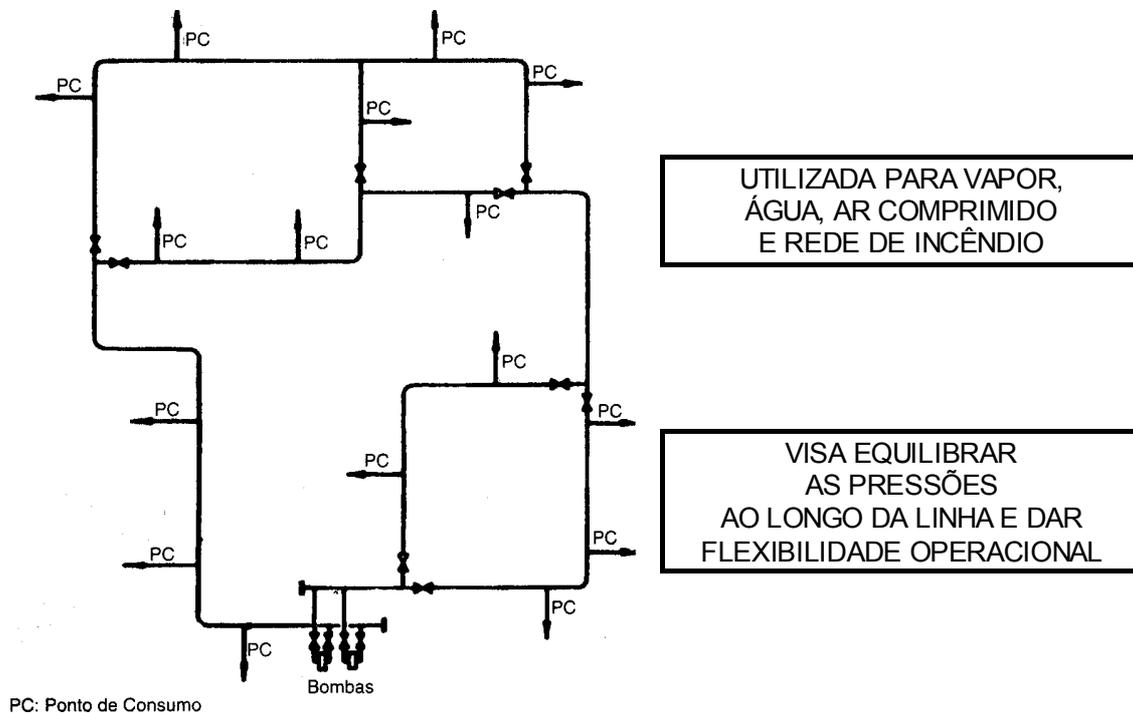
7 – Tubulações com fluxo por gravidade ou por termossifão

DEVE SER EVITADO PONTOS ALTOS E PONTOS BAIXOS

8 – Estação de redução de pressão de vapor



## 9 – Tubulações de distribuição – ( ANEL OU MALHA )

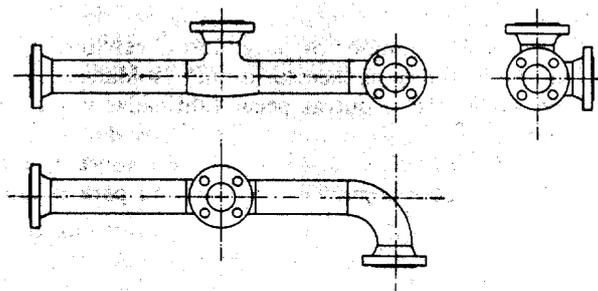


## MONTAGEM DE TUBULAÇÕES

**A montagem de tubulações é um problema diretamente ligado à engenharia mecânica e assim sendo, faremos apenas observações sobre cuidados que devem ser observados para não comprometer a tubulação.**

A montagem é feita a partir de desenhos (*isométricos e plantas*) seguindo a lista de especificações de montagem e de inspeção.

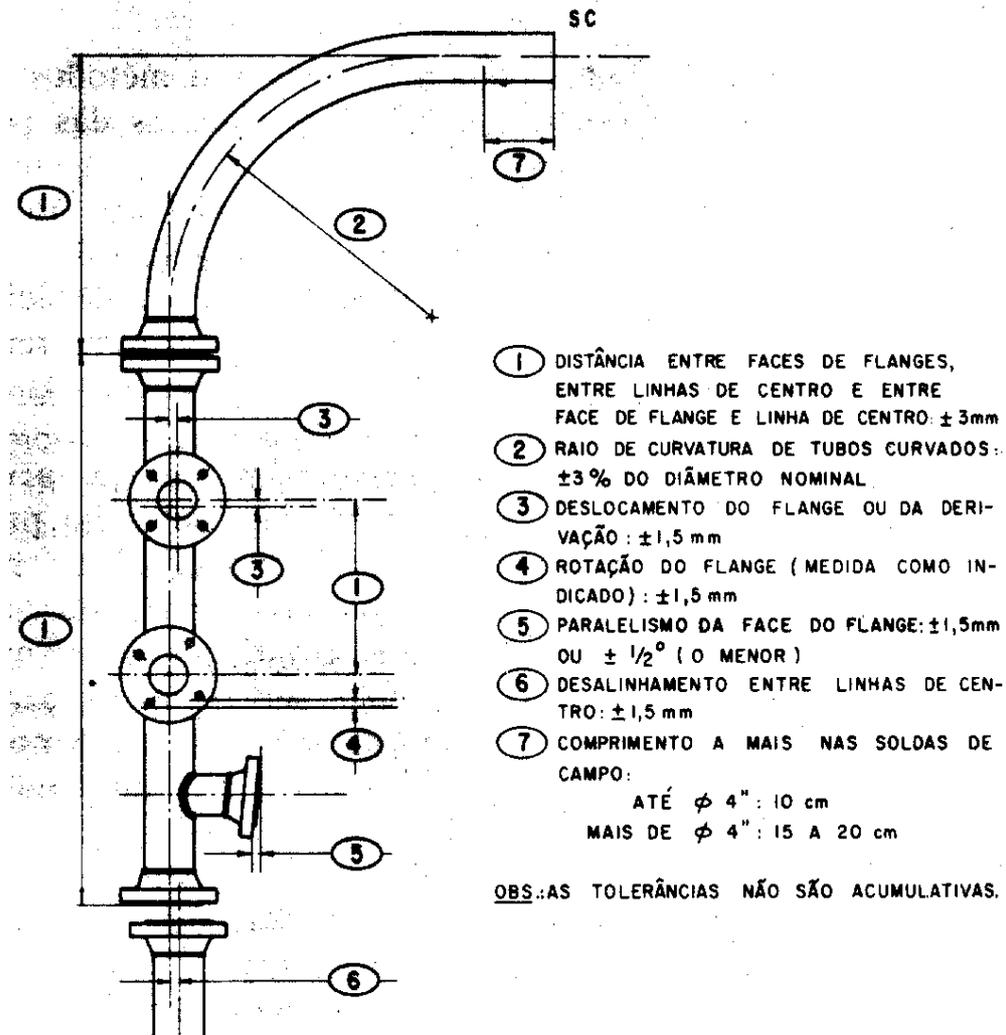
As listas de especificações devem discriminar as normas e exigências adicionais de recebimento, preparação, montagem, soldagem, armazenagem etc. de todo o material que compõe as tubulações.



Os flanges devem ser montados de modo que os furos sempre estejam simetricamente distribuídos em relação aos eixos vertical e horizontal do flange.

Para evitar danos nas faces dos flanges, antes, durante e depois da montagem os flanges são cobertos com madeira ou material de resistência equivalente.

Tolerâncias de montagem ou pré-montagem



Antes de iniciar qualquer serviço de soldagem em tubulações de responsabilidade deve ser feita a qualificação de todos os procedimentos de soldagem e de todos os soldadores.

Não se deve fazer nenhuma solda debaixo de chuva, nevoeiro ou de vento forte.

Os pontos de solda para fixação prévia de tubos, curvas, flanges etc. devem ser feitos por soldadores qualificados e com os mesmos cuidados das soldas definitivas.

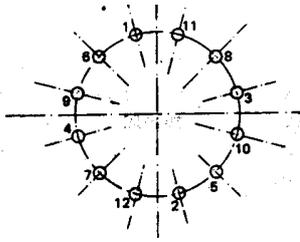
Todas as soldas de tubulação, depois de completadas, devem ser submetidas a exames não destrutivos para a verificação de possíveis defeitos.

Antes do início da montagem das tubulações devem ser instalados todos os equipamentos (*vasos, tanques, reatores, trocadores de calor, bombas etc.*)

**ARMAZENAGEM**  
(feita em local aberto)  
**E MANUSEIO**

- Tomar precauções para não entrar terra nas varas de tubo quando elas estão sendo arrastadas.
- As válvulas devem ter os bocais tamponados e armazenadas fechadas com a haste para cima.
- Cuidado para não provocar danos nos tubos e peças com revestimento de proteção.

NAS MONTAGENS DE TUBULAÇÕES É NECESSÁRIO QUE SEJA OBSERVADO COM O MAIOR RIGOR POSSÍVEL O ALINHAMENTO ENTRE AS VARAS DE TUBO E AS PEÇAS PRÉ-MONTADAS.

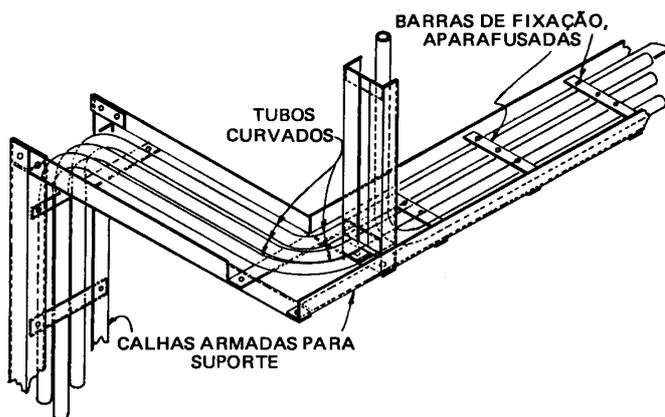


O aperto dos flanges deve ser feito por igual, pelos parafusos diametralmente opostos, até a tensão recomendada

Não se deve tentar corrigir desalinhamentos dos flanges pelo aperto excessivo dos parafusos.

As juntas de expansão devem ser montadas protegidas e mantidas travadas até a conclusão do teste hidrostático da tubulação.

As ancoragens só devem ser soldadas após a conclusão de toda a montagem e alinhamento das tubulações, porém antes do teste hidrostático.



As tubulações de instrumentação são instaladas em calhas especiais (*de chapa dobrada ou de plástico*).

As calhas são montadas nos suportes das tubulações de processo.

A montagem de tubos com ponta e bolsa nos trechos com forte declive, as bolsas sempre devem estar voltadas para o ponto alto da linha

## LIMPEZA DAS TUBULAÇÕES

APÓS O TÉRMINO DA MONTAGEM É NECESSÁRIO FAZER A LIMPEZA DAS TUBULAÇÕES PARA RETIRAR DEPÓSITOS DE FERRUGEM, PONTAS DE ELETRODO, RESPINGOS DE SOLDA, POEIRAS E OUTROS DETRITOS.

**A LIMPEZA GERALMENTE É FEITA COM ÁGUA E DEVEM SER COLOCADOS FILTROS PROVISÓRIOS NA ENTRADA DE BOMBAS, MEDIDORES, E OUTROS EQUIPAMENTOS.**  
(para tubulações de aço inoxidáveis a água pode ter no máximo 30 ppm de cloretos)

QUANDO A NECESSIDADE DO SERVIÇO EXIGIR PODE-SE RECORRER A LIMPEZAS MECÂNICAS OU QUÍMICAS.

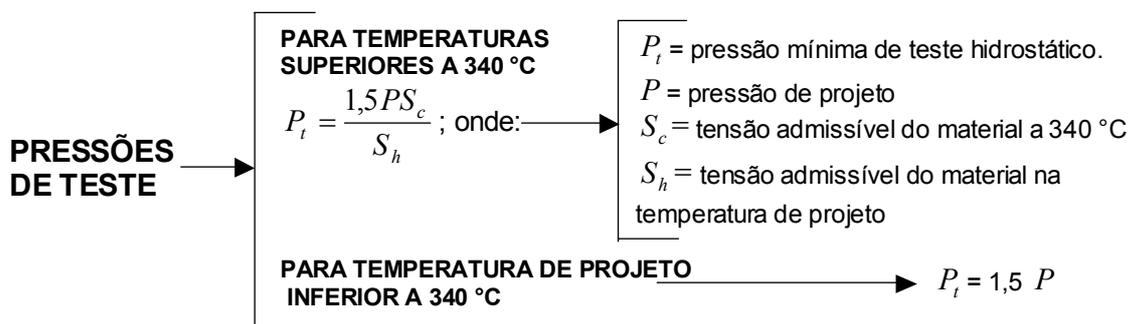
ANTES DA LIMPEZA DEVEM SER RETIRADAS DA TUBULAÇÃO AS VÁLVULAS DE RETENÇÃO E DE CONTROLE, AS PLACAS DE ORIFÍCIO E TAMBÉM AS VÁLVULAS DE SEGURANÇA E DE ALÍVIO.

AS TUBULAÇÕES DESTINADAS A ÁGUA POTÁVEL DEVEM SOFRER DESINFECÇÃO FEITA COM SOLUÇÃO COM NO MÍNIMO 50 MG/LITRO DE CLORO.

## TESTE DE PRESSÃO EM TUBULAÇÕES

NA GRANDE MAIORIA DOS CASOS O TESTE É FEITO POR PRESSÃO DE ÁGUA (*teste hidrostático*); E EM ALGUNS CASOS ESPECIAIS COM AR COMPRIMIDO.

*Um dos casos de utilização de ar comprimido é em tubulações de grande diâmetro para gases, cujos suportes não suportariam o peso da água do teste.*



A PRESSÃO DE TESTE COM AR COMPRIMIDO DEVERÁ SER 10% ACIMA DA PRESSÃO DE PROJETO.

O MENOR VALOR PARA PRESSÃO DE TESTE DEVE SER 0,1 MPa ( $\cong 1 \text{ kgf/cm}^2$ )

**QUALQUER QUE SEJA  
O TIPO DE TESTE DE PRESSÃO,  
O MESMO SÓ DEVE  
SER REALIZADO:**

Pelo menos 48 horas depois de completada a última soldagem  
Depois de todos os tratamentos térmicos.  
Antes da pintura ou de aplicação de qualquer revestimento

**PREPARAÇÃO  
PARA O TESTE  
DE PRESSÃO**

- 1 – Todo o sistema de tubulações deve ser subdividido em seções (*utilizar, raquetas, flanges cegos, tampões, bujões etc.*)
- 2 – As placas de orifício e todas as outras restrições de fluxo devem ser retiradas.
- 3 – Todas as válvulas devem ser completamente abertas ou travadas abertas (*válvulas de controle, retenção etc.*).
- 4 – As válvulas de bloqueio das ramais para instrumentos devem ser fechadas.
- 5 – As válvulas de segurança devem ser removidas.
- 6 – Os instrumentos e outros equipamentos que não possam ser submetidos à pressão de teste devem ser retirados.
- 7 – As juntas de expansão de fole devem ser escoradas para evitar a deformação do fole.
- 8 – Todas as soldas, roscas e quaisquer outras ligações da tubulação devem ser deixadas expostas.
- 9 – Todas as emendas em tubos enterrados devem ficar expostas.

**AO ENCHER A TUBULAÇÃO DE ÁGUA DEVE-SE ABRIR TODOS OS RESPIROS  
PARA PURGA DO AR**

**RECOMENDAÇÕES  
PARA O TESTE  
COM AR COMPRIMIDO**

- 1 – Testar preliminarmente com uma pressão máxima de 0,18 MPa ( $\cong 1,8 \text{ kgf/cm}^2$ )
- 2 – Subir vagarosamente a pressão a até 50% do valor final e verificar com água e sabão se há vazamentos nas juntas.
- 3 – Repete-se o mesmo procedimento para 75% e para 100% da pressão de teste.
- 4 – Toda a área em volta da tubulação deve ser interdita e os teste devem ser acompanhados de longe sem que ninguém se aproxime das tubulações.

## ESTIMATIVA DE SERVIÇOS DE TUBULAÇÃO

### FATORES QUE INTERFEREM NO TEMPO E NO CUSTO DO SERVIÇO

- Trabalho único ou feito em série.
- Trabalho na oficina ou no campo.
- Competência dos profissionais e qualidade da supervisão.
- Ferramentas e equipamentos adequados em qualidade e em quantidade.
- Facilidade de obtenção dos materiais e de transporte.
- Serviço feito de dia ou a noite, em horário normal ou em horas extras.
- Serviço feito em local abrigado ou sujeito a sol, chuva e vento.

### O SERVIÇO DE CAMPO AINDA SERÁ INFLUENCIADO POR:

- Instalação nova ou já em operação.
- Local de fácil ou de difícil acesso.
- Maior ou menor grau de insalubridade e periculosidade.

A MENOR OU MAIOR PRECISÃO DE ESTIMATIVA DEPENDERÁ DA PRÁTICA DE QUEM ANALISA OS FATORES DE INFLUÊNCIA EXISTENTES E DA SENSIBILIDADE PARA AVALIAR A IMPORTÂNCIA DE CADA UM DELES.

QUANTIDADE DE HOMENS HORA PARA SERVIÇOS DE TUBULAÇÃO									
Diâmetro Nominal	Tubo corrido por m		Soldas de topo		Ligações flangeadas		Válvulas flangeadas		Ligações rosqueadas
	Série 40	Série 80	Série 40	Série 80	150 #	300 #	150 #	300 #	
$\frac{3}{4}$	0,21	0,24	-	-	-	-	-	-	0,4
1	0,24	0,27	-	-	-	-	-	-	0,5
1 ½	0,30	0,38	1,1	1,3	1,5	1,7	0,5	0,7	0,8
2	0,39	0,45	1,3	1,5	1,7	2,0	0,6	0,8	1,2
3	0,61	0,75	2,0	2,2	2,0	2,3	0,8	1,0	-
4	0,81	0,99	2,5	2,8	2,2	2,6	1,0	1,3	-
6	1,17	1,56	3,3	4,0	2,5	3,0	1,5	2,0	-
8	1,56	2,04	4,0	5,0	2,7	3,2	2,0	2,5	-
10	1,98	2,54	5,0	6,0	3,0	3,5	2,5	3,3	-
12	2,28	2,70	6,5	7,8	3,2	3,7	3,0	4,0	-
14	2,40	3,00	7,2	8,5	3,3	4,0	3,6	4,9	-
16	2,70	3,30	7,8	9,0	3,5	4,2	4,3	6,0	-
18	3,00	3,55	9,0	10,2	3,7	4,4	5,0	7,2	-
20	3,25	3,75	10,0	12,0	4,0	4,6	5,8	8,4	-
24	3,60	4,10	12,0	14,5	4,2	4,8	7,0	9,6	-

Os dados desta tabela baseia-se em valores médios, onde o serviço é feito no campo, em local de acesso razoável e onde existem recursos adequados de mão de obra, transporte e materiais de almoxarifado. A tabela aplica-se somente a serviços diurnos e em horário normal

## AULA 7

Referente aos Capítulos 11,12 e 15 do Livro Texto

# *AULA 8*

*Volume I do Livro Texto*

## **CONTEÚDO:**

- *Capítulo 13*

*Desenhos de Tubulações*

- *Capítulo 14*

*Projeto de Tubulações.*

# DESENHOS DE TUBULAÇÕES

## IDENTIFICAÇÃO DAS TUBULAÇÕES, VASOS, EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS

EM TODAS AS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS DEVE EXISTIR UM SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO PARA TODAS AS TUBULAÇÕES, VASOS, EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS.

A IDENTIFICAÇÃO É UTILIZADA NA FASE DE PROJETO E MONTAGEM E TAMBÉM POSTERIORMENTE PARA CONTROLE DA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

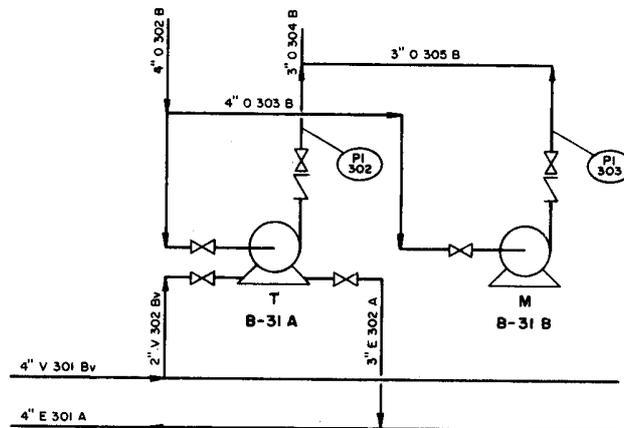
Exemplo para tubulações  
8" V 453 Ac

- 8" – Diâmetro nominal
- V – Classe de fluido (*vapor*)
- 453 – Número de ordem da linha (*dentro de cada área*)
- Ac – Sigla indicativa da especificação do material do tubo

A numeração da tubulação costuma ser feita com séries numéricas diferentes para cada classe de fluido e cada área.

A IDENTIFICAÇÃO DE VASOS E EQUIPAMENTOS NORMALMENTE É FEITA ADOTANDO-SE PARA CADA TIPO E PARA CADA ÁREA UMA SÉRIE NUMÉRICA DIFERENTE PRECEDIDA DE LETRAS INDICATIVAS.

ÁREA 1	ÁREA 2	QUANDO SE TEM MAIS DE UM EQUIPAMENTO EXECUTANDO O MESMO SERVIÇO UTILIZA-SE MAIS UMA LETRA: B-101A, B-101B
Bombas: B-101, B-102	Bombas: B-201, B-202	
Permutadores: P-101, P-102	Torres: T-201, T-202, T-203	
Tanques: TQ-101, TQ-102	Vasos: V-201, V-202, V-203	



A PADRONIZAÇÃO É FEITA POR NORMAS INTERNAS DA PRÓPRIA EMPRESA.

A IDENTIFICAÇÃO DE VÁLVULAS DE CONTROLE E INSTRUMENTOS É FEITA COM SÉRIES NUMÉRICAS PARA CADA TIPO EM CADA ÁREA ASSOCIADAS ÀS SIGLAS ESTABELECIDAS PELAS NORMAS ISA (*Instrumentation Society of América*)

SIGLAS CONVENCIONAIS MAIS UTILIZADAS		
SIGLA	DENOMINAÇÃO	
	Inglês	Português
FC	Flow controller	Controlador de fluxo
FCV	Flow control valve	Válvula controladora de fluxo
FM	Flow meter	Medidor de fluxo
FRC	Flow record controller	Controlador registrador de fluxo
FRCV	Flow record control valve	Válvula controladora registradora de fluxo
G	Gauge – pressure gauge	Manômetro
HCV	Hand control valve	Válvula de controle manual
LC	Level controller	Controlador de nível
LCV	Level control valve	Válvula controladora de nível
LI	Level indicator	Indicador de nível
LRC	Level record controller	Controlador registrador de nível
LRCV	Level record control valve	Válvula controladora registradora de nível
OF	Orifice flange	Flanges com placa de orifício
PC	Pressure controller	Controlador de pressão
PCV	Pressure control valve	Válvula controladora de pressão
PdCV	Pressure-differential control valve	Válvula controladora de pressão diferencial
PI	Pressure indicator	Indicador de pressão ( <i>manômetro</i> )
PRC	Pressure record controller	Controlador registrador de pressão
PRCV	Pressure record control valve	Válvula controladora registradora de pressão
PSV	Pressure safety valve	Válvula de segurança de pressão
RV	Relief valve	Válvula de alívio
TA	Temperature alarm	Alarme de temperatura
TC	Temperature controller	Controlador de temperatura
TCV	Temperature control valve	Válvula controladora de temperatura
TI ou ThI	Temperature indicator	Indicador de temperatura ( <i>termômetro</i> )
TRC	Temperatura record controller	Controlador registrador de temperatura
TRCV	Temperature record control valve	Válvula controladora registradora de temperatura
TW	Temperature well	Poço para termômetro
WR	Weight record	Registrador de peso

#### ABREVIATURAS E CONVENÇÕES DE INSTRUMENTOS – ANEXO 1 – AULA 8

#### TIPOS DE DESENHOS DE TUBULAÇÕES

- 1 – Fluxogramas.
- 2 – Plantas de tubulações.
- 3 – Desenhos isométricos.
- 4 – Desenho de detalhes e de fabricação, desenhos de suportes, folhas de dados etc..

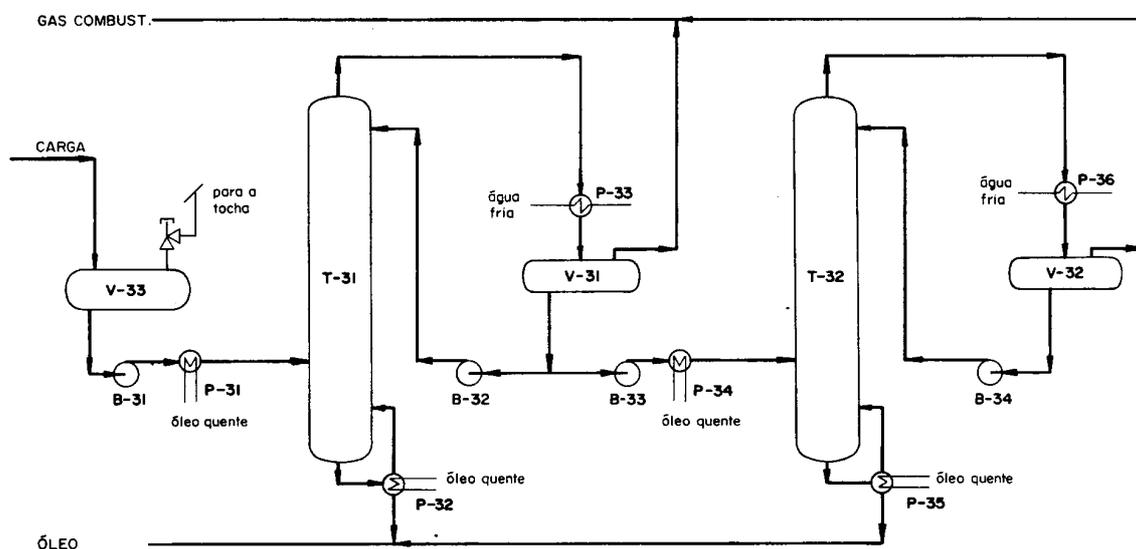
## FLUXOGRAMAS

SÃO DESENHOS ESQUEMÁTICOS, SEM ESCALA,  
QUE MOSTRAM O FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA.

### 1 – Fluxogramas de processos

Elaborados pela equipe de processo, na fase inicial do projeto, e devem conter:

- Todos os vasos, torres, reatores, tanques etc., com a indicação de suas características básicas.
- Todos os equipamentos importantes (*bombas, compressores, permutadores de calor*) com seus dados principais: tipo, vazão, temperatura, pressão etc.
- As principais tubulações com a indicação do fluido conduzido e do sentido do fluxo
- Os principais instrumentos



Torres e Vasos	T-31	T-32	V-31	V-32	V-33
Pres. oper. (MPa)	1,0	1,43	0,95	1,37	0,6
Temp. oper. (°C)	140	96	40	40	40
Comprimento (m)	14,50	13,00	6,50	5,30	5,20
Diâmetro (m)	1,40	1,20	2,60	2,60	2,50
Serviço	Debutanizadora	Separ. C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub>	Tamb. Refluxo	Tamb. Refluxo	Tamb. de "flash"

Permutadores	P-31	P-32	P-33	P-34	P-35	P-36
Pres. oper. (MPa)	1,02	1,00	1,00	1,45	1,43	1,40
Temp. oper. (°C)	66	75	55	61	70	50
Troca de Calor (Kcal/h)	520.000	830.000	1.200.000	250.000	700.000	530.000
Serviço	Aquecedor	Refervedor	Condensador	Aquecedor	Refervedor	Condensador

Bombas	B-31	B-32	B-33	B-34
Pressão de operação (MPa)	0,55	0,2	0,7	0,25
Temperatura de operação (°C)	48	46	46	46
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	75	18	50	13,5
Pressão diferencial (MPa)	1,0 – 0,6	1,0 – 0,95	1,43 – 0,95	1,43 – 1,37
Serviço	Carga fresca	Refluxo	Carga T-32	Refluxo

2 – Fluxogramas mecânicos ou de detalhamento

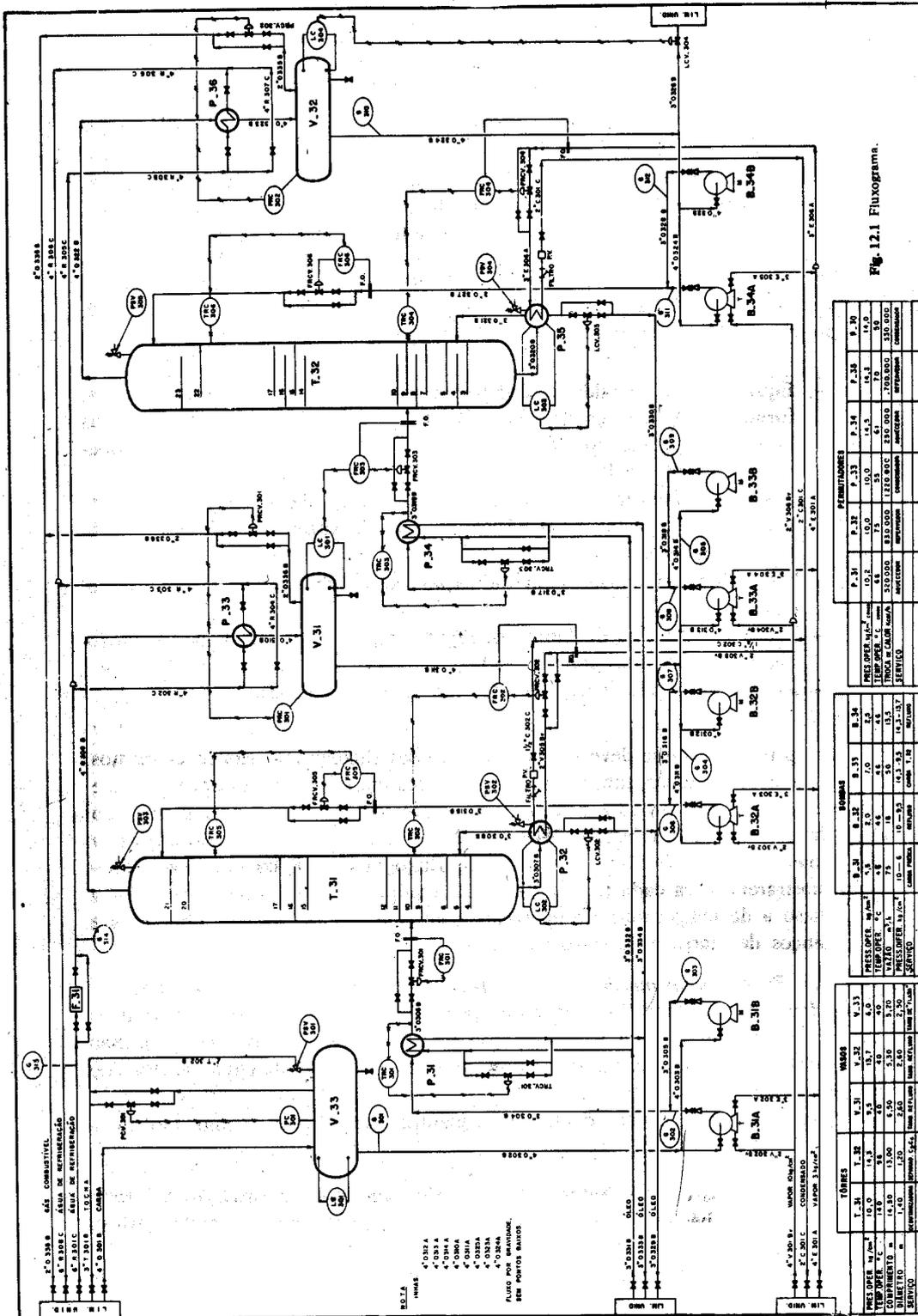


Fig. 12.1 Fluxograma.

OS FLUXOGRAMAS MECÂNICOS SÃO PREPARADOS PELA EQUIPE DE PROCESSO COM A COLABORAÇÃO DA EQUIPE DE PROJETO MECÂNICO.

OS FLUXOGRAMAS MECÂNICOS CONSTITUEM A BASE PARA A DESENVOLVIMENTO DE TODO O PROJETO DE TUBULAÇÕES.

ÁLEM DAS INFORMAÇÕES CONTIDAS NOS FLUXOGRAMAS DE PROCESSOS, OS FLUXOGRAMAS MECÂNICOS DEVERÃO CONTER:

- Todos os equipamentos, inclusive os de reserva.
- Todas as tubulações, principais, secundárias e auxiliares, com indicação de diâmetros, sentido de fluxo, caimentos, exigência de serviço etc.
- Todas as válvulas com indicação do tipo, tamanho etc.
- Todos os instrumentos, com indicação do tipo, tamanho, linhas de comando e respectivas ligações.

### CONVENÇÕES DE DESENHOS DE FLUXOGRAMA – ANEXO 2 – AULA8

NOS DESENHOS DE FLUXOGRAMAS AS TUBULAÇÕES DEVEM SER REPRESENTADAS POR LINHAS HORIZONTAIS OU VERTICAIS.  
(As linhas horizontais são contínuas e as verticais são interrompidas nos cruzamentos)

## PLANTAS DE TUBULAÇÕES

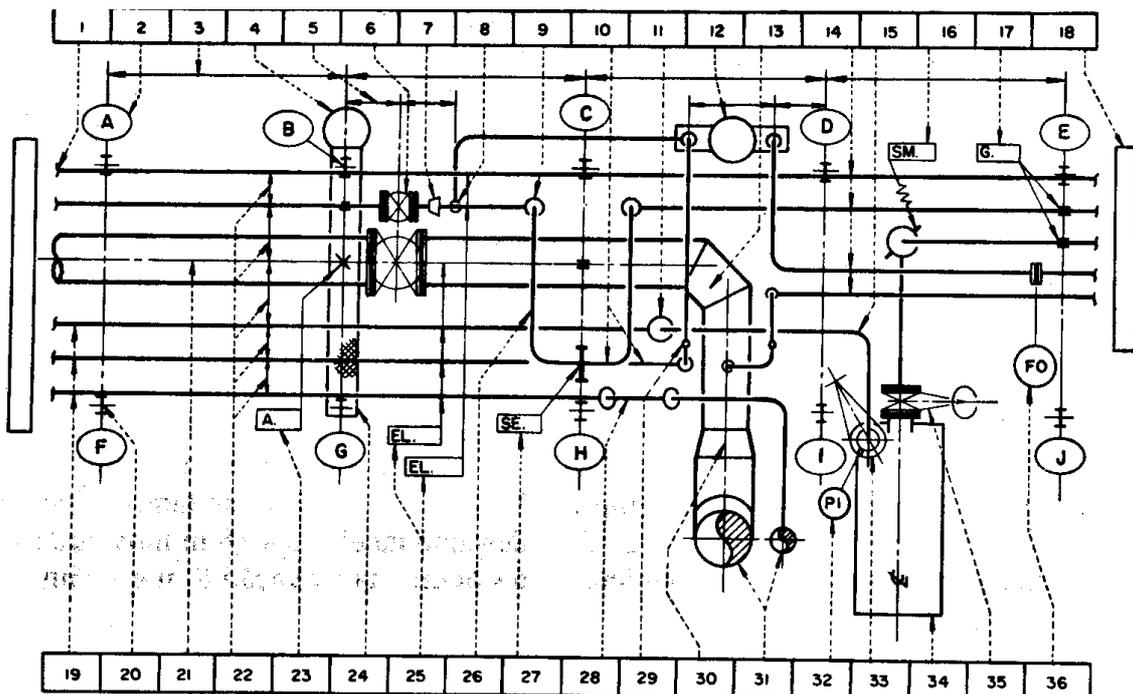
AS PLANTAS SÃO DESENHADAS EM ESCALA E MOSTRAM O ARRANJO FÍSICO DOS EQUIPAMENTOS COM TODAS AS TUBULAÇÕES.

AS PLANTAS DE TUBULAÇÕES DEVEM CONTER AS ELEVAÇÕES DE TODOS OS TUBOS (*exceto quando indicado ao contrário, sempre é indicada a elevação de fundo*) AS DISTÂNCIAS ENTRE OS TUBOS PARALELOS E TODAS AS COTAS DE MUDANÇA DE DIREÇÃO DOS TUBOS.

EM ÁREAS CONGESTIONADAS, SEMPRE QUE HOUVER NECESSIDADE, EXECUTAR-SE-ÃO VARIAS PLANTAS EM NÍVEIS DIFERENTES.

Álem das tubulações as plantas devem conter:

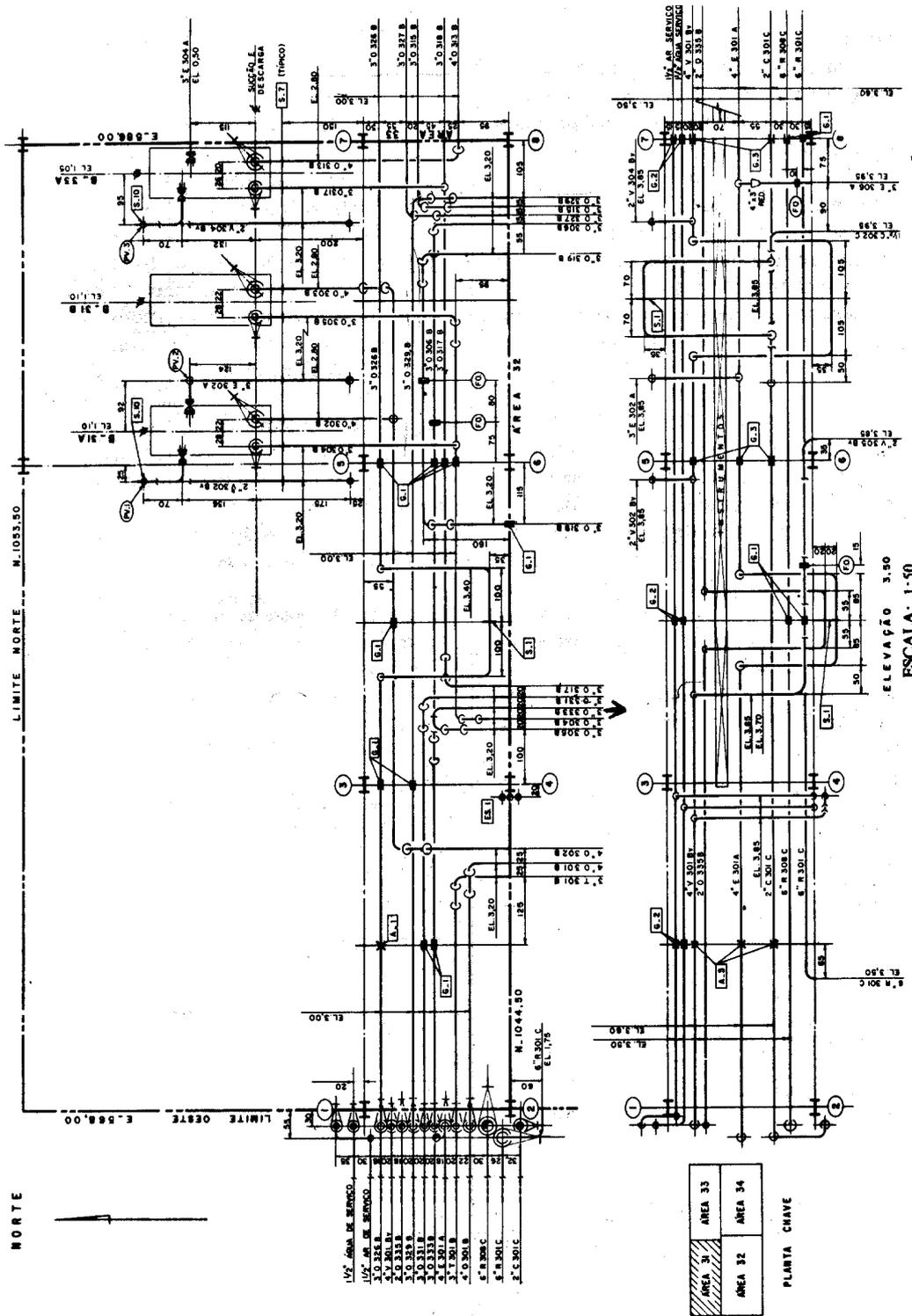
- Limites de áreas, limites do desenho, linhas de centro das ruas.
- Todas as construções existentes na área representada (*diques, taludes, valas de drenagem, bases de equipamentos, estruturas etc.*).
- Todos os suportes de tubulação.
- Todos os vasos e equipamentos e máquinas ligados às tubulações.
- Plataformas, passarelas, escadas de acesso etc..
- Todos os instrumentos, com identificação, indicação convencional e posição aproximada



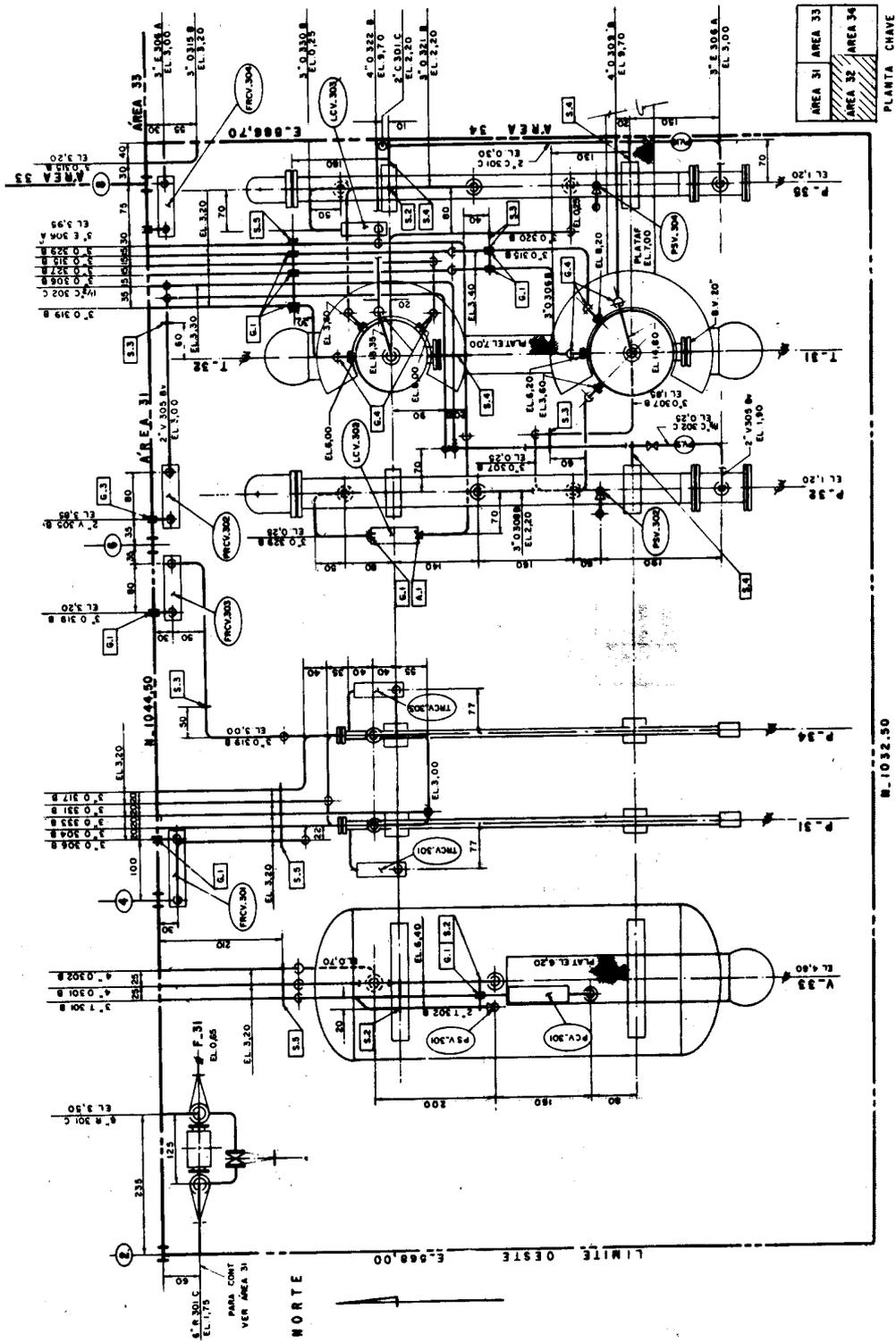
1	INTERRUPÇÃO DO TUBO	13	CURVA EM GOMOS	25	INDICAÇÃO DE ELEVÇÕES DOS TUBOS
2	IDENTIFICAÇÃO DO PILAR	14	GRUPO DE TUBOS PARALELOS	26	CURVA DE EXPANSÃO
3	COTA ENTRE PILARES	15	CURVA A 90° NO PLANO HORIZONTAL	27	SUPORE ESPECIAL
4	GUARDA CORPO DE ESCADA VERTICAL	16	SUPORE DE MOLAS	28	TRECHO INCLINADO NO PLANO VERTICAL
5	COTA DE ACESSÓRIO OU DERIVAÇÃO	17	GUIAS	29	RESPIRO
6	VÁLVULA COM HASTE VERTICAL	18	COORDENADA LIMITE E FOLHA DE CONTINUAÇÃO	30	REDUÇÃO EM LINHA DE GRANDE DIÂMETRO
7	REDUÇÃO EM LINHA DE PEQUENO DIÂMETRO	19	TUBOS DE PEQUENOS DIÂMETROS	31	TUBOS VERTICAIS SAINDO DO DESENHO (para cima)
8	DERIVAÇÃO PARA BAIXO	20	PILAR DE ESTRUTURA DO SUPORTE	32	INSTRUMENTOS
9	MUDANÇA DE DIREÇÃO E ELEVÇÃO	21	TUBOS DE GRANDE DIÂMETRO	33	VÁLVULA COM HASTE HORIZONTAL
10	DOIS TUBOS EM ELEVÇÕES DIFERENTES	22	ESPAÇAMENTO ENTRE TUBOS	34	EQUIPAMENTO
11	TRECHO VERTICAL	23	ANCORAGEM	35	VÁLVULA COM HASTE INCLINADA
12	VÁLVULA DE CONTROLE	24	PLATAFORMA ELEVADA	36	FLANGES COM PLACA DE ORIFÍCIO

**CONVENÇÕES DE DESENHOS DE PLANTAS – ANEXO 3 – AULA8**

UNIDADE "3" – PLANTA DAS TUBULAÇÕES – ÁREA 31

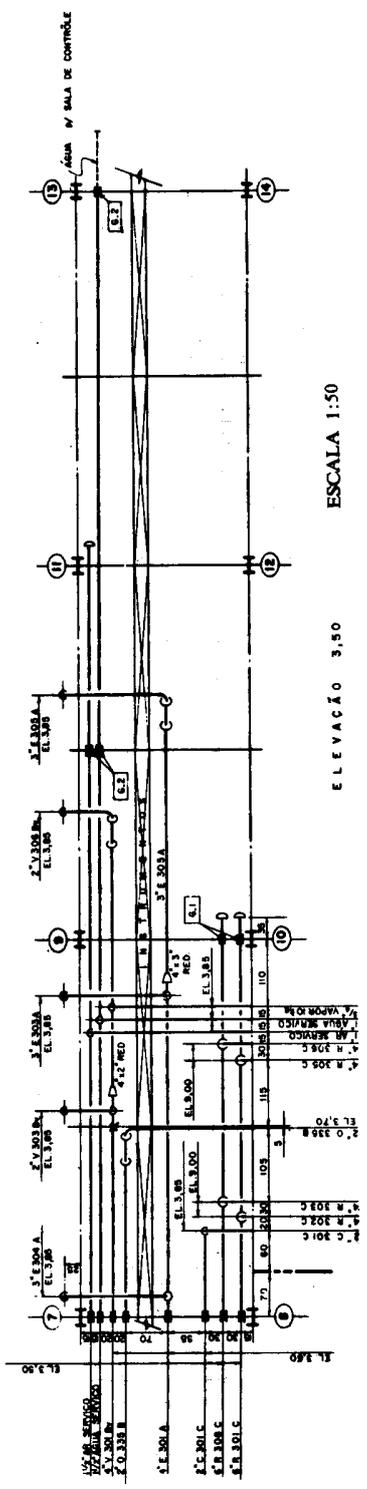
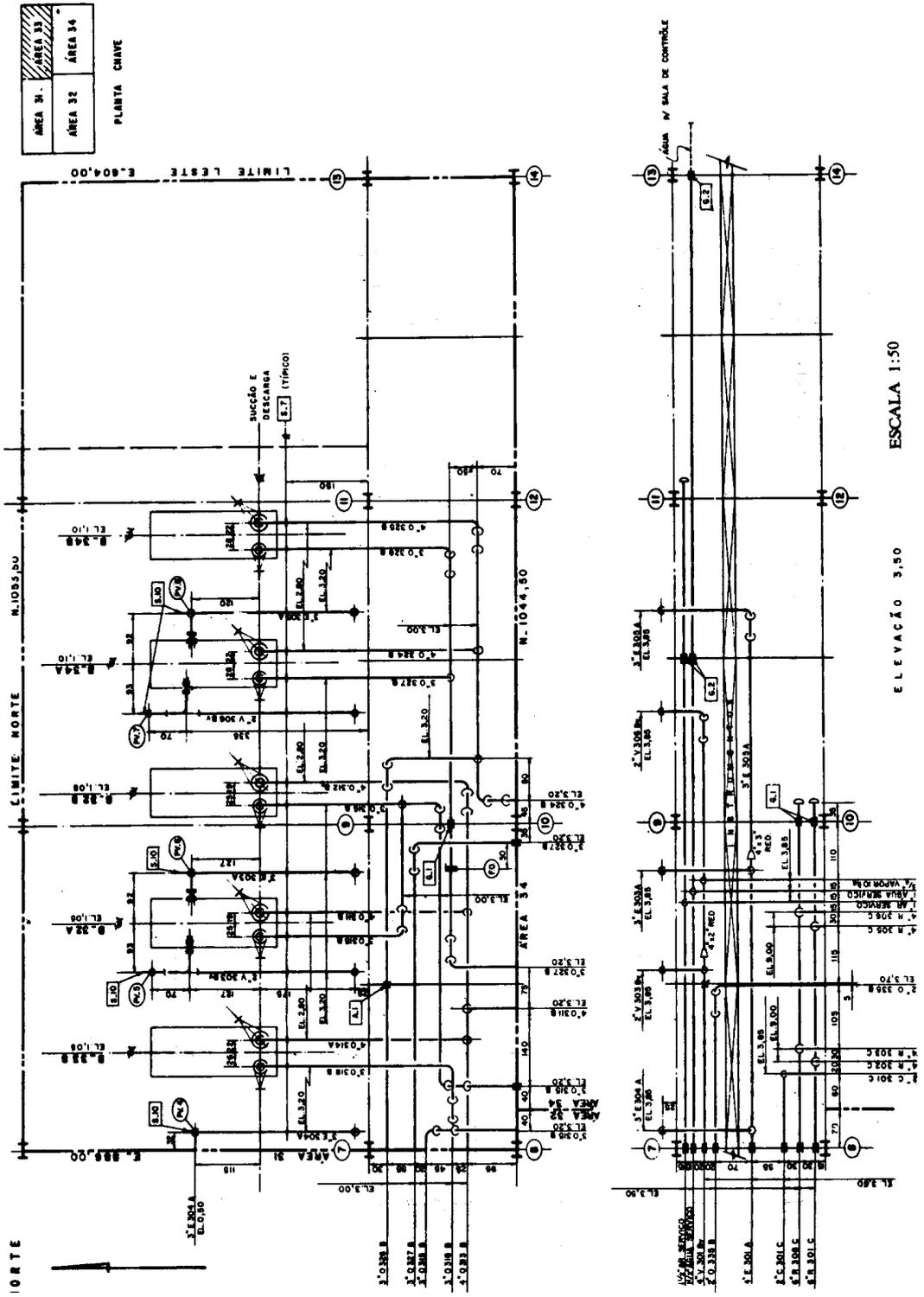


UNIDADE "3" - PLANTA DAS TUBULAÇÕES - ÁREA 32



B.1032.30  
ESCALA: 1:50

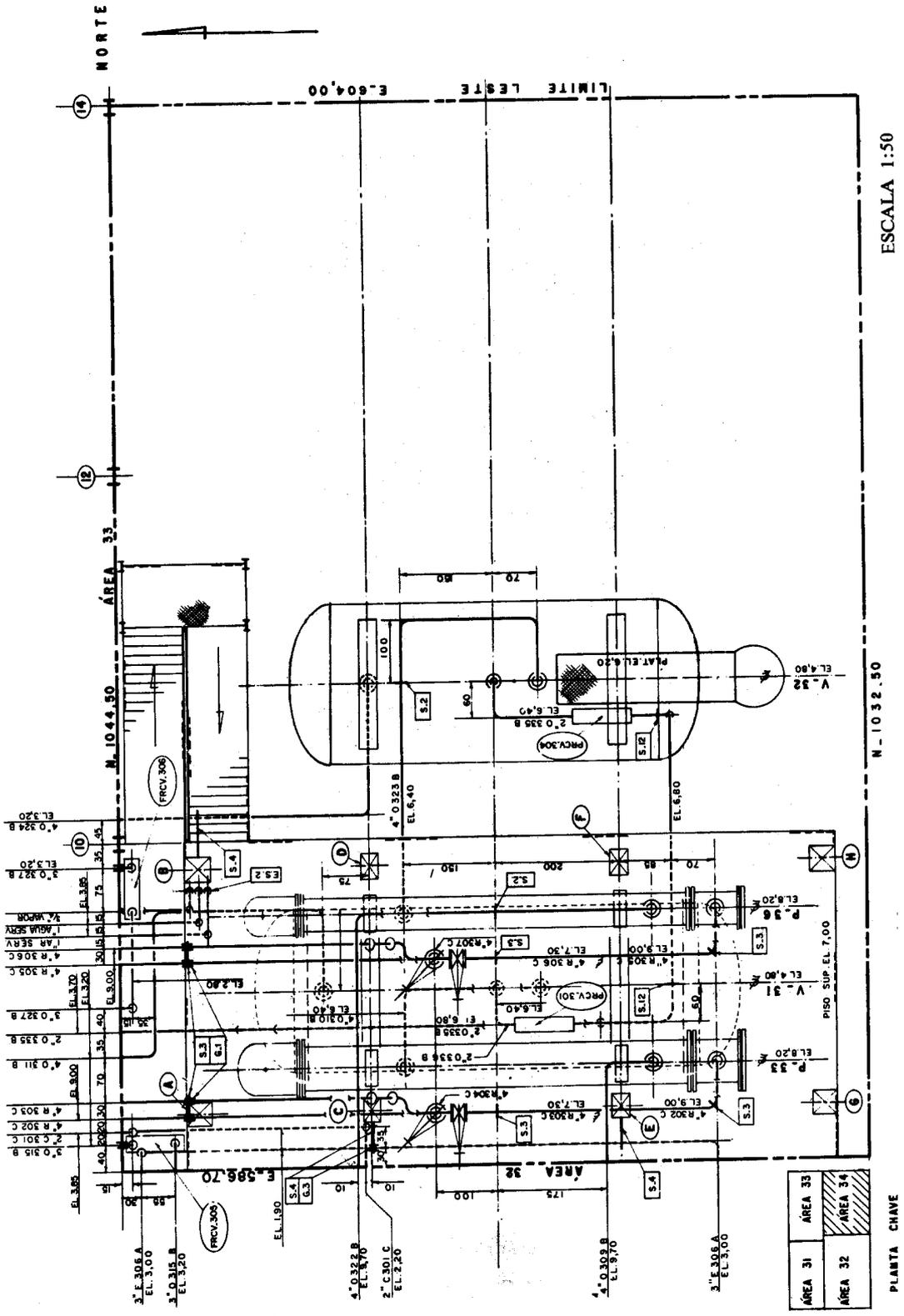
UNIDADE "3" – PLANTA DAS TUBULAÇÕES – ÁREA 33



ESCALA 1:50

ELEVACÃO 3,50

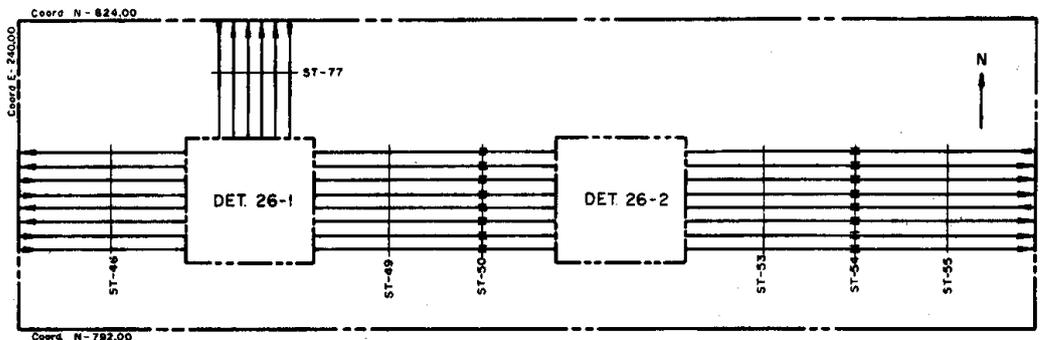
UNIDADE "3" - PLANTA DAS TUBULAÇÕES - ÁREA 34



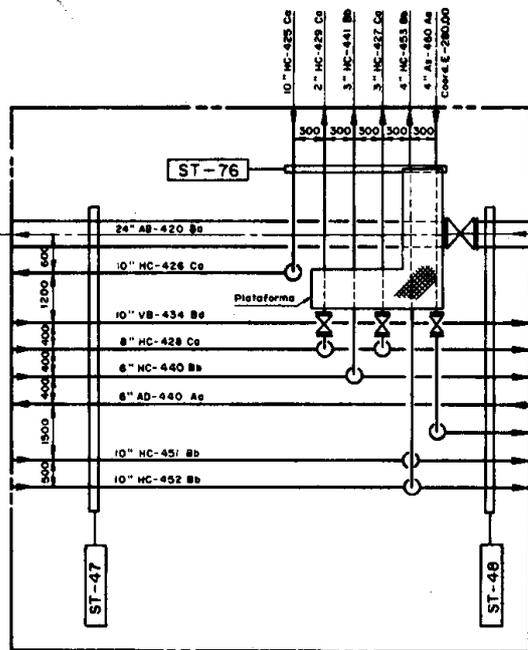
## PLANTAS DE TUBULAÇÃO FORA DAS ÁREAS DE PROCESSO

NORMALMENTE SÃO TUBULAÇÕES LONGAS DISTRIBUÍDAS EM UMA GRANDE ÁREA DO TERRENO E RELATIVAMENTE COM POUCOS ACIDENTES.

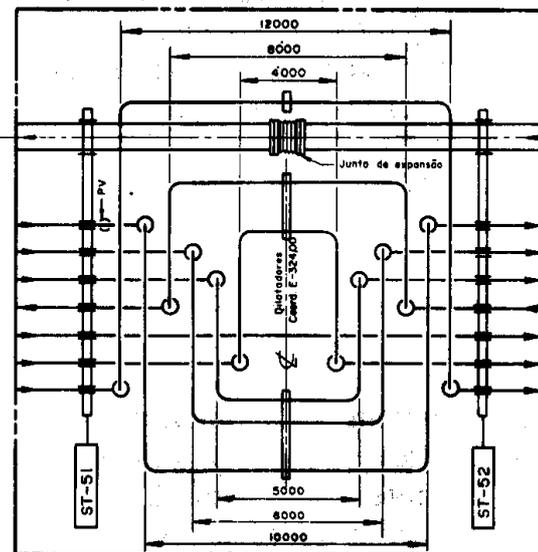
OS DESENHOS SÃO FEITOS EM ESCALA BEM REDUZIDA E NAS ONDE HOUVER ACIDENTES (*grupo de derivações, curvas de expansão, grupos de válvulas etc.*) SÃO FEITOS DETALHES EM ESCALAS MAIORES.



PLANTA



DET. 26 - 1

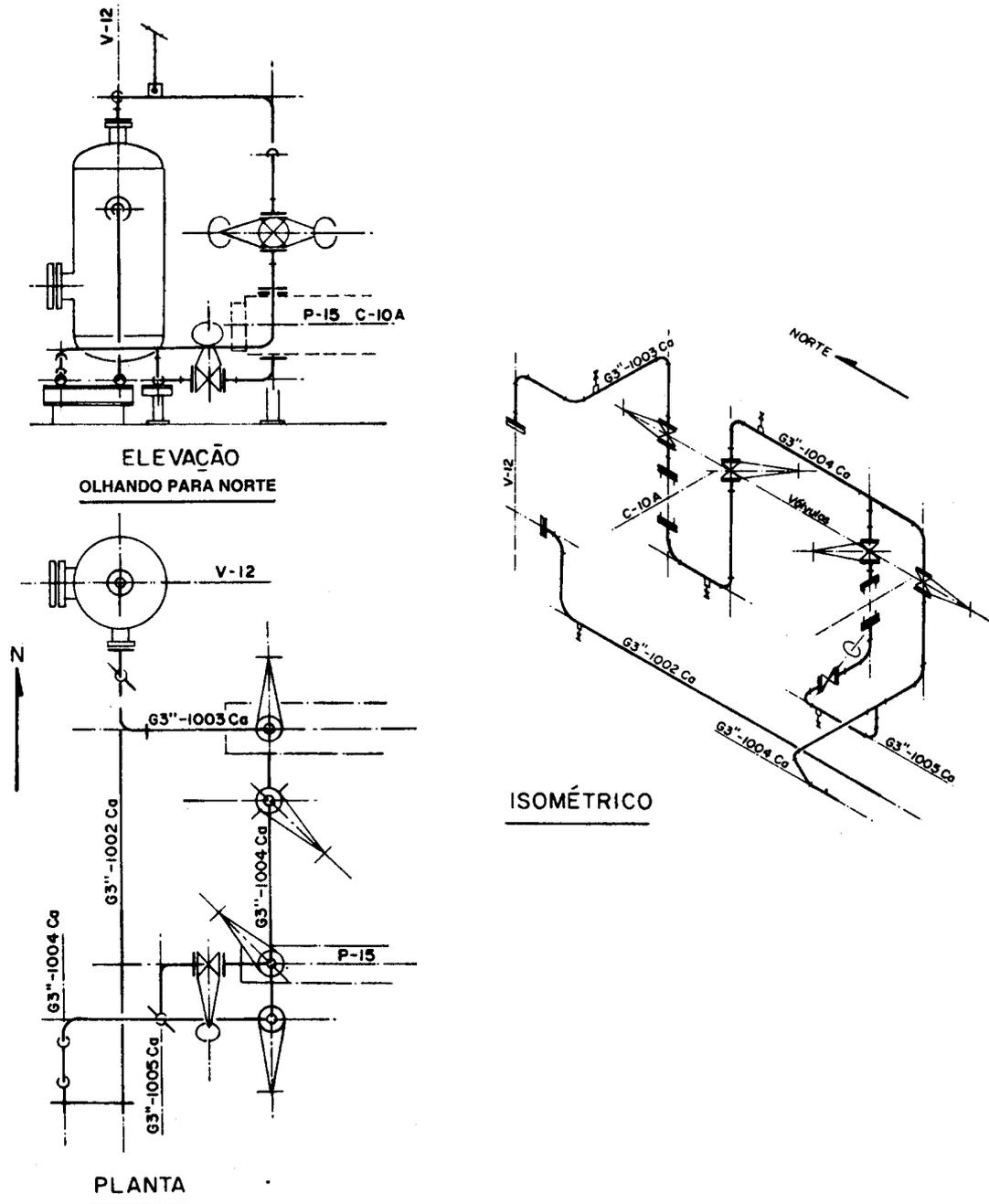


DET. 26 - 2

### PLANTA DE TUBULAÇÃO DE INTERLIGAÇÃO

## DESENHOS ISOMÉTRICOS

SÃO DESENHOS EM PERSPECTIVA ISOMÉTRICA, SEM ESCALA, DE UMA OU DE UM GRUPO DE TUBULAÇÕES PRÓXIMAS.



OS VASOS, BOMBAS E DEMAIS EQUIPAMENTOS SERÃO INDICADOS PELAS LINHAS DE CENTRO E PELOS BOCAIS DE LIGAÇÃO COM AS TUBULAÇÕES

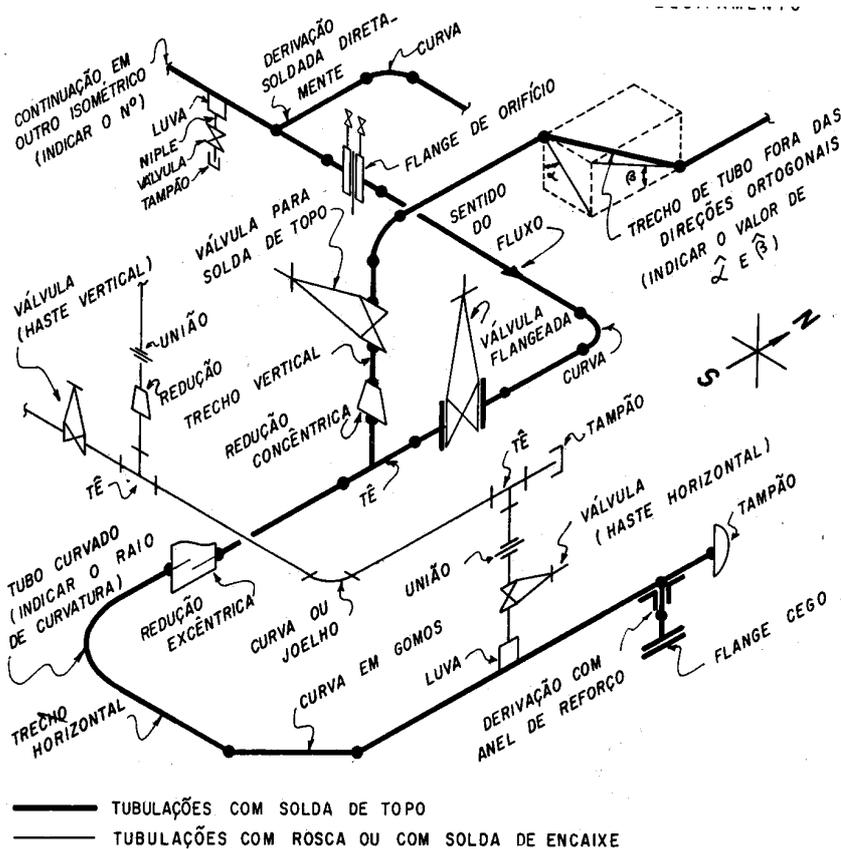
AS ELEVAÇÕES DOS TUBOS, A MENOS QUE SEJA INDICADO EM CONTRÁRIO, SÃO REFERIDAS À LINHA DE CENTRO DOS MESMOS.  
 (Todos os tubos, independente do seu diâmetro, são representados por uma única linha, coincidente com sua linha de centro)

**OS DESENHOS ISOMÉTRICOS SÃO UTILIZADOS PARA FAZER O LEVANTAMENTO DE TODAS AS PEÇAS COMPONENTES DAS TUBULAÇÕES E DE SUAS LOCALIZAÇÕES**

(trechos de tubos, válvulas, flanges, tês, joelhos, reduções, luvas, uniões, niples etc.)

**TAMBÉM DEVE ESTAR INDICADO AS LOCALIZAÇÕES DE TODAS AS EMENDAS**  
 (soldadas, rosqueadas etc.)

TODOS OS ISOMÉTRICOS DEVEM CONTER A INDICAÇÃO DO NORTE DO PROJETO  
 (Os desenhos isométricos deverão ser numerados em combinação com a numeração das plantas.)



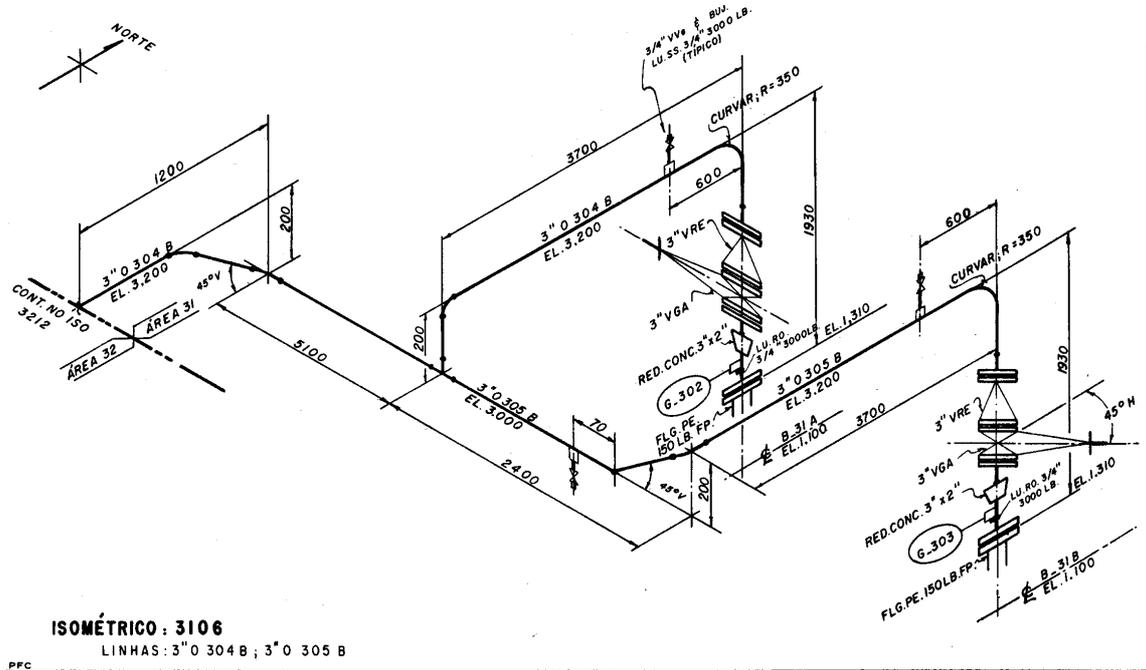
**ALÉM DO DESENHO OS ISOMÉTRICOS DEVEM CONTER:**

- Lista de todo o material necessário para construção da tubulação.
- Identificação das tubulações que estão representadas na folha.
- Temperatura e pressão de projeto.
- Pressão de teste hidrostático.
- Tipo de isolamento e de aquecimento.

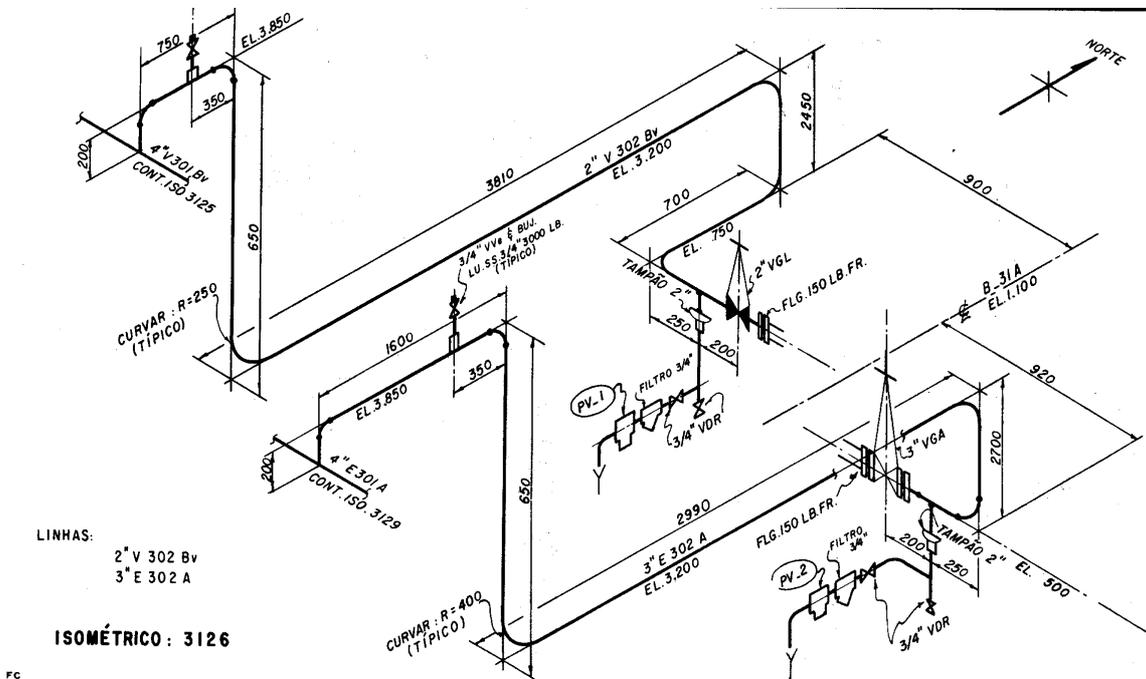
**CONVENÇÕES DE DESENHOS ISOMÉTRICOS – ANEXO 4 – AULA**

NÃO SE UTILIZA DESENHOS ISOMÉTRICOS PARA TUBULAÇÕES SUBTERRÂNEAS E PARA LIGAÇÕES LONGAS, FORA DA ÁREA DE PROCESSO

EXEMPLOS DE DESENHOS ISOMÉTRICOS



PFC



Fc



## OUTROS DESENHOS DE TUBULAÇÃO

DESENHOS DE DETALHES TÍPICOS

- Instalação de válvulas de controle
- Instalação de purgadores de vapor
- Drenos e respiros
- Curva de gomos
- Derivações de tubos soldados
- Sistema de aquecimento de tubulações
- Instalação de isolamento térmico

DESENHOS DE FABRICAÇÃO

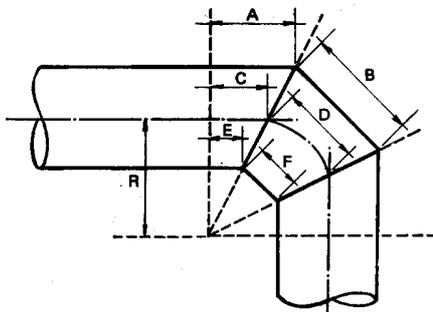
DESENHOS DE INSTALAÇÕES SUBTERRÂNEAS

DESENHOS DE SUPORTES

DESENHOS DE LOCAÇÃO DOS SUPORTES

OS DETALHES, SUPORTES ETC. QUE SE REPETEM MUITAS VEZES EM UM PROJETO DE TUBULAÇÕES, NA MAIORIA DOS CASOS, CORRESPONDEM A DESENHOS PADRONIZADOS

### EXEMPLO DE DESENHO DE DETALHE TÍPICO (padronizado)

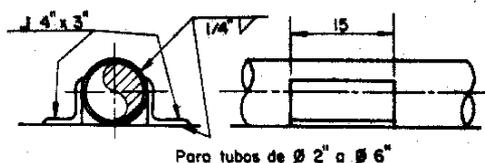


Diâm. Nom.	Dimensões (mm)						
	A	B	C	D	E	F	R
8	172	343	127	254	81	162	305
10	214	428	157	314	101	203	381
12	256	512	188	376	122	244	458
14	294	589	220	440	146	293	534
16	336	673	252	504	168	336	610
18	370	757	279	559	189	379	689
20	414	841	317	730	210	420	762
24	504	1009	379	758	252	504	916
30	630	1261	472	944	315	630	1144

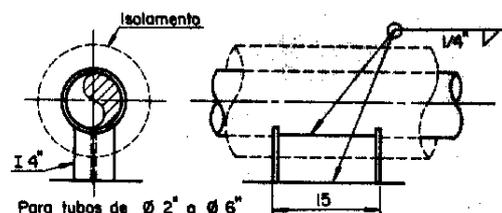
CURVA DE GOMOS – 90° COM DUAS SOLDAS

OS DESENHOS DOS SUPORTES SÃO DESENHOS DE FABRICAÇÃO, FEITOS EM ESCALA E COM TODOS OS DETALHES NECESSÁRIOS PARA CONSTRUÇÃO.

### EXEMPLOS DE DESENHOS DE ANCORAGENS (padronizadas)

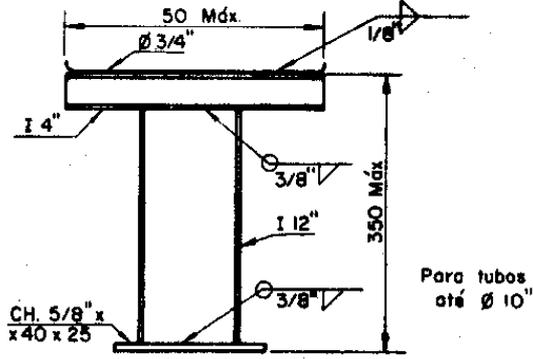


A - 1



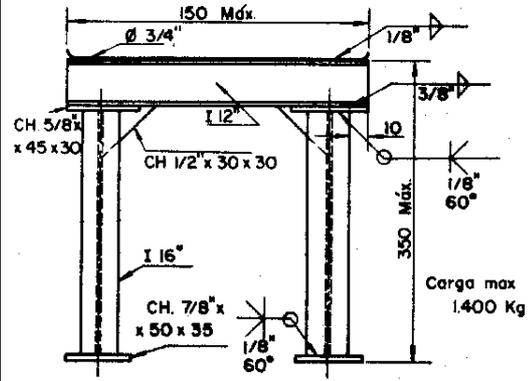
A - 3

EXEMPLOS DE DESENHOS DE SUPORTES (padronizados)



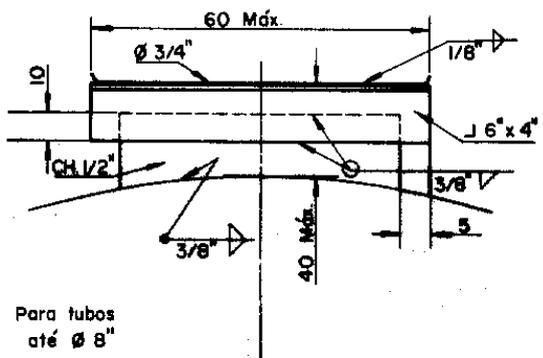
S - 3

Para tubos até  $\phi$  10"



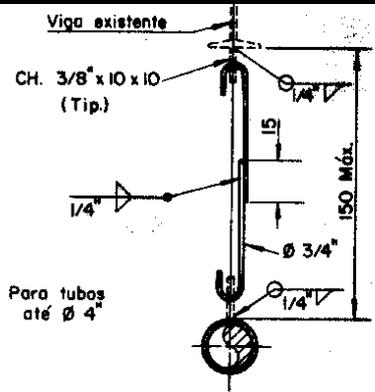
S - 5

Carga max 1400 Kg



S - 2

Para tubos até  $\phi$  8"



S - 7

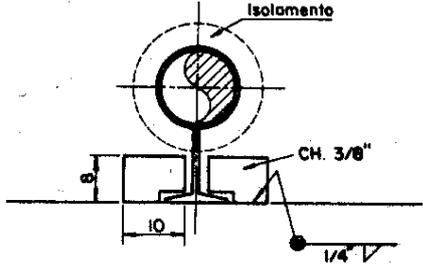
Para tubos até  $\phi$  4"

EXEMPLOS DE DESENHOS DE GUIAS (padronizadas)

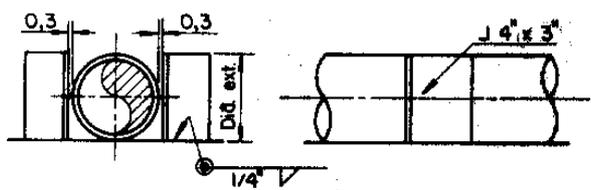


G - 2

Para tubos até  $\phi$  1 1/2"



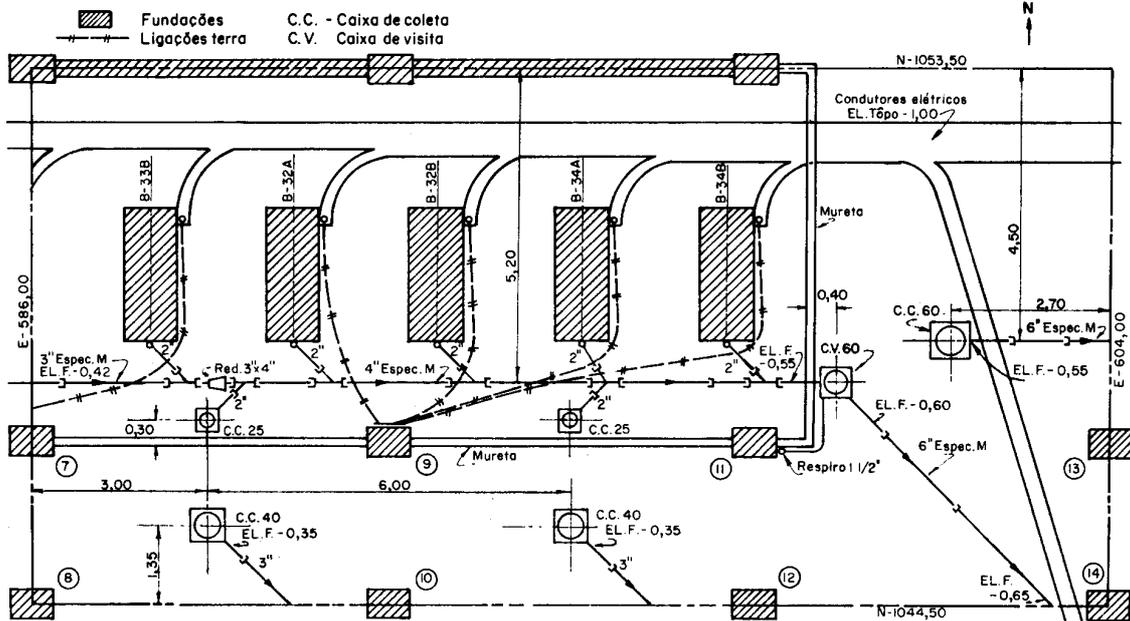
G - 3



G - 1

Para tubos de  $\phi$  2" e  $\phi$  8"

## EXEMPLO DE TUBULAÇÕES SUBTERRÂNEAS



AS PLANTAS DE LOCAÇÕES DE SUPORTES NORMALMENTE SÃO ELABORADAS EM INSTALAÇÕES GRANDES E COMPLEXAS, QUANDO FOR CONVENIENTE MOSTRAR A LOCAÇÃO DOS SUPORTES EM DESENHOS SEPARADOS.

## OUTROS DOCUMENTOS

- DIAGRAMA DE CARGAS SOBRE OS SUPORTES

- ESPECIFICAÇÃO GERAL DE TUBULAÇÃO

Texto completo contendo critérios, exigências e recomendações relativas ao projeto, montagem, testes e operação

- LISTA DE MATERIAL DE TUBULAÇÃO →

Contendo a identificação da tubulação, especificação do material, extremidades da linha, temperatura e pressão de projeto e de operação, isolamento, aquecimento etc.

- LISTA DE PURGADORES

- LISTA DE VÁLVULAS

- LISTA DE INSTRUMENTAÇÃO

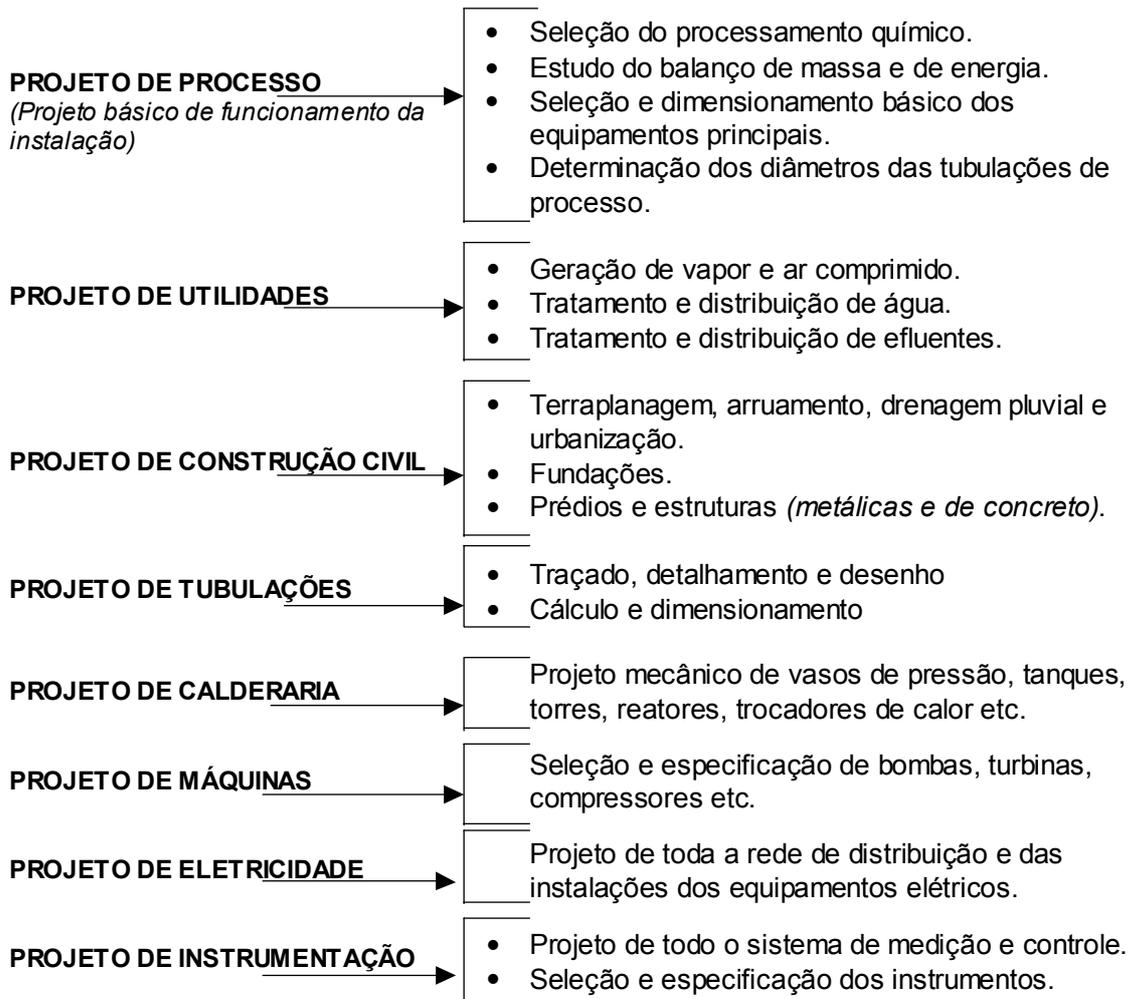
- LISTA DE SUPORTES PADRONIZADOS E DE MOLA

- MEMÓRIAS DE CÁLCULO

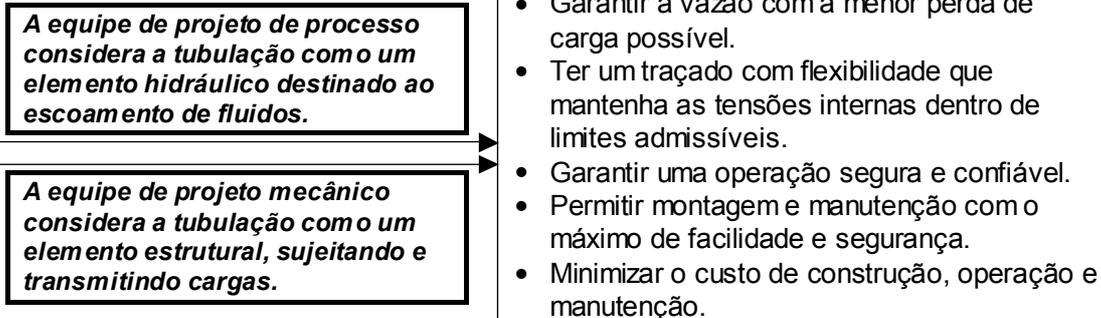
## PROJETO DE TUBULAÇÕES

O PROJETO DE UMA REDE OU DE UM SISTEMA DE TUBULAÇÕES PODE SER UM PROJETO ISOLADO, OU PODE SER INTEGRADO AO PROJETO DE UMA INSTALAÇÃO COMPLETA.

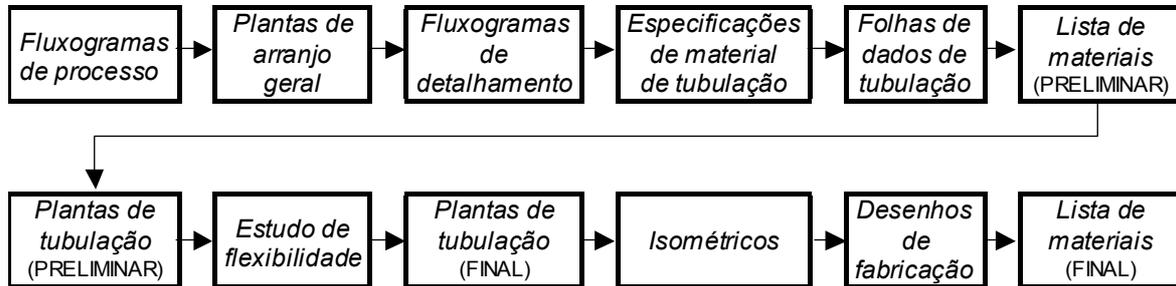
### *Subdivisão do projeto global de uma indústria de processo*



### METAS A SEREM ATINGIDAS EM UM PROJETO DE TUBULAÇÕES



## Seqüência de serviços em um projeto de tubulações



## A INFORMÁTICA E O PROJETO DE TUBULAÇÕES

UTILIZANDO UM SISTEMA DE **CAD** (*computer aided design*) É POSSÍVEL OBTER DESENHOS TRIDIMENSIONAIS QUE PODEM SER AMPLIADOS, REDUZIDOS, DESLOCADOS E VISUALIZADOS POR VÁRIOS ÂNGULOS (“*maquette*” eletrônica).

A GRANDE VANTAGEM DA UTILIZAÇÃO DA INFORMÁTICA É A POSSIBILIDADE DE INTERCOMUNICAÇÃO E DE INTEGRAÇÃO DAS DIVERSAS INTERFACES DOS PROJETOS MINIMIZANDO A POSSIBILIDADE DE ERROS.

DEPENDENDO DO “SOFTWARE” O SISTEMA **CAD** PODE TER OS SEGUINTE RECURSOS:

- Gerar desenhos de fluxogramas, plantas e outros desenhos, com grande rapidez e facilidade.
- Gerar desenhos isométricos com as respectivas listas de material, tipo de solda, isolamento etc.
- Visualização espacial da instalação antes mesmo dela existir fisicamente.
- Animação do desenho tridimensional que permite visualizar a instalação como se alguém estivesse passeando pelo seu interior.
- Apontar possíveis interferências físicas entre os diversos componentes da instalação.
- As alterações feitas em qualquer fase do projeto são automaticamente corrigidas em todos os desenhos.

O SISTEMA **CAD** PODE SER ASSOCIADO A OUTROS APLICATIVOS (*softwares*) PODE EXECUTAR CÁLCULOS DE FLEXIBILIDADE, CÁLCULO DE PERDAS DE CARGA, CÁLCULO DE CARGAS NOS SUPORTES, GERENCIAMENTO DE ESTOQUE ETC. E PASSA A SE CHAMAR **CAE** (*Computer Aided Engineering*)



**AULA 8**  
*Referente aos Capítulos 13 e 14 do Livro Texto*

26. ABREVIATURAS E CONVENÇÕES DE DESENHO DE INSTRUMENTOS

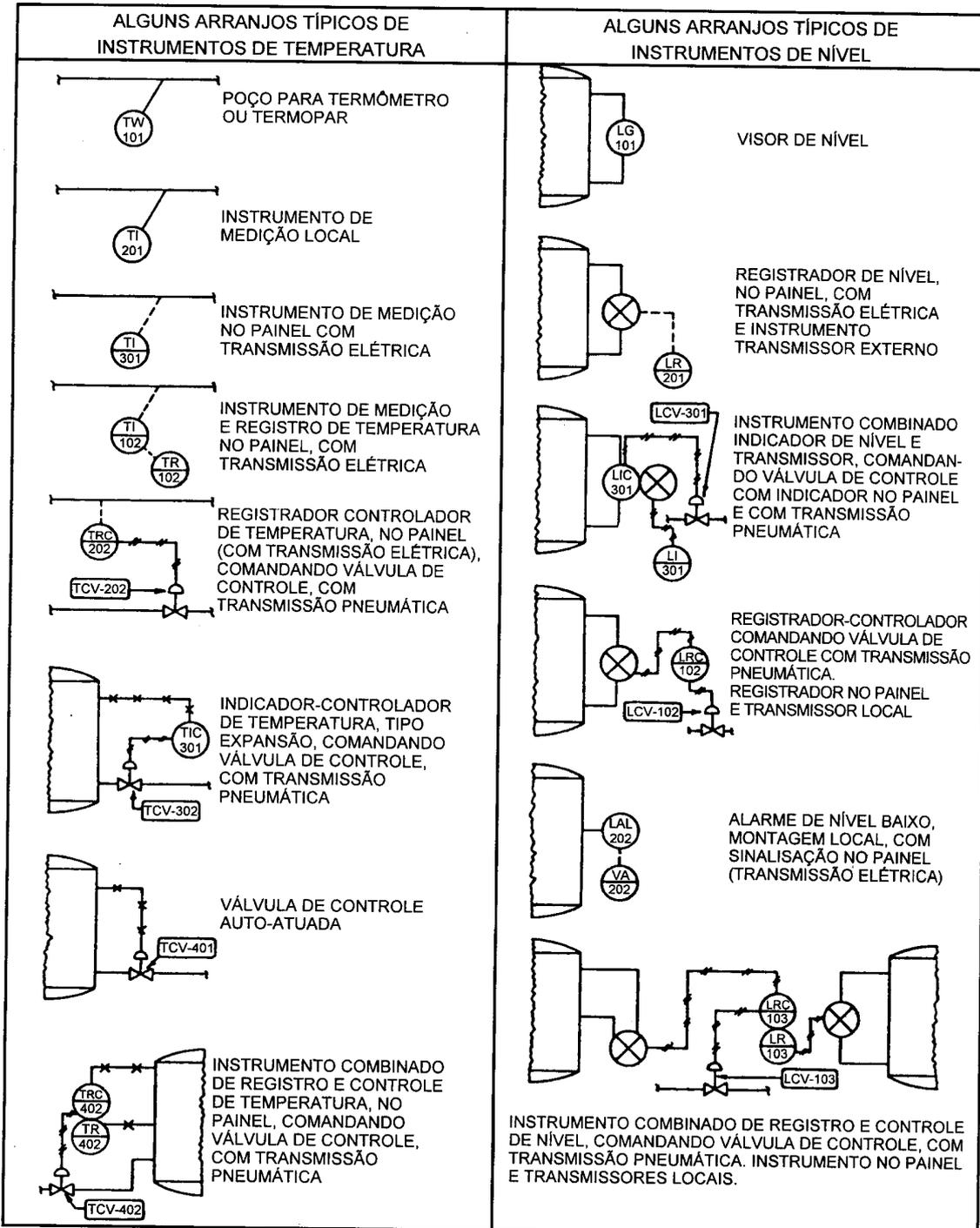
26.2. Convenções de Instrumentos e Válvulas de Controle em Desenhos de Fluxogramas (continuação)

(De acordo com a norma ISA RP 5.1, da "Instrument Society of America")

Nota: Para convenções de desenho de fluxogramas veja Tabela 23.

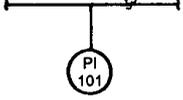
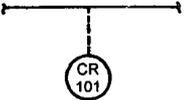
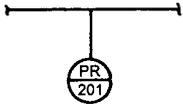
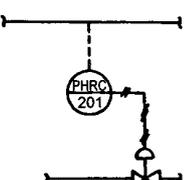
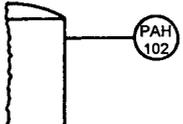
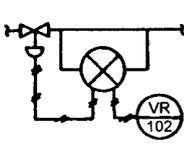
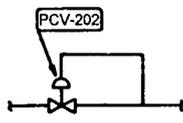
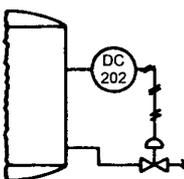
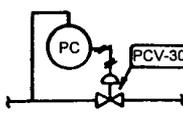
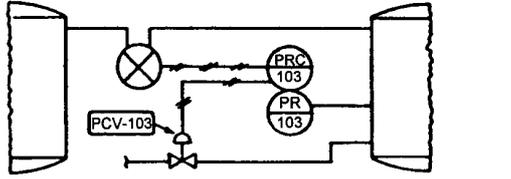
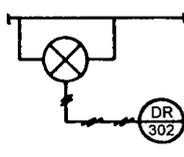
LINHAS		INSTRUMENTOS DE VAZÃO	
	PROCESSO		PLACA DE ORIFÍCIO
	SINAL PNEUMÁTICO		MEDIDOR VENTURI
	SINAL ELÉTRICO		TUBO PITOT
	TUBO CAPILAR		
SÍMBOLOS BÁSICOS DOS INSTRUMENTOS		ALGUNS ARRANJOS TÍPICOS DE INSTRUMENTOS DE VAZÃO	
	INSTRUMENTO DE FUNÇÃO ÚNICA		MEDIDOR (ROTÂMETRO)
	INSTRUMENTO DE FUNÇÃO MÚLTIPLA		TOTALIZADOR DE VAZÃO
	INSTRUMENTO TRANSMISSOR OU TRANSDUTOR		INDICADOR DIFERENCIAL (MONTAGEM LOCAL)
	INSTRUMENTO DE FUNÇÃO ÚNICA		REGISTRADOR DE LINHA (ROTÂMETRO)
	INSTRUMENTO DE FUNÇÃO MÚLTIPLA		REGISTRADOR MONTADO NO PAINEL COM TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA E TRANSMISSOR LOCAL
	INSTRUMENTO TRANSMISSOR OU TRANSDUTOR		REGISTRADOR CONECTADO A REGISTRADOR DE PRESSÃO (MONTAGEM LOCAL)
	TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA ENTRE INSTRUMENTOS (SEMELHANTE PARA TRANSMISSÃO ELÉTRICA)		REGISTRADOR DE VAZÃO COM REGISTRADOR DE PRESSÃO, AMBOS COM TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA. REGISTRADORES NO PAINEL E TRANSMISSORES LOCAIS
VÁLVULAS DE CONTROLE			REGISTRADOR-CONTROLADOR COMANDANDO VÁLVULA DE CONTROLE, COM TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA. REGISTRADOR NO PAINEL E TRANSMISSOR LOCAL
	VÁLVULA COM ATUADOR PNEUMÁTICO DE DIAFRAGMA		
	VÁLVULA COM ATUADOR ELÉTRICO (SOLENOÍDE OU MOTOR)		
	VÁLVULA COM ATUADOR HIDRÁULICO		
	VÁLVULA MANUAL		
	VÁLVULA AUTO-ATUADA DE DIAFRAGMA		
	TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA ENTRE INSTRUMENTOS E VÁLVULA DE DIAFRAGMA		

26. ABREVIATURAS E CONVENÇÕES DE DESENHO DE INSTRUMENTOS  
 26.2. Convenções de Instrumentos e Válvulas de Controle em Desenhos de Fluxogramas (continuação)



26. ABREVIATURAS E CONVENÇÕES DE DESENHO DE INSTRUMENTOS

26.2. Convenções de Instrumentos e Válvulas de Controle em Desenhos de Fluxogramas (continuação)

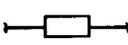
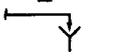
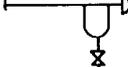
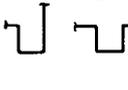
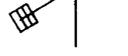
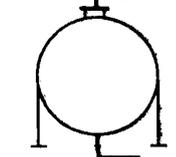
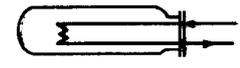
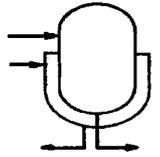
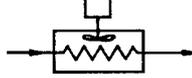
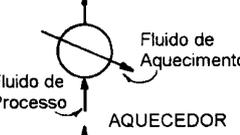
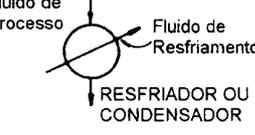
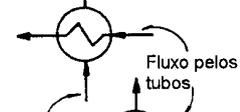
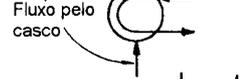
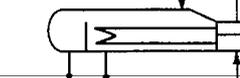
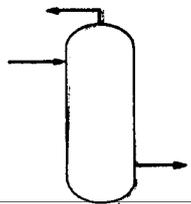
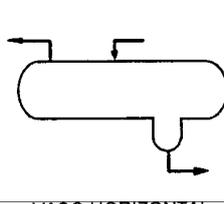
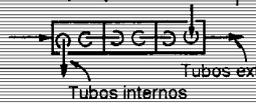
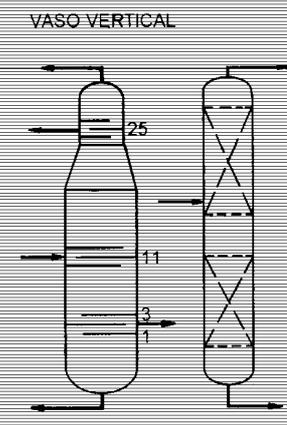
ALGUNS ARRANJOS TÍPICOS DE INSTRUMENTOS DE PRESSÃO	ALGUNS ARRANJOS TÍPICOS DE INSTRUMENTOS DIVERSOS
 <p>INDICADOR DE PRESSÃO (MANÔMETRO) MONTAGEM LOCAL</p>	 <p>REGISTRADO DE CONDUTIBILIDADE MONTAGEM LOCAL</p>
 <p>REGISTRADOR DE PRESSÃO, NO PAINEL</p>	 <p>REGISTRADOR-CONTROLADOR DE PH, COM TRANSMISSÃO ELÉTRICA, NO PAINEL, COMANDANDO VÁLVULA DE CONTROLE</p>
 <p>REGISTRADOR-CONTROLADOR DE PRESSÃO, COMANDANDO VÁLVULAS DE CONTROLE, COM TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA. REGISTRADOR NO PAINEL E TRANSMISSOR LOCAL</p>	 <p>MÁQUINA ROTATIVA — REGISTRADOR DE VELOCIDADE MONTAGEM LOCAL</p>
 <p>ALARME DE PRESSÃO ALTA, MONTAGEM LOCAL</p>	 <p>REGISTRADOR DE VISCOSIDADE, NO PAINEL, COM ELEMENTO TRANSMISSOR MONTADO EM LINHA DE AMOSTRA, COMANDANDO VÁLVULA DE CONTROLE</p>
 <p>VÁLVULA REGULADORA DE PRESSÃO AUTO-AJUADA</p>	 <p>CONTROLADOR DE DENSIDADE, TIPO CEGO, MONTAGEM LOCAL, COMANDANDO VÁLVULA DE CONTROLE, COM TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA</p>
 <p>CONTROLADOR DE PRESSÃO, TIPO CEGO, COMANDANDO VÁLVULA DE CONTROLE, COM TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA</p>	 <p>REGISTRADOR DE DENSIDADE, NO PAINEL, COM ELEMENTO TRANSMISSOR MONTADO EM LINHA DE AMOSTRA, COM TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA</p>
 <p>REGISTRADOR-CONTROLADOR DE PRESSÃO, COMBINADO COM REGISTRADOR DE PRESSÃO, MONTADOS NO PAINEL, COMANDANDO VÁLVULA DE CONTROLE, COM TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA E TRANSMISSOR LOCAL</p>	 <p>REGISTRADOR DE DENSIDADE, NO PAINEL, COM ELEMENTO TRANSMISSOR MONTADO EM LINHA DE AMOSTRA, COM TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA</p>

23. CONVENÇÕES DE DESENHOS DE FLUXOGRAMAS

Nota: 1. Não existe norma para essas convenções; as apresentadas aqui constituem a prática de muitos projetistas e usuários de tubulações.  
 2. Para convenções e abreviaturas de instrumentos veja tabela 26.

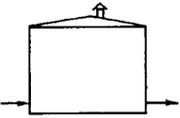
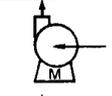
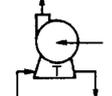
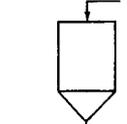
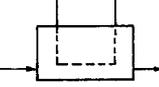
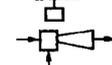
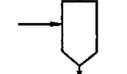
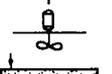
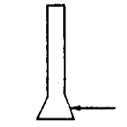
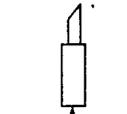
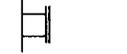
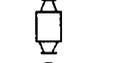
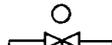
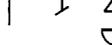
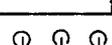
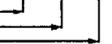
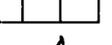
SÍMBOLOS GERAIS		VÁLVULAS (continuação)	
	LINHAS DE PROCESSO		VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO
	LINHAS DE UTILIDADES		VÁLVULA DE CONTROLE (CONVENCIONAL)
	LINHAS FUTURAS		VÁLVULA DE CONTROLE (BORBOLETA)
	INÍCIO		VÁLVULA DE CONTROLE (ESFERA)
	FINAL		VÁLVULA ACIONADA POR ÊMBOLO
	VAZÃO DE LÍQUIDO		VÁLVULA ACIONADA POR MOTOR
	VAZÃO DE GÁS		VÁLVULA ACIONADA POR SOLENÓIDE
	VAZÃO DE VAPOR		VÁLVULA DE CONTROLE MANUAL
	TEMPERATURA		VÁLVULA COM CAMISA DE VAPOR
	PRESSÃO	<b>ACESSÓRIOS DIVERSOS DE TUBULAÇÃO</b> ou  REDUÇÃO TAMPÃO SOLDADO TAMPÃO ROSQUEADO FLANGE CEGO ANEL DE DRENAGEM DISCO DE RUPTURA BUJÃO REMOVÍVEL CONEXÃO DE MANGUEIRA MANGOTE FLEXÍVEL CARRETEL REMOVÍVEL JUNTA DE EXPANSÃO PURGADOR DE VAPOR SEPARADOR (ÁGUA, ÓLEO, VAPOR/ETC) FLANGES PARA PLACA DE ORIFÍCIO FILTRO SIMPLES FILTRO DUPLO FILTRO EM "Y" RAQUETE PEÇA "FIGURA 8" VÁLVULA DE FLANGE CEGO	
	CRUZAMENTOS NÃO CONECTADOS		
	PNEUMÁTICA		
	ELÉTRICA		
	CAPILAR		
	LINHAS COM AQUECIMENTO DE VAPOR PARALELO		
	LINHAS COM CAMISA DE VAPOR		
	VÁLVULA DE GAVETA		
	VÁLVULA DE GLOBO		
	VÁLVULA DE AGULHA		
	VÁLVULA DE 3 VIAS		
	VÁLVULA ANGULAR		
	VÁLVULA MACHO		
	VÁLVULA DE ESFERA		
	VÁLVULA DE DIAFRAGMA		
	VÁLVULA DE FECHO RÁPIDO		
	VÁLVULA BORBOLETA		
	VÁLVULA DE RETENÇÃO		
	VÁLVULA DE PÉ		
	VÁLVULA DE RETENÇÃO E FECHAMENTO		

**23. CONVENÇÕES DE DESENHO DE FLUXOGRAMAS (continuação)**  
 (veja Notas na pág. 67)

ACESSÓRIOS DIVERSOS DE TUBULAÇÃO	VASOS E EQUIPAMENTOS DE PROCESSO
 CARRETEL REMOVÍVEL  VISOR DE LINHA  MEDIDOR DE LINHA  DOSADOR DE LINHA  AMORTECEDOR DE VIBRAÇÕES  DRENO OU TOMADA DE AMOSTRAS  DRENO PARA ESGOTO  POÇO COM DRENO  "LOOP" DE SELAGEM  FILTRO DE AR (SUÇÃO DE COMPRESSOR)  BICO DE ENCHIMENTO	 ESFERA DE ARMAZENAGEM DE GASES  VASO COM SERPENTINA  VASO COM CAMISA DE AQUECIMENTO  RESFRIADOR A AR  AQUECEDOR  RESFRIADOR OU CONDENSADOR  TROCADOR DE CALOR EM GERAL  TROCADOR DE CALOR COM FEIXE EM "U"
<p>VASOS E EQUIPAMENTOS DE PROCESSO</p>	 TROCADOR DE CALOR COM FEIXE EM "U"
 VASO VERTICAL  VASO HORIZONTAL	 REFERVEDOR  TROCADOR DE CALOR COM TUBOS CONCÊNTRICOS Tubos internos Tubos externos
 TORRES DE FRACIONAMENTO DE RETIFICAÇÃO OU DE ABSORÇÃO (DE BANDEJAS OU DE RECHEIOS) (Numerar as bandejas de baixo para cima)	 QUEIMADOR  FORNO  GERADOR DE VAPOR

23. CONVENÇÕES DE DESENHO DE FLUXOGRAMAS (continuação)

(Veja Notas na pág. 67)

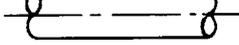
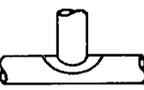
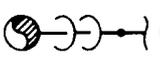
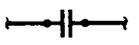
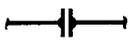
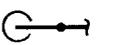
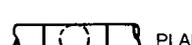
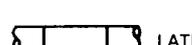
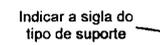
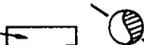
VASOS E EQUIPAMENTOS DE PROCESSO	MÁQUINAS
 <p>TANQUE ATMOSFÉRICO (TETO FIXO)</p>	 <p>BOMBA CENTRÍFUGA A MOTOR</p>
 <p>TANQUE ATMOSFÉRICO (TETO FLUTUANTE)</p>	 <p>BOMBA CENTRÍFUGA A TURBINA</p>
 <p>BOIA</p>	 <p>BOMBA VOLUMÉTRICA</p>
 <p>SUCÇÃO FLUTUANTE</p>	 <p>BOMBA DE ENGRENAGEM</p>
 <p>SILO</p>	 <p>BOMBA PROPORCIONADORA</p>
 <p>GASÔMETRO</p>	 <p>COMPRESSOR</p>
 <p>CICLONE</p>	 <p>EJETOR-EDUTOR</p>
 <p>CHAMINÉ</p>	 <p>MISTURADOR</p>
 <p>SILENCIADOR</p>	 <p>TRANSPORTADOR DE SÓLIDOS</p>
 <p>ESCOTILHA DE MEDIÇÃO</p>	 <p>ELEVADOR</p>
 <p>BOCA DE VISITA</p>	 <p>VIBRADOR</p>
 <p>ABAFADOR DE CHAMAS</p>	 <p>BALANÇA</p>
 <p>DIFUSOR</p>	<p>COMBATE A INCÊNDIO, SEGURANÇA, TOCHA</p>  <p>HIDRANTE DE 2 BOCAS</p>  <p>HIDRANTE DE 4 BOCAS</p>  <p>CANHÃO MONITOR</p>  <p>CÂMARA DE ESPUMA</p>  <p>CHUVEIRO DE RESFRIAMENTO</p>  <p>CHUVEIRO DE EMERGÊNCIA</p>  <p>LAVADOR DE OLHOS</p>  <p>PILOTO DA TOCHA</p>  <p>IGNIÇÃO DA TOCHA</p>  <p>TOCHA</p>
<p>ACESSÓRIOS DE TANQUES E VASOS</p>	

ANEXO 2 – Livro de Tabelas (pág. 69)

Folha 3 de 3

24. CONVENÇÕES DE DESENHOS DE PLANTAS DE TUBULAÇÃO

Nota: Não existe norma para essas convenções; as apresentadas aqui constituem a prática de muitos projetistas e usuários de tubulações.

TUBULAÇÕES		FLANGES E CONEXÕES	
 <p>LINHA SIMPLES</p> <p>Para tubulações de 12", ou menos</p>	 <p>LINHA DUPLA (em escala)</p> <p>Para tubulações de 14", ou maiores</p>	 <p>ANEL DE REFORÇO</p>	 <p>COLAR PARA DERIVAÇÃO</p>
 <p>TUBULAÇÃO COM VAPOR DE AQUECIMENTO</p>		 <p>PLANTA</p>	<p>CURVAS EM GOMOS</p>
<p>FLANGES E CONEXÕES</p>		 <p>LATERAL</p>	
 <p>FLANGE DE PESCOÇO</p>	 <p>FLANGE SOBREPOSTO</p>	<p>UNIÃO</p>	
 <p>FLANGE ROSQUEADA OU PARA SOLDA DE ENCAIXE</p>	 <p>IDENTIFICAÇÃO</p>	<p>CONEXÕES PARA SOLDA DE TOPO</p>	
 <p>FLANGE COM PLACA DE ORIFÍCIO</p>	 <p>FLANGE CEGO</p>	<p>CONEXÕES ROSQUEADAS OU PARA SOLDA DE ENCAIXE</p>	
 <p>PLANTA</p>	 <p>LATERAL</p>	<p>CURVA OU JOELHO DE 90° (Para tubo curvado indique o raio médio de curvatura)</p>	
 <p>LATERAL</p>	 <p>FRONTAL</p>		
 <p>CURVA OU JOELHO DE 45°</p>	 <p>PLANTA</p>		
 <p>PLANTA</p>	 <p>LATERAL</p>	<p>TÊ</p>	
 <p>LATERAL</p>	 <p>SOLDA DE TOPO</p>	<p>TAMPÃO</p>	
 <p>SOLDA DE TOPO</p>	 <p>ROSCA OU ENCAIXE</p>		
 <p>REDUÇÃO</p> <p>(Modificar quando excêntrica)</p>		<p>SUPORTES</p>	
		 <p>Indicar a sigla do tipo de suporte</p>	 <p>SUPORTE EM TUBO VERTICAL (Indicar a elevação)</p>
		 <p>SUPORTE DE QUALQUER TIPO</p>	
		 <p>ANCORAGEM</p>	
		 <p>GUIA</p>	
		 <p>GUIA TRANSVERSAL</p>	
		 <p>BATENTE</p>	
		 <p>SM-</p>	
		 <p>SUPORTE DE MOLLA (Indicar o número)</p>	

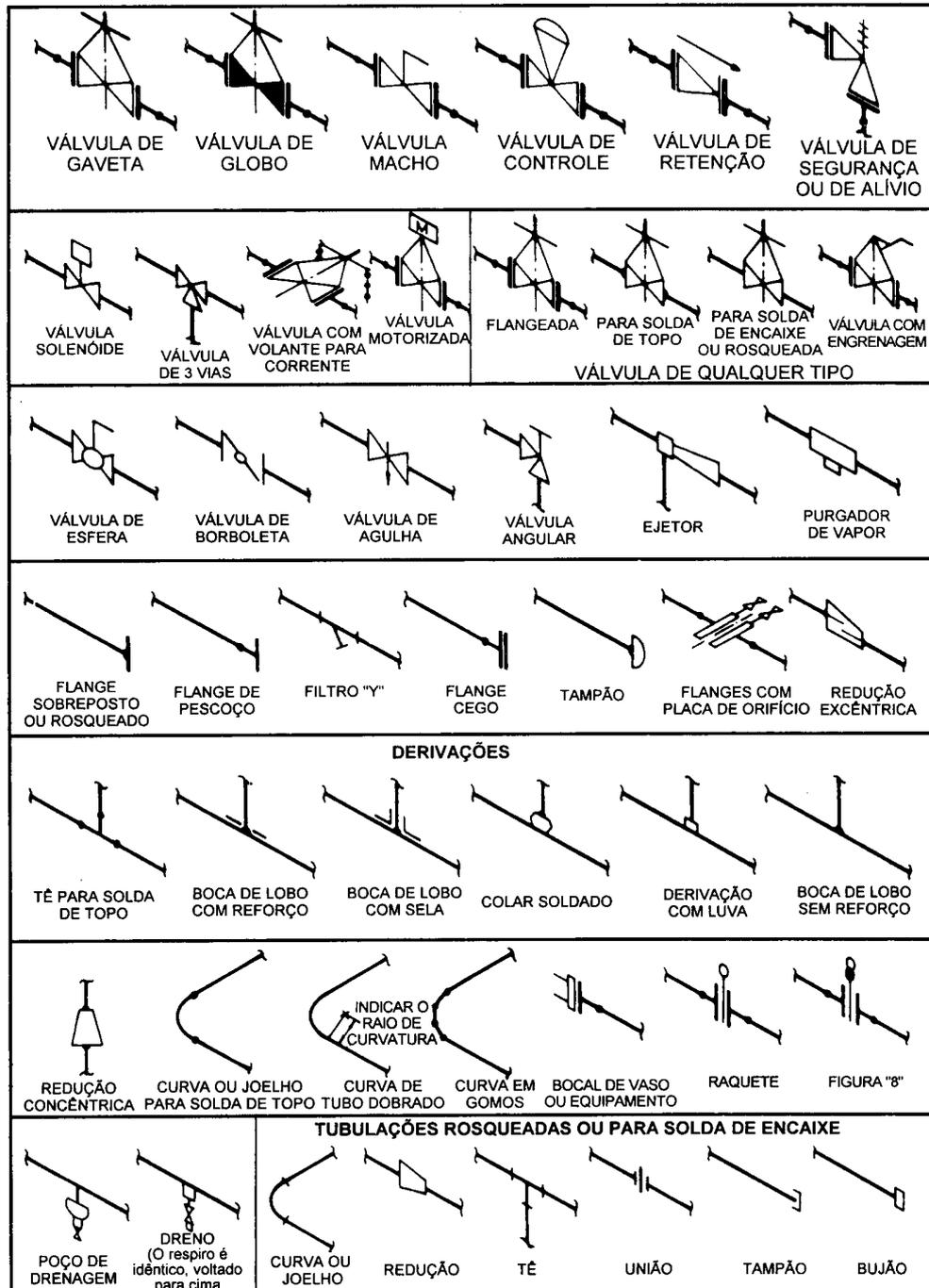
24. CONVENÇÕES DE DESENHO DE PLANTAS DE TUBULAÇÃO (continuação)

(Veja Nota na pág. 70)

VÁLVULAS		CONVENÇÕES DIVERSAS	
	DE GAVETA		TUBO HORIZONTAL (ELEVÇÃO MAIS ALTA)
	DE GLOBO		TUBO INCLINADO (NO PLANO VERTICAL)
	HASTE VERTICAL		TUBO HORIZONTAL (ELEVÇÃO MAIS BAIXA)
	HASTE HORIZONTAL		TUBO VERTICAL
	HASTE INCLINADA		DERIVAÇÃO HORIZONTAL EM ELEVÇÃO MAIS ALTA
	EM TUBO VERTICAL		DERIVAÇÃO HORIZONTAL EM ELEVÇÃO MAIS BAIXA
	HASTE VERTICAL		DERIVAÇÃO HORIZONTAL NA MESMA ELEVÇÃO
	HASTE HORIZONTAL		DERIVAÇÃO VERTICAL PARA CIMA (SAINDO DO DESENHO)
	C/ ENGRENAGEM DE REDUÇÃO		DERIVAÇÃO VERTICAL PARA BAIXO
	HASTE VERTICAL		TUBO HORIZONTAL
	HASTE HORIZONTAL		TRECHO VERTICAL PARA BAIXO
	DE RETENÇÃO		TRECHO VERTICAL PARA CIMA (SAINDO DO DESENHO)
	BORBOLETA		TUBOS HORIZONTAIS SUPERPOSTOS E EM ELEVÇÕES DIFERENTES (INDICAR AS ELEVÇÕES)
	DE DIAFRAGMA		CURVA DE EXPANSÃO (EM PLANO SUPERIOR)
	FLANGEADA		GRUPO DE TUBOS PARALELOS
	PARA SOLDA DE TOPO		SUPORTES e elevações
	ROSQUEADA OU PARA SOLDA DE ENCAIXE		JUNTA DE EXPANSÃO
	EM LINHA DUPLA		TUBO DE AQUECIMENTO / TUBO COM AQUECIMENTO
	VÁLVULA DE RESPIRO EM TUBULAÇÕES		PV
	ESTAÇÃO DE VÁLVULA DE CONTROLE		BASE DE EQUIPAMENTO
	Indicar a sigla de identificação da válvula e do instrumento		VASO QUALQUER (Contorno do vaso e das bases em traço fino)
	(Não se representam o contorno e as válvulas de bloqueio)		PLATAFORMA E ESCADA
			BOCAL DE VASO OU EQUIPAMENTO
			ELEVÇÃO DE PISO ACABADO

25. CONVENÇÕES DE DESENHO DE ISOMÉTRICOS

Notas: Não existe norma para essas convenções; as apresentadas aqui constituem a prática de muitos projetistas e usuários de tubulações



ANEXO 4 – Livro de Tabelas (pág. 73)  
Folha 1 de 1

# *AULA 9*

*Volume II do Livro Texto*

## **CONTEÚDO:**

- *Capítulo 1*

*Cálculo do Diâmetro das Tubulações.*

- *Capítulo 2*

*A Tubulação Considerada como um Elemento Estrutural.*

- *Capítulo 3*

*Cálculo da Espessura de Parede, Cálculo de Componentes de Tubulação e do Vão entre Suportes.*

## CÁLCULO DO DIÂMETRO DAS TUBULAÇÕES

1 – Critérios gerais para o dimensionamento do diâmetro das tubulações.

**NA MAIORIA DOS CASOS É UM PROBLEMA HIDRÁULICO EM FUNÇÃO:**

- Da vazão necessária de fluido
- Das diferenças de cotas existentes
- Das pressões disponíveis
- Das velocidades e perdas de carga admissíveis
- Da natureza do fluido
- Do material e tipo da tubulação

**A DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO É FUNÇÃO DO CÁLCULO:**

- Da velocidade
- Das perdas de cargas decorrente do escoamento

**EXCEÇÕES**

- Diâmetro do bocal do equipamento (TUBOS CURTOS)
- Vão entre os suportes (VAZÕES PEQUENAS)

2 – Cálculo em função da velocidade (Válido para tubulações curtas)

O AUMENTO DE PERDA DE ENERGIA DURANTE O ESCOAMENTO (*perda de carga*) É PROPORCIONAL AO AUMENTO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO.

Da equação da continuidade, temos:

$$Q = VA \Rightarrow \downarrow V = \frac{Q}{A \uparrow}$$

onde:  $\uparrow A = \frac{\pi D^2 \uparrow}{4}$

**AUMENTANDO O DIÂMETRO DO TUBO DIMINUI A VELOCIDADE**

1. Toma-se o maior valor possível para a vazão ( $Q$ ).
2. Arbitra-se um valor para ( $D$ ).
3. Compara-se a velocidade calculada ( $V$ ) com a velocidade econômica para o caso. **(VIDE TABELA – ANEXO 3 DA AULA 1)**
4. A velocidade de escoamento deve ser igual ou imediatamente inferior à velocidade econômica.

**RESULTA EM UM PROBLEMA ECONÔMICO**

**CALCULADO O DIÂMETRO EM FUNÇÃO DO ESCOAMENTO É PRECISO ADEQUAR O VALOR ENCONTRADO COM AS DIMENSÕES NORMALIZADAS PARA FABRICAÇÃO DE TUBOS.**

(Utilizar as Tabelas do ANEXO 1 DA AULA 1)

(O diâmetro calculado corresponde ao diâmetro interno do tubo)

**3 – Cálculo em função das perdas de cargas (Aplicado em tubulações longas)**

**3.1– TOMA-SE:**

MAIOR VALOR DE VAZÃO ( $Q$ )

MENOR DIFERENÇA DE PRESSÕES ( $P_1 - P_2$ )

MAIORES VALORES DE  $\nu$  E  $P_v$  →  $\nu$  = Viscosidade cinemática  
 $P_v$  = Pressão de vapor na temperatura de operação

**3.2- UTILIZANDO AS VELOCIDADES ECONÔMICAS ARBITRA-SE UM DIÂMETRO.**

**3.3 – CALCULA-SE A PERDA DE CARGA TOTAL ( $J$ )**

<p>Para <math>R_n &lt; 2000</math> ESCOAMENTO LAMINAR</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">R_n = \frac{Vd}{\nu}</math> </div> <p>Para <math>R_n &gt; 2000</math> ESCOAMENTO TURBILHONAR</p>	<p>→ <math>J = \frac{32LvV}{gd^2}</math> FÓRMULA DE POISEUILLE</p> <hr/> <p>→ <math>J = \frac{fLV^2}{2dg}</math> FÓRMULA DE DARCY</p>	<p><math>L</math> = Comprimento total do tubo mais os comprimentos equivalentes de todos os acidentes existentes.  <math>V</math> = Velocidade do fluido  <math>g</math> = Aceleração da gravidade  <math>d</math> = Diâmetro interno do tubo  <math>\gamma</math> = Peso específico do fluido  <math>f</math> = Coeficiente de atrito do fluido  <b>OS VALORES DE <math>f</math> SÃO OBTIDOS DO ÁBACO DE MOODY ANEXO 1 – AULA 9</b></p>
--	---	--

EXISTEM OUTRAS FÓRMULAS PARA O CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGAS; COMO É O CASO DA DE WILLIAMS-HAZEM DEDUZIDA ESPECIALMENTE PARA A ÁGUA.

**AS PERDAS DE CARGAS EM ACESSÓRIOS E EM DERIVAÇÕES (Perdas secundárias) SÃO OBTIDAS EXPERIMENTALMENTE, PARA CADA TIPO E TAMANHO DE ACIDENTE, E DADAS EM COMPRIMENTO EQUIVALENTE DE TUBO RETO DE MESMO DIÂMETRO**

**ANEXO 2 – AULA 9**

LIMITAÇÕES E ERROS  
NOS CÁLCULOS  
DE PERDAS DE CARGA

- 1 – Que o escoamento se dê em regime permanente (*não há variação no tempo*).
- 2 – Que o escoamento seja isotérmico.
- 3 – Que o fluido seja homogêneo (*newtoniano*).
- 4 – Que o fluido seja incompressível.
- 5 – Que a seção transversal da tubulação seja constante e perfeitamente circular.

EXISTEM GRÁFICOS, DERIVADOS DAS FÓRMULAS VISTAS, QUE FORNECEM A PERDA DE CARGA SOB FORMA DE PERDA RELATIVA (*perda para um determinado comprimento*).

**ANEXO 3 – AULA 9****3.4 – CALCULA-SE:**

$$(I) \left( H_1 + \frac{P_1}{\gamma} \right) - \left( H_2 + \frac{P_2}{\gamma} \right) \longrightarrow \text{PARA LINHAS DE RECALQUE DE BOMBAS OU ONDE O ESCOAMENTO SE DÊ POR DIFERENÇAS DE ALTURAS OU DE PRESSÕES}$$

$$(II) \frac{P_a}{\gamma} - \left[ (H_1 - H_2) + \frac{P_v}{\gamma} + NPSH \right] \longrightarrow \text{PARA LINHAS DE SUÇÃO DE BOMBAS}$$

**3.5 – COMPARA-SE O VALOR DA PERDA DE CARGA TOTAL ( J ) COM OS VALORES OBTIDOS NAS EQUAÇÕES ( I ) OU ( II ).**

**Se ( J ) for menor** →

- VAZÃO MAIOR QUE A PREVISTA.
- A PRESSÃO EM ( 2 ) SERÁ MAIOR QUE A ESPERADA.
- O DIÂMETRO ARBITRADO ESTÁ SUPERDIMENSIONADO.

**Se ( J ) for maior** →

- VAZÃO MENOR QUE A PREVISTA.
- A PRESSÃO EM ( 2 ) SERÁ MENOR QUE A DESEJADA.
- O DIÂMETRO ARBITRADO É INSUFICIENTE.

**A PARTIR DAS DIMENSÕES NORMALIZADAS, ARBITRA-SE UM NOVO VALOR PARA O DIÂMETRO, PROCURANDO-SE OBTER UM VALOR DE ( J ) IMEDIATAMENTE INFERIOR AOS VALORES DE ( I ) OU DE ( II**

**Utilizar as tabelas do ANEXO 1 DA AULA 1**

4.1 - Exemplo numérico

Comprimento dos trechos retos de tubo:  $L_1 = 4\text{ m}$   
 $L_2 = 88\text{ m}$   
 $L_3 = 75\text{ m}$   
 $L_4 = 7\text{ m}$ .

Valor máximo da vazão:  $Q = 200\text{ m}^3/\text{hora}$ .

Cotas de elevação: (ponto 1)  $H_1 = 0,85\text{ m}$   
 (ponto 2)  $H_2 = 13,7\text{ m}$ .

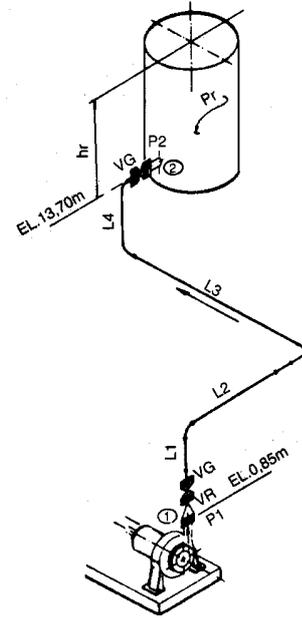
Pressão de saída da bomba:  $P_1 = 45\text{ psig} \cong 310\text{ Kpa}$ .

Altura máxima do líquido no reservatório:  $h_r = 9\text{ m}$ .

Pressão máxima no reservatório:  $P_r = 10\text{ psig} \cong 69\text{ Kpa}$ .

Peso específico do fluido:  $\gamma = 9,5\text{ N/dm}^3$ .

Viscosidade cinemática:  $\nu = 550\text{ cSt } [10^{-6}\text{m}^2/\text{s}]$



a) Cálculo de  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $P_1$  e  $P_2$

$$H_1 = 0,85\text{ m}$$

$$H_2 = 13,7\text{ m}$$

$$P_1 = 310\text{ KPa}$$

$$P_2 = P_r + \gamma h_r \longrightarrow 69000\text{ N/m}^2 + 9,5 \times 10^3\text{ N/m}^3 \times 9\text{ m} = 154500\text{ N/m}^2 \longrightarrow 154,5\text{ KPa}$$

b) Cálculo da diferença  $\left(H_1 + \frac{P_1}{\gamma}\right) - \left(H_2 + \frac{P_2}{\gamma}\right)$

$$\left(H_1 + \frac{P_1}{\gamma}\right) = \left(0,85\text{ m} + \frac{310000\text{ N/m}^2}{9,5\text{ N/dm}^3 \times \frac{10^3\text{ dm}^3}{\text{m}^3}}\right) = 34,11\text{ m} \longrightarrow \text{ENERGIA DO LÍQUIDO NO PONTO 1}$$

$$\left(H_2 + \frac{P_2}{\gamma}\right) = \left(13,7\text{ m} + \frac{154500\text{ N/m}^2}{9,5\text{ N/dm}^3 \times \frac{10^3\text{ dm}^3}{\text{m}^3}}\right) = 29,96\text{ m} \longrightarrow \text{ENERGIA DO LÍQUIDO NO PONTO 2}$$

**DIFERENÇA DE ENERGIA:  $34,11 - 29,96 = 4,15\text{ m}$**

c) **Cálculo do comprimento equivalente** (arbitrando Ø 10", série 40; temos d=254,5 mm )

Do gráfico ANEXO 2 – AULA 9, temos:

Válvula de gaveta	2,00 m	2 Válvulas de gaveta	4,00 m
Válvula de retenção	23,00 m	1 Válvula de retenção	23,00 m
Curva de gomos 90°	4,20 m	4 Curvas de gomos 90°	16,80 m
Entrada no reservatório	9,00 m	1 Entrada no reservatório	9,00 m
			<b>Soma 52,80 m</b>

Comprimentos dos trechos retos = 4 + 88 + 75 + 7 = **174,00 m**

Comprimento equivalente da tubulação  $L = 174,00 + 52,80 = 226,80 \text{ m}$

d) **Cálculo da perda de carga**

d.1 – **Cálculo do Número de Reynolds**

$R_n = \frac{Vd}{\nu}$

Onde:

$V = \frac{Q}{A} \rightarrow V = \frac{200 \frac{m^3}{h} \times \frac{10^6 cm^3}{m^3} \times \frac{h}{3600s}}{\frac{\pi \times 25,45^2 cm^2}{4}}$	$R_n = \frac{109,2 \frac{cm}{s} \times 25,45 cm}{5,50 \frac{cm^2}{s}}$
$V = 109,2 \frac{cm}{s}$	$R_n = 505$
$d = 254,5 mm \rightarrow d = 25,45 cm$	<p><b>Como <math>R_n &lt; 2000</math>, o regime será laminar</b></p>
$\nu = 550 cSt \rightarrow \nu = 5,50 St [cm^2/s]$	

d.2 – **Cálculo da perda de carga** (Utilizando a fórmula de Poiseuille)

$J = \frac{32LvV}{gd^2}$

Onde:

$L = 226,8 m$	$J = \frac{32 \times 226,8m \times 5,50 \frac{cm^2}{s} \times \frac{10^{-4} m^2}{cm^2} \times 1,092 \frac{m}{s}}{9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,0648 m^2}$
$d^2 = 0,0648 m^2$	
$\nu = 5,50 St [cm^2/s]$	
$V = 1,092 m/s$	
$g = 9,81 m/s^2$	
$J = 6,86 m$	

OBSERVA-SE QUE A PERDA DE CARGA É MAIOR QUE A DIFERENÇA DE ENERGIA CALCULADA NO ITEM b, E CONSEQÜENTEMENTE O DIÂMETRO ARBITRADO É INSUFICIENTE.

e) **Repetir o cálculo com novo valor de diâmetro** (Ø 12" série 30 – espessura de parede próxima ao série 40 de Ø 10")

$d = 0,3048 m$

$L = 231,6 m$

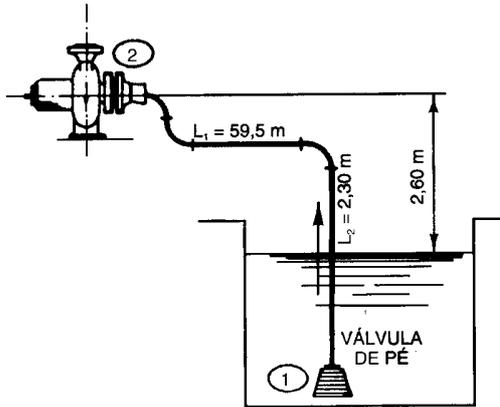
$V = 0,7614 m/s$

$d^2 = 0,0929 m^2$

$J = 3,41 m$

**COMO TEMOS  $3,41 < 4,15$   
 VEMOS QUE O DIÂMETRO INTERNO DE 12" SÉRIE 30 SATISFAZ**  
 (O líquido chegará no ponto 2 com uma pressão um pouco maior que  $P_2$ )

4.2 – Exemplo numérico



Vazão máxima:  $Q = 9$  litros/s

Comprimentos dos trechos retos:  $L_1 = 59,5$  m  
 $L_2 = 2,30$  m

Diferença de nível:  $H_a = 2,60$  m

Bocal da bomba:  $\varnothing 2 \frac{1}{2}$ "

Peso específico (Gasolina):  $\gamma = 7,8$  N/dm<sup>3</sup>

Viscosidade:  $\nu = 6$  cSt

Pressão de vapor a 25°C:  $P_v = 35,2$  KPa

NPSH requerido na entrada da bomba: 1,9 m

a) Cálculo do comprimento equivalente (arbitrando  $\varnothing 4$ ", série 40; temos  $d=102,3$  mm)

Do gráfico ANEXO 2 – AULA 9, temos:

Válvula de pé	9,00 m	1 Válvulas de pe	9,00 m
Curva de 90°	2,50 m	3 Curvas de 90°	7,50 m
Redução de 4" para 2 1/2"	2,00 m	1 Redução de 4" para 2 1/2"	2,00 m

**Soma 18,50 m**

Comprimentos dos trechos retos =  $59,50 + 2,30 = 61,80$  m

Comprimento equivalente da tubulação  $L = 174,00 + 52,80 = 80,30$  m

b) Cálculo da perda de carga

b.1 – Cálculo do Número de Reynolds

$R_n = \frac{Vd}{\nu}$

Onde:

$V = \frac{Q}{A}$	$V = \frac{9 \frac{dm^3}{s} \times 10^3 \frac{cm^3}{dm^3}}{\pi \frac{10,23^2 cm^2}{4}}$	$R_n = \frac{109,5 \frac{cm}{s} \times 10,23 cm}{0,06 \frac{cm^2}{s}}$
$d = 102,3 mm$	$d = 10,23 cm$	$R_n = 18669$
$\nu = 6 cSt$	$\nu = 0,06 St [cm^2/s]$	<b>Como <math>R_n &gt; 4000</math>, o regime será turbilhonar</b>

**b.2 – Cálculo da perda de carga (Utilizando a fórmula de Darcy)**

$\frac{\varepsilon}{d}$  E  $f$  SERÃO OBTIDOS DOS GRÁFICOS DO ANEXO 1 – AULA 9

$J = \frac{fLV^2}{2dg}$ <p>Onde:</p>	$L = 80,30 \text{ m}$	$J = \frac{0,0342 \times 80,30 \text{ m} \times 109,5^2 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}^2}}{2 \times 10,23 \text{ cm} \times 981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}}$
	$d = 10,23 \text{ cm}$	
	$v = 0,06 \text{ St} [\text{cm}^2/\text{s}]$	$J = 1,64 \text{ m}$
	$V = 109,5 \text{ cm/s}$	
	$g = 981 \text{ cm/s}^2$	
	$\frac{\varepsilon}{d} = 0,0047$	
	$f = 0,0342$	

**c) Cálculo da expressão:**

$\frac{P_a}{\gamma} - \left[ (H_1 - H_2) + \frac{P_v}{\gamma} + NPSH \right]$ $11,69 - [ 2,60 + 4,51 + 1,90 ] = 2,68 \text{ m}$	$P_a = \text{pressão atmosférica} = 101,3 \text{ Kpa}$
	$\frac{P_a}{\gamma} = \frac{101300 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{7,8 \frac{\text{N}}{\text{dm}^3} \times \frac{\text{dm}^3 10^3}{\text{m}^3}} = 12,99 \text{ m}$
	<b>PARA COMPENSAR VARIAÇÕES DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA TOMA-SE 90% DO VALOR CALCULADO</b>
	$\frac{P_a}{\gamma} = 12,99 \times 0,9 = 11,69 \text{ m}$
	$(H_1 - H_2) = H_a = 2,60 \text{ m}$
	$\frac{P_v}{\gamma} = \frac{35200 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{7,8 \frac{\text{N}}{\text{dm}^3} \times \frac{\text{dm}^3 10^3}{\text{m}^3}} = 4,51 \text{ m}$
	$NPSH = 1,90 \text{ m}$

OBSERVA-SE QUE A PERDA DE CARGA É MENOR QUE O VALOR CALCULADO NO ITEM c, E CONSEQÜENTEMENTE O DIÂMETRO ARBITRADO SATISFAZ.

*Neste exemplo, como a diferença entre os valores calculados é significativa, pode ser conveniente, por motivo econômico, refazer os cálculos com um diâmetro menor.*

5 – Escoamento de Gases

PARA QUE OCORRA O ESCOAMENTO TEM QUE HAVER UMA DIFERENÇA DE PRESSÃO ENTRE OS PONTOS EXTREMOS DA TUBULAÇÃO ( $\Delta P = P_1 - P_2 > 0$ )

PARA O ESCOAMENTO DE GASES, NA PRÁTICA, PODE-SE DESPREZAR DO TEOREMA DE BERNOULLI AS PARCELAS CORRESPONDENTES À VELOCIDADE E AO PESO DO GÁS.

<p>De:</p> $\frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + (H_1 - H_2) = J$	<p>Resulta:</p> $J = \frac{P_1 - P_2}{\gamma}$ $J_{TOTAL} = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} \times L$
--	--

CALCULA-SE A PERDA DE CARGA, COMPARANDO-A COM AS DIFERENÇAS DE PRESSÕES ENTRE OS PONTOS EXTREMOS.

O CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGAS NOS ACESSÓRIOS É FEITA PELOS COMPRIMENTOS EQUIVALENTES, DE MANEIRA ANÁLOGA AO QUE JÁ VIMOS

PARA TUBULAÇÕES CURTAS OU POUCO IMPORTANTES, O DIMENSIONAMENTO DO DIÂMETRO PODE SER FEITO PELA VELOCIDADE ECONÔMICA.

6 – Escoamento de Vapor (Fórmula de Babcock)

ARBITRANDO-SE VALOR PARA O DIÂMETRO, PODE-SE CALCULAR A VAZÃO MÁXIMA EM FUNÇÃO DA PERDA DE CARGA PRÉFIXADA, OU CALCULAR A PERDA DE CARGA RESULTANTE PARA UMA DETERMINADA VAZÃO.

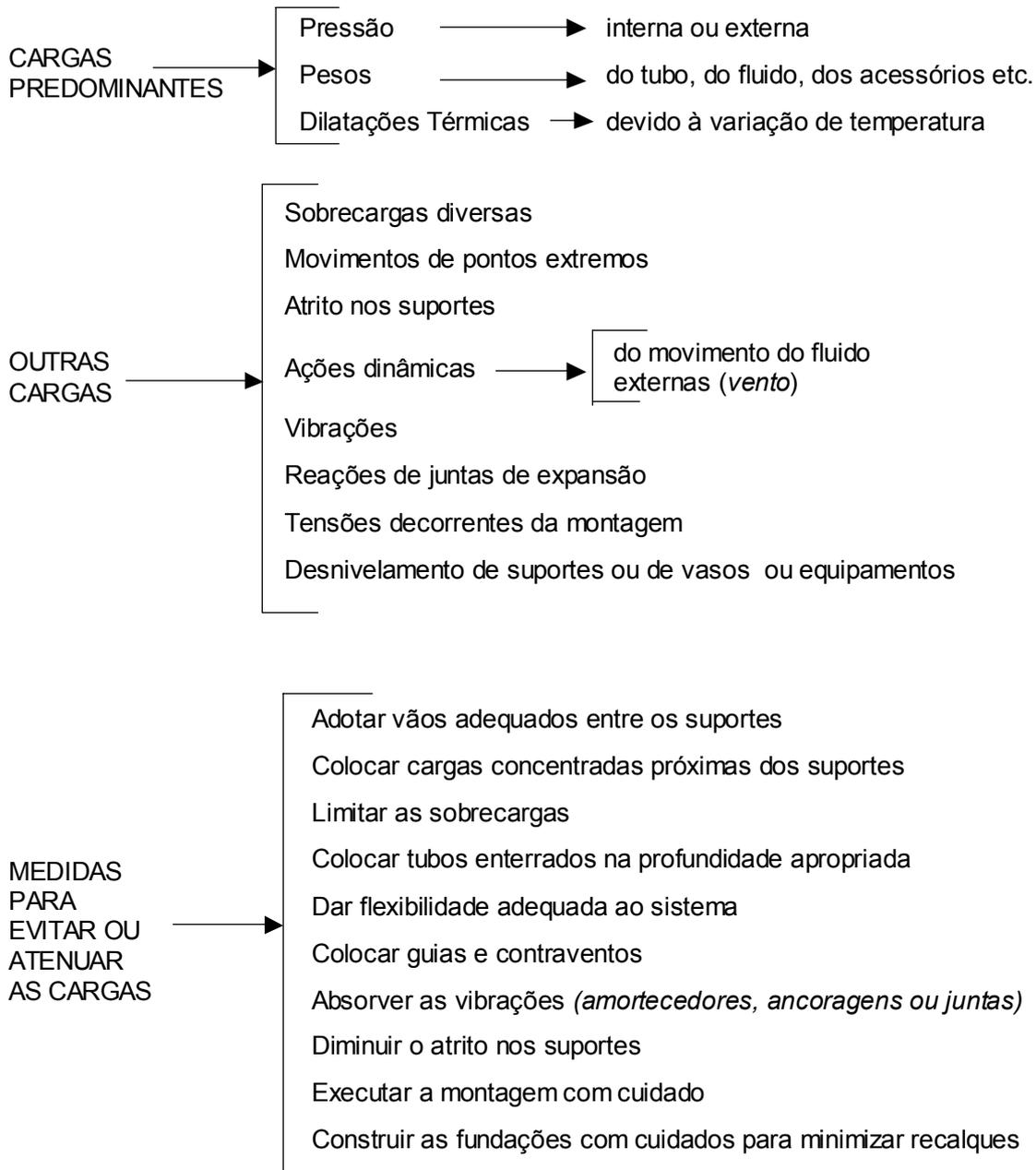
$Q = 5220 \sqrt{\frac{\Delta P \rho d^5}{\left(1 + \frac{3,6}{d}\right)L}}$ <p style="text-align: center;">ou</p> $\Delta P = 0,0000000367 \left(1 + \frac{3,6}{d}\right) \frac{Q^2 L}{\rho d^5}$	<p><math>Q</math> = Vazão de vapor (lb/h)</p>
	<p><math>\Delta P</math> = Queda de pressão entre os pontos extremos da tubulação (psi)</p>
	<p><math>\rho</math> = Peso de um pé<sup>3</sup> de vapor (lb)</p>
	<p><math>d</math> = Diâmetro interno do tubo (pol.)</p> <p><math>L</math> = Comprimento equivalente da tubulação (pé)</p>

7 – Escoamento de ar comprimido e de gases combustíveis (Fórmula de Weymouth)

$Q = 18,062 \frac{T_0}{P_0} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) d^{5,33}}{\gamma T L}}$	<p><math>Q</math> = Vazão (pes<sup>3</sup>/h) medida em <math>P = P_0</math> e <math>T = T_0</math></p>
	<p><math>T_0, P_0</math> = Temperatura e pressão absolutos (°F +460)</p>
	<p><math>P_1, P_2</math> = Pressões nos extremos da tubulação (psia)</p>
	<p><math>d</math> = Diâmetro interno do tubo (pol.)</p>
	<p><math>\gamma</math> = Densidade do gás em relação ao ar na <math>T</math> de escoam.</p>
	<p><math>T</math> = Temperatura de escoamento (°F +460 → ABSOLUTA)</p> <p><math>L</math> = Comprimento equivalente da tubulação (milhas)</p>

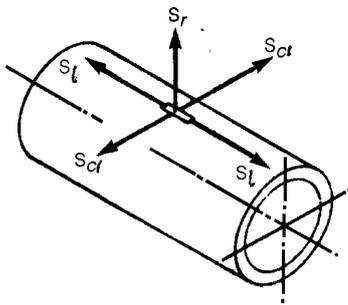
## A TUBULAÇÃO CONSIDERADA COMO UM ELEMENTO ESTRUTURAL

### 1 – Cargas que Atuam Sobre as Tubulações



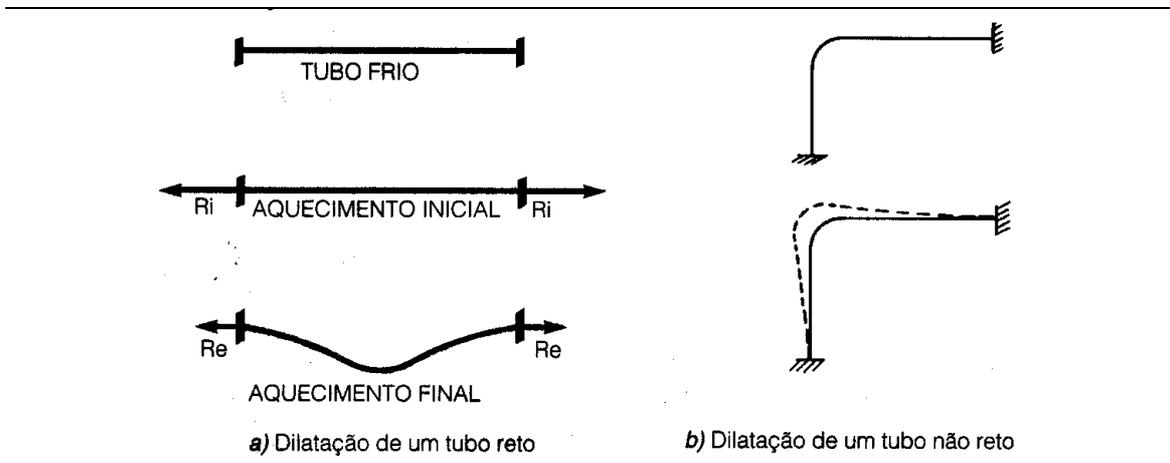
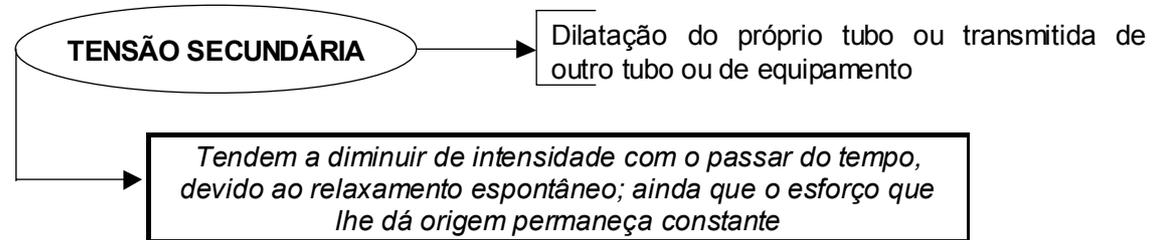
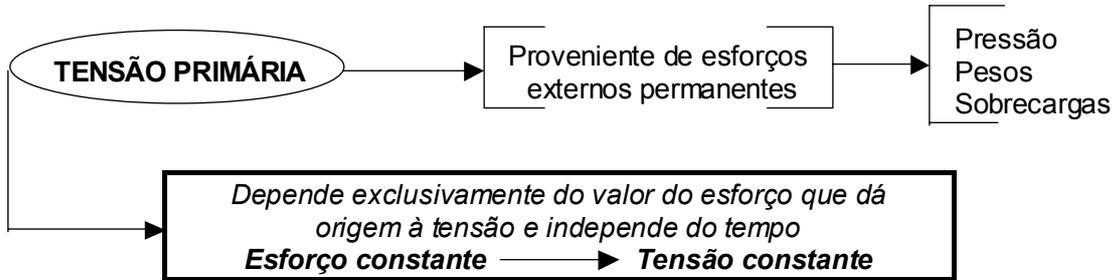
NA PRÁTICA FAZ-SE O CÁLCULO DAS CARGAS PREDOMINANTES, ADOTANDO-SE TENSÕES ADMISSÍVEIS MENORES PARA COMPENSAR OS ESFORÇOS NÃO CONSIDERADOS.

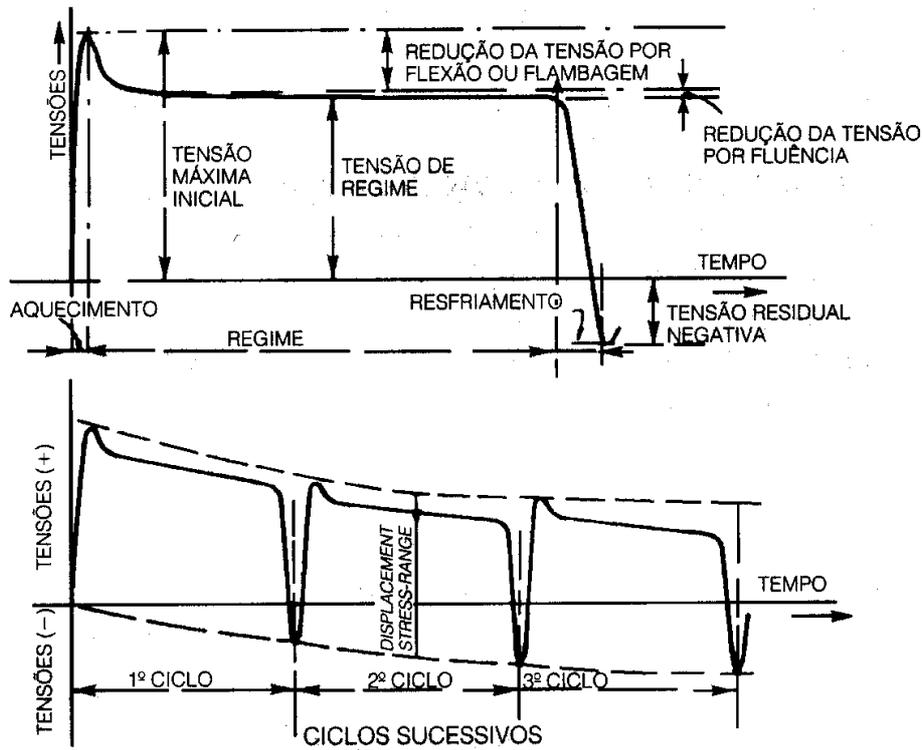
2 – Tensões nas Paredes dos Tubos



$S_l =$ Tensão Longitudinal (tração ou compressão)  TENDE A ROMPER O TUBO SEGUNDO UMA CIRCUNFERÊNCIA	Pressão
	Momentos fletores
$S_{ct} =$ Tensão circunferencial  TENDE A ROMPER O TUBO LONGITUDINALMENTE	Pressão (geralmente é a tensão predominante)
	Achatamento do tubo
$S_r =$ Tensão radial	Pressão (valor pequeno - costuma ser desprezada)

3 – Tensões Primárias e Secundárias





**CONSEQÜÊNCIA** → Pode-se aumentar a tensão admissível

4 – Tensões Admissíveis e Coeficientes de Segurança

$$\text{TENSÃO ADMISSÍVEL} = \frac{\text{Limite de Resistência ou o Limite de Escoamento}}{\text{Coeficiente de Segurança}}$$

**FATORES QUE INTERFEREM NO COEFICIENTE DE SEGURANÇA**

1. Tipo de Material (*dúctil ou frágil*)
2. Critério de cálculo (*abstrações e simplificações*)
3. Tipo de carregamento (*estático ou dinâmico*)
4. Variações nas condições de operação
5. Incerteza nas qualidades do material
6. Grau de segurança requerido

## 5 – Tensões Admissíveis da Norma ANSI/ASME B.31

Seções das normas		Tensões admissíveis básicas: (O MENOR DOS SEGUINTE VALORES)				
B.31.1	Centrais de vapor	LR/4	LE/1,66	Tdf	0,67 Tdfm	0,8 Trf
B.31.2	Tubulações de ar e gases	LR/2,66				
B.31.3	Refinarias, instalações petrolíferas, petroquímicas e indústrias químicas.	LR/3	LE/1,66	Tdf	0,67 Tdfm	0,8 Trf
B.31.4	Oleodutos		LE/1,39			
B.31.5	Refrigeração	LR/4	LE/1,66			
B.31.7	Centrais nucleares	LR/3	LE	Tdf	0,67 Tdfm	0,8 Trf
B.31.8	Transporte e distribuição de gases		LE/1,1			

**Onde:**

LR = Valor mínimo do limite de resistência (*ruptura*) na temperatura considerada ou na temperatura ambiente, o que for menor.

LE = Valor mínimo do limite de escoamento na temperatura considerada ou na temperatura ambiente, o que for menor.

Tdf = Tensão mínima que causa uma deformação por fluência de 1%, ao fim de 100.000 horas, na temperatura considerada.

Tdfm = Tensão média que causa uma deformação por fluência de 1%, ao fim de 100.000 horas, na temperatura considerada.

Trf = Tensão mínima que causa a ruptura do material, em consequência de deformação por fluência, ao fim de 100.000 horas, na temperatura considerada.

## ANEXO 4 DA AULA 9

6 – Critérios de Cálculo da Norma ANSI/ASME B.31  
(Válido para as Seções 31.1, 31.3, 31.5 e 31.7)

1. Tensão máxima devido a pressão  $\longrightarrow S_p \text{ max.} \geq S_h$
2. Soma das tensões longitudinais  
(pressão, peso, sobrecarga etc.)  $\longrightarrow \sum S_l \geq S_h$
3. Tensões secundárias  $S_a = f(1,25S_c + 0,25S_h)$

**Onde:**

$S_c$  = Tensão admissível na temperatura mínima do ciclo de variação, é em geral a temperatura ambiente

$S_h$  = Tensão admissível na temperatura máxima do ciclo de variação

$f$  = Fator de redução para serviços cíclicos

Até 7000 ciclos térmicos durante a vida útil  $\longrightarrow f = 1$

## 7 – Pressão e Temperatura de Projeto

VALORES CONSIDERADOS PARA EFEITO DE CÁLCULO E CORRESPONDEM À CONDIÇÃO MAIS SEVERA DE PRESSÃO E TEMPERATURA SIMULTÂNEAS.

**Exemplo:**

*Tubo de aço carbono ASTM A 106 Gr B, operam nas seguintes condições:*

1)	430 °C 3MPa ( $\cong$ 30 Kgf/cm <sup>2</sup> )	1)	45 °C 4 MPa ( $\cong$ 40 Kgf/cm <sup>2</sup> )
----	---	----	---

**Tensões admissíveis para cada caso:**

$S_h = 75,9$ MPa ( $\cong$ 759 Kgf/cm <sup>2</sup> )	$S_h = 140,6$ MPa ( $\cong$ 1406 Kgf/cm <sup>2</sup> )
--	--

NÃO DEIXAR DE CONSIDERAR AS CONDIÇÕES TRANSITÓRIAS QUE PODEM OCORRER NAS TUBULAÇÕES.

- Partida e parada do sistema (*flutuações de pressão e temperatura*)
- Falhas no sistema de proteção ou de controle, bem como erros de operação (*abertura ou fechamento indevido de uma válvula*)
- Paralisação repentina da circulação de um líquido – Golpe de Aríete
- Resfriamento de gases contidos em tubulações (*diminui a pressão e pode produzir vácuo*)
- Expansão de líquido contido em tubulação pelo aumento da temperatura (*o simples aquecimento do sol pode provocar pressões perigosas*)

O EFEITO DO SOL PODE PROVOCAR VARIAÇÕES DE TEMPERATURA DE ATÉ 30 °C E A PRESSÃO AUMENTAR APROXIMADAMENTE 9 Kgf/cm<sup>2</sup> PARA CADA °C

- A vaporização anormal de líquidos dentro das tubulações provoca aumento de pressão (*falha no sistema de resfriamento*)
- O congelamento de líquidos dentro de tubulações provoca aumento de pressão.
- A descompressão de gases liquefeitos causa abaixamento considerável de temperatura (*temperatura de ebulição do propano líquido na pressão atmosférica é – 50 °C*)
- Pré-aquecimento por lavagem de vapor

É PRECISO BOM SENSO NA CONSIDERAÇÃO DAS CONDIÇÕES TRANSITÓRIAS PORQUE, SE POR UM LADO TEMOS AS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA, POR OUTRO LADO EXISTE O LADO ECONÔMICO.

## CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAREDE

$$S_{ci} = \frac{Pd_m}{2t}$$

$$S_l = \frac{Pd_m}{2t}$$

Onde:

$S_{ci}$  = Tensão circunferencial  
 $S_l$  = Tensão longitudinal  
 $P$  = Pressão interna  
 $d_m$  = Diâmetro médio do cilindro  
 $t$  = Espessura da parede

DAS FÓRMULAS ACIMA OBSERVA-SE QUE  $S_{ci} = 2S_l$  —> PORTANTO  $S_{ci}$  SERÁ A TENSÃO LIMITANTE

Fazendo  $S_{ci} = S_h$  obtem-se  $t_m$  para resistir à pressão interna do tubo

$$t_m = \frac{Pd_m}{2S_h}$$

AS FÓRMULAS ACIMA SÓ PODEM SER APLICADAS PARA  $D > 6t$

**Fórmula de Lamé**  
(para  $D/t$  entre 4 e 6)

$$t = \frac{D}{2} \left( 1 - \sqrt{\frac{S_h - P}{S_h + P}} \right)$$

**Fórmula de Clavarino**  
(para paredes espessas)

$$S_{ci} = P \times \frac{d^2(1 - 2\lambda) + D^2(1 + \lambda)}{D^2 - d^2}$$

Onde:  $D$  = Diâmetro externo e  $\lambda$  = Módulo de Poisson

PARA BAIXAS PRESSÕES, EM TEMPERATURA MODERADA, O CÁLCULO RESULTA EM ESPESSURAS MUITO PEQUENAS.

PARA GARANTIR A RESISTÊNCIA ESTRUTURAL DO TUBO GERALMENTE SÃO ADOTADAS AS SEGUINTEES ESPESSURAS MÍNIMAS:

- Diâmetros nominais até 1 ½", inclusive: —> série 80
- Diâmetros nominais de 2" a 12", inclusive: —> série 40
- Diâmetros nominais de 14" ou maiores: —> 9 mm (3/8")

## CÁLCULO DA ESPESSURA DE PAREDE (Norma ANSI/ASME. B.31)

$$t = \frac{PD}{2(S_h E + PY)} + C, \quad \text{ou} \quad t = \frac{Pd}{2(S_h E + PY - P)} + C$$

Onde:

$P$  = pressão interna de projeto.

$D$  = diâmetro externo;  $d$  = diâmetro interno

$S_h$  = tensão admissível do material na temperatura de projeto.

$E$  = coeficiente de eficiência de solda:

$E=1$  Para tubos sem costura e tubos com costura por solda de topo, totalmente radiografada.

$E=0,9$  Para tubos com costura por solda de topo, radiografia parcial

$E=0,85$  Idem, sem radiografia, solda pelos dois lados.

$E=0,8$  Idem, Idem, solda por um só lado.

$Y$  = coeficiente de redução de acordo com o material e a temperatura.

$Y=0,4$  Para tubos de aço carbono e outros aços ferríticos, em temperaturas de até 485 °C.

$Y=0$  Para tubos de ferro fundido.

$C$  = soma das sobreespessura para corrosão, erosão e abertura de roscas.

AS FÓRMULAS NÃO PODEM SER APLICADAS QUANDO  $P/SE > 0,385$   
E TAMBÉM QUANDO  $t > D/6$

**A SOBREESSPESURA PARA CORROSÃO E EROSÃO SERÁ O PRODUTO DA TAXA ANUAL DE CORROSÃO PELO NÚMERO DE ANOS DA VIDA ÚTIL; PARA TUBULAÇÕES EM GERAL, TOMA-SE DE 10 A 15 ANOS DE VIDA ÚTIL.**

NA FALTA DE DADOS, PARA O AÇO CARBONO E AÇOS DE BAIXA LIGA, CONSIDERA-SE:

1. 1,2 mm como valor mínimo para a sobreespessura de corrosão
2. 2,0 mm em serviços de média corrosão
3. até 4,0 mm em serviços de alta corrosão

DEVE-SE CONSIDERAR AINDA A VARIAÇÃO DE ESPESSURA DE PAREDE DEVIDO O PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO TUBO.

### ESPESSURA DE PAREDE PARA TUBULAÇÕES ENTERRADAS E PARA TUBULAÇÕES SUJEITAS A PRESSÃO EXTERNA

AÇÃO DO PESO DA TERRA	PRESSÃO DE COLAPSO
$W = CgB^2$ <p><math>W</math> = Carga sobre o tubo (<math>N/m^2</math>)  <math>C</math> = Coeficiente da natureza do solo  <small>TABELADO PELA NORMA H-1 D AWWA  (American Water Works Association)</small>  <math>g</math> = Peso específico da terra (<math>N/m^3</math>)  <math>B</math> = Largura da trincheira (m)</p>	$P_c = \frac{2E}{1-\lambda^2} \left( \frac{t}{D} \right)^3$ <p><math>P_c</math> = Pressão de colapso  <math>E</math> = Módulo de elasticidade do material  <math>\lambda</math> = Módulo de Poisson do material</p>

## CÁLCULO DO VÃO ENTRE SUPORTES

### FATORES LIMITANTES

A tensão máxima de flexão, no ponto de maior momento fletor, deverá ser inferior a uma determinada tensão admissível.

A flecha máxima, no meio do vão, deverá ser inferior a um determinado valor admissível.

$$S_v = \frac{L}{10Z} [qL + 2(Q + W)]$$

Onde:

$S_v$  = Tensão máxima de flexão (MPa)

$L$  = Vão entre os suportes (m)

$q$  = Soma das cargas distribuídas (N/m)

*Peso próprio do tubo*

*Peso do fluido ou peso da água de teste*

*Peso do isolamento térmico*

*Peso do sistema de aquecimento*

$Q$  = Soma das cargas concentradas (N)

$W$  = Sobrecarga aplicada no meio do vão - (recomenda-se uma sobrecarga de 2000 N para tubulações de aço de Ø 3" ou maior, situadas a até 3 m de altura do solo)

$Z$  = Momento resistente da seção transversal do tubo (cm<sup>3</sup>) – (ANEXO 1 DA AULA 1)

Quando só existirem cargas distribuídas:

$$S_v = \frac{qL^2}{10Z} \quad \text{que resulta em: } L = \sqrt{\frac{10ZS_v}{q}}$$

É usual considerar:  $S_v \leq \frac{LR}{10}$

(Sendo  $LR$  = Limite de resistência do material)

Para o aço carbono até a temperatura de 350 °C:

$$S_v = 35 \text{ MPa } (\cong 350 \text{ Kgf/cm}^2)$$

A FLECHA MÁXIMA, NO MEIO DO VÃO, PODE SER CALCULADA POR:

$$\delta = \frac{2400L^3}{EI} \left[ \frac{Q+W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$$

Quando só existirem cargas distribuídas:

$$\delta = \frac{600qL^4}{EI} \quad \text{que resulta em: } L = \sqrt[4]{\frac{\delta EI}{600q}}$$

Onde:

$\delta$  = Flecha máxima (mm)

$E$  = Módulo de elasticidade do material na temperatura considerada (MPa)

**ANEXO 5 DA AULA 9**

$I$  = Momento de inércia da seção transversal do tubo (cm<sup>4</sup>) – (ANEXO 1 DA AULA 1)

## VALORES ADMITIDOS PARA FLECHAS:

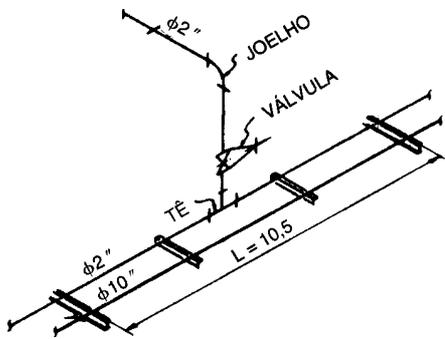
Tubulações em áreas de processo:

- Tubos de  $\varnothing$  3" ou menores- Tubos de  $\varnothing$  4" ou maiores

Tubulações fora de áreas de processo

## EXEMPLO NUMÉRICO

Calcular a tensão causada pelos pesos no tubo de 10", e a tensão combinada longitudinal, de acordo com o critério da norma ANSI/ASME B.31



Considerando os seguintes dados:

Peso do tubo de 10" cheio de água: 1110 N/m  
 Peso do tubo de 2" cheio de água: 94 N/m  
 Peso da derivação, válvulas e acessórios:  $Q = 530$  N  
 Sobrecarga adicional considerada:  $W = 1000$  N  
 Pressão de projeto:  $P = 4800$  Kpa = 4,8 MPa  
 Vão entre os suportes:  $L = 10,5$  m  
 Espessura da parede (série 40):  $t = 9,3$  mm  
 Diâmetro externo do tubo de 10":  $D = 273$  mm  
 Material: Aço-carbono API-5L Gr. A  
 Temperatura de projeto: 200 °C  
 Momento resistente do tubo de 10":  $Z = 490$  cm<sup>3</sup>

Para facilitar, aproximar, considerando o peso do tubo de 2" como carga distribuída.

Assim:  $q = 1110 + 94 = 1204$  N/m

A tensão devido aos pesos será então:

$$S_v = \frac{L}{10 Z} [qL + 2(Q + W)] = \frac{10,5}{10 \times 490} [1204 \times 10,5 + 2(530 + 1000)] = 33,6 \text{ MPa}$$

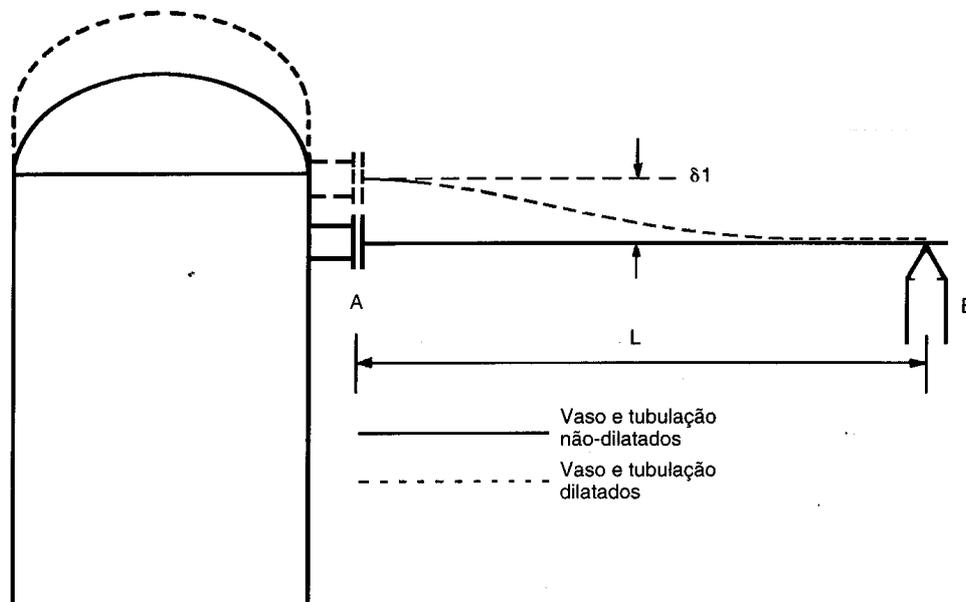
Como  $S_v < 35$  MPa, significa que o valor do vão está razoável, apesar do carregamento adicional.

Para a tensão combinada temos:  $\sum S_l \leq S_h \Rightarrow S_v + S_l \leq S_h$  onde,

$$S_l = \frac{PD}{4t} \Rightarrow S_l = \frac{4,8 \times 273}{4 \times 9,3} = 35,2 \text{ MPa} \Rightarrow S_v + S_l = 33,6 + 35,2 = 68,6 \text{ MPa}$$

Como  $S_h = 110,3$  MPa conclui-se que o vão adotado é satisfatório

## MOVIMENTO VERTICAL LIMITE PARA EMPREGO DE SUPORTES MÓVEIS



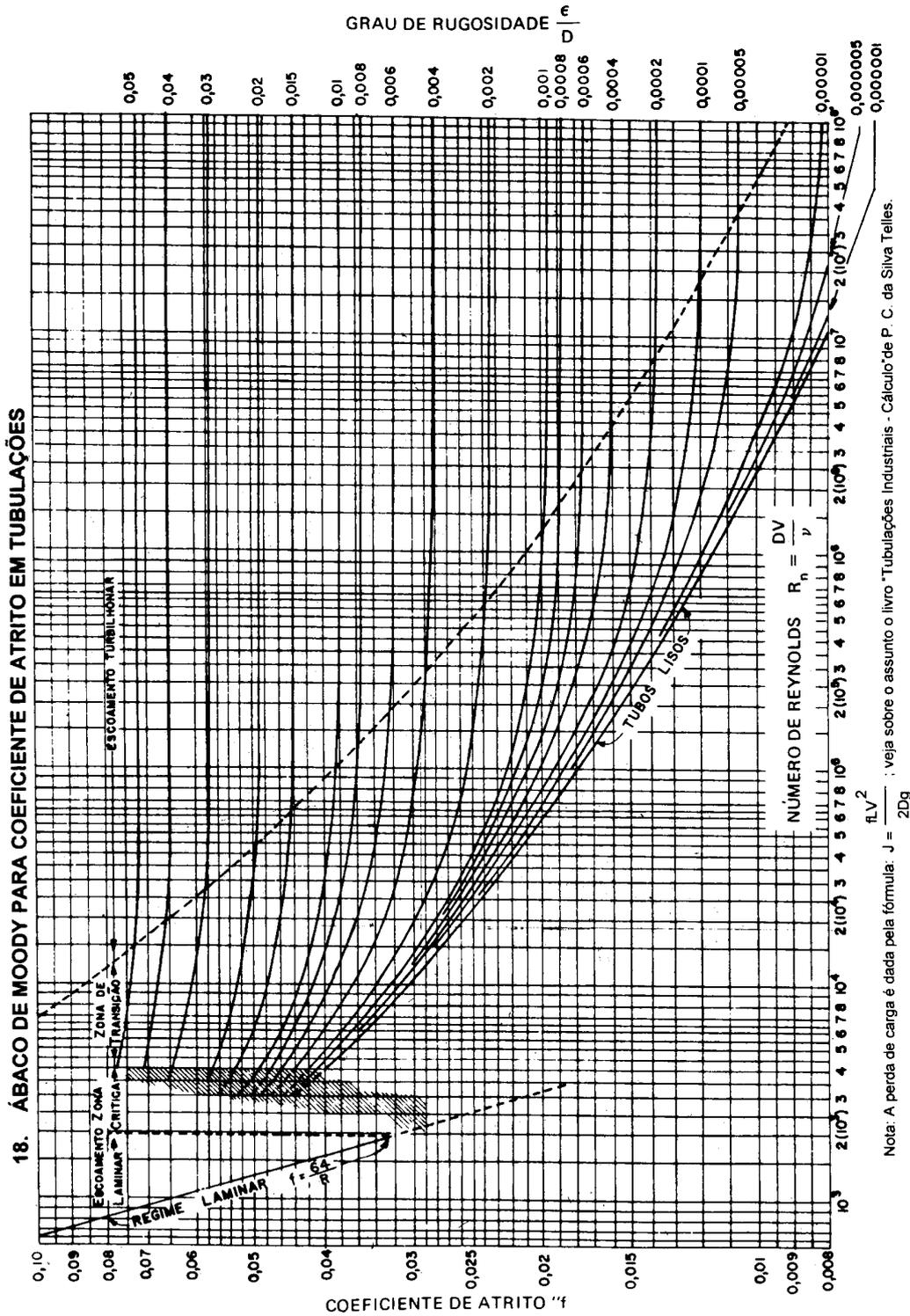
SE O MOVIMENTO VERTICAL  $\delta_1$  FOR SUPERIOR A  $\delta_{m\acute{a}x}$ . SERÁ NECESSÁRIO O EMPREGO DE UM SUPORTE MÓVEL NO PONTO "B"

$$\delta_{m\acute{a}x.} = \frac{10^7 qL^4}{24EI} \quad \text{onde:}$$

- $\delta_{m\acute{a}x.}$  = deslocamento vertical máximo (mm)
- $q$  = peso do tubo, incluindo fluido, isolamento etc. (Kgf/m)
- $L$  = vão entre os suportes (m)
- $E$  = módulo de elasticidade do material na temperatura considerada (Kgf/cm<sup>2</sup>) – (ANEXO 5 DA AULA 9)
- $I$  = momento de inércia da seção transversal do tubo (cm<sup>4</sup>)

# AULA 9

Referente aos Capítulos 1,2 e 3 do  
Segundo Volume Livro Texto

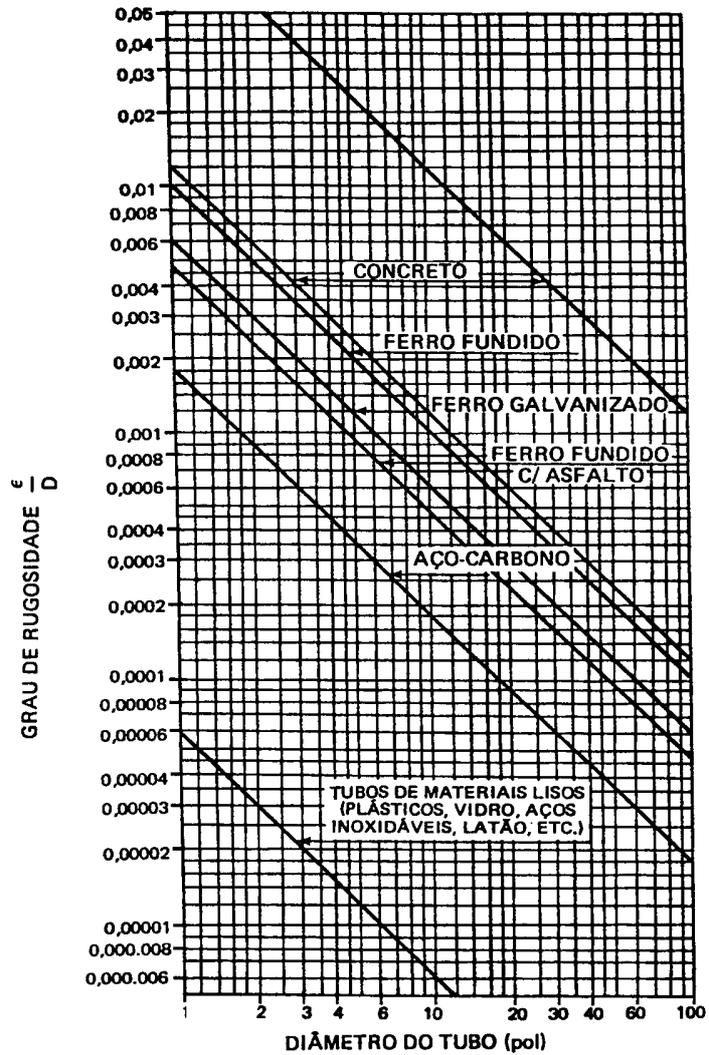


60

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 60)

Folha 1 de 2

19. GRAU DE RUGOSIDADE DE TUBOS



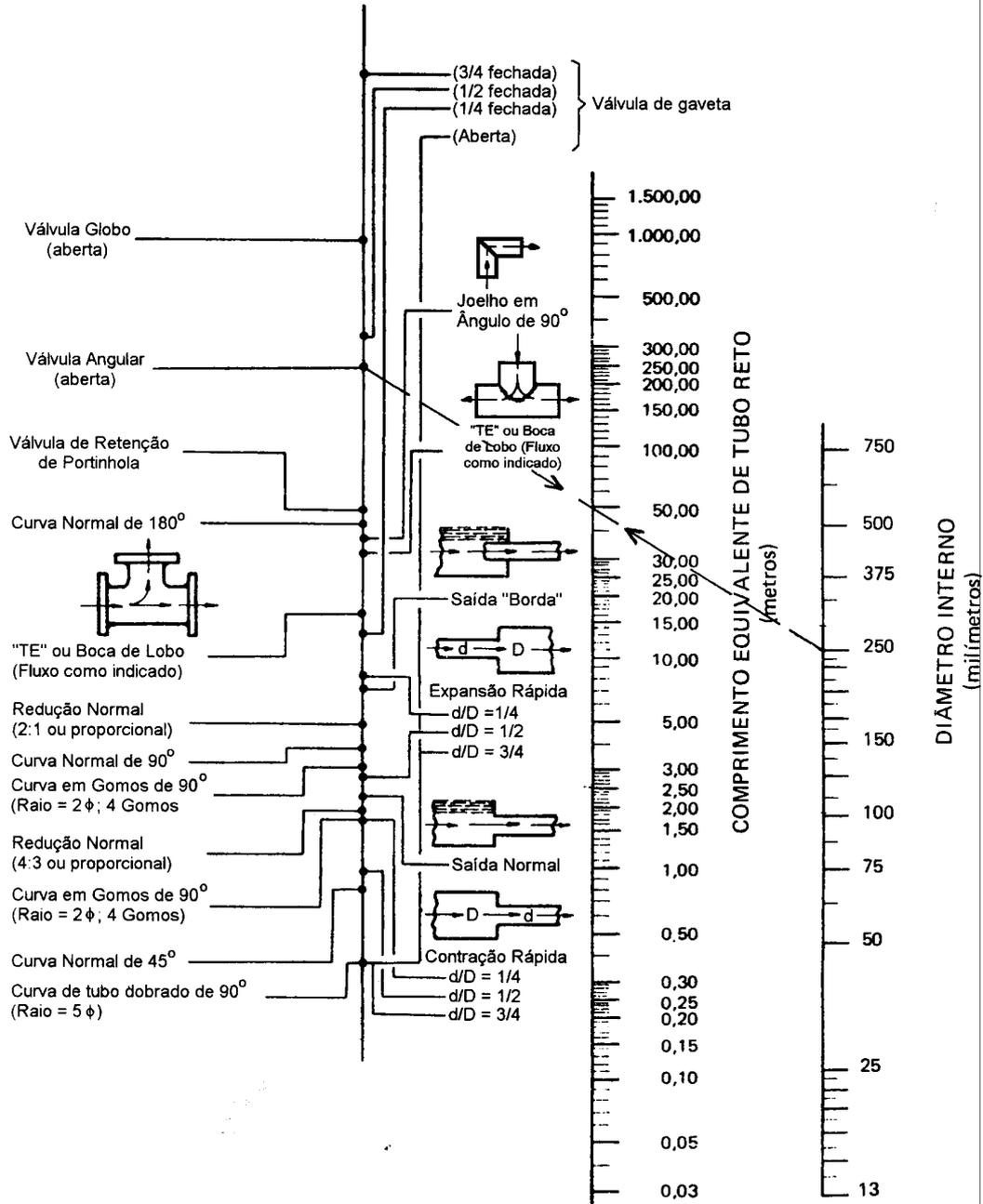
20. VAZÕES E DECLIVIDADES PARA TUBOS DE ESGOTO

Diâmetro nominal do tubo (pol.)	Velocidade mínima 0,9 m/s		Velocidade máxima 1,5 m/s	
	Vazão (l/s)	Declividade (cm/m)	Vazão (l/s)	Declividade (cm/m)
4	7,57	1,70	12,62	4,40
6	16,40	1,10	28,39	2,70
8	30,29	0,76	50,48	2,00
10	47,32	0,60	78,87	1,50
12	69,41	0,48	113,58	1,20
14	105,69	0,36	176,68	0,90
16	119,89	0,33	201,92	0,86
18	154,59	0,29	258,71	0,77
20	189,30	0,26	315,50	0,67
24	265,02	0,20	479,56	0,60

Nota: Os valores acima são obtidos da fórmula de Manning, e supõe os tubos com seção plena.

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 61)  
Folha 2 de 2

**21. PERDA DE CARGA EM VÁLVULAS, CONEXÕES E OUTROS ACIDENTES  
COMPRIMENTOS EQUIVALENTES**



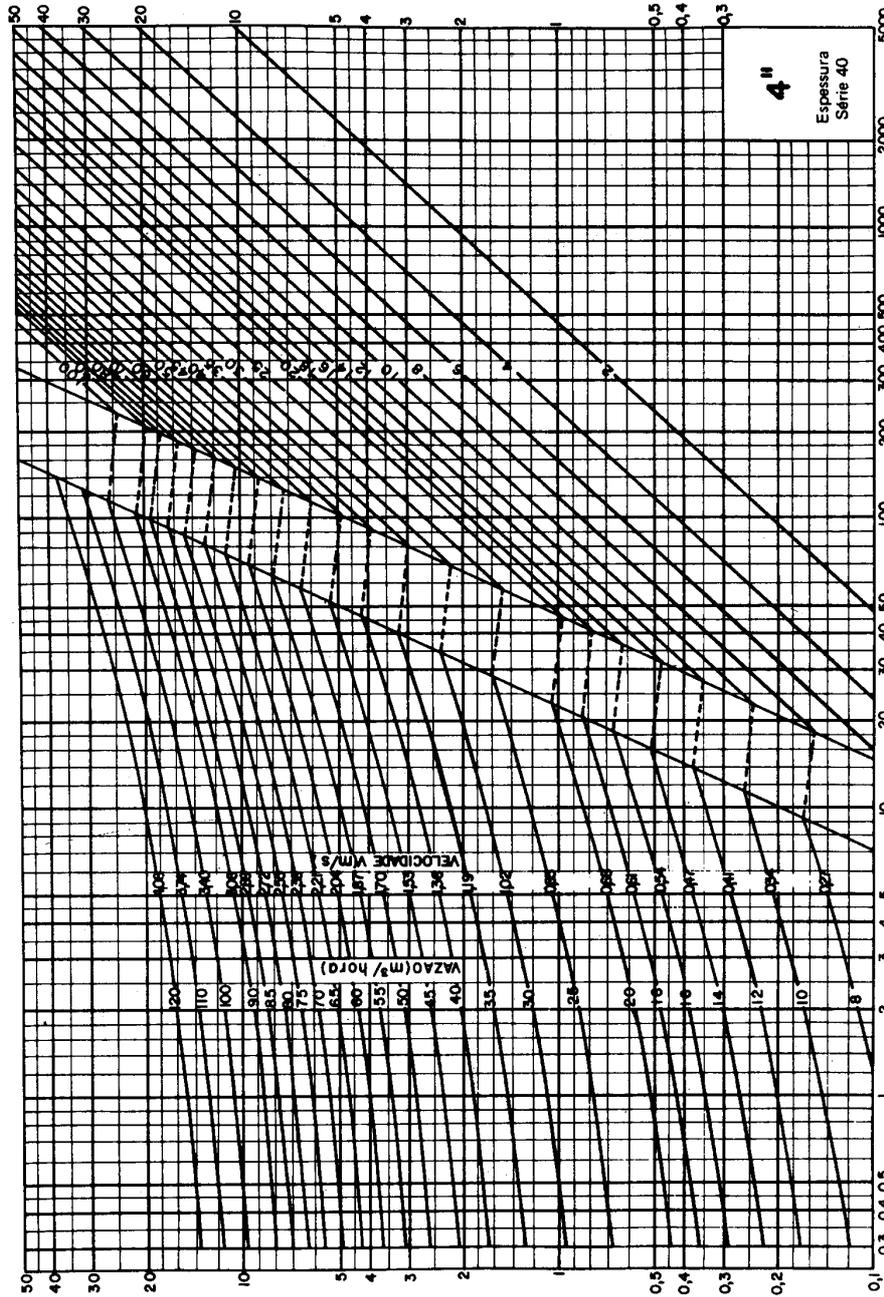
Nota: 1. Veja Tabela 5, para a correspondência entre os "DIÂMETROS NOMINAIS" e os "DIÂMETROS INTERNOS" dos tubos. Observe-se que para tubos de grande espessura esses dois valores diferem bastante entre si.  
 2. As "CURVAS NORMAIS" têm o raio médio igual a uma vez e meia o "DIÂMETRO NOMINAL".  
 3. Os valores de perda de carga para as válvulas são valores médios. A perda de carga verdadeira poderá variar bastante dependendo do fabricante da válvula.

ANEXO 2 – Livro de Tabelas (pág. 62)

Folha 1 de 1

PERDA DE CARGA (m DE COLUNA LÍQUIDA POR 100m DE TUBO)

13. GRÁFICOS PARA CÁLCULO DA PERDA DE CARGA EM TUBOS PARA LÍQUIDOS  
(Aplicáveis para tubos novos de aço - qualquer tipo de aço)



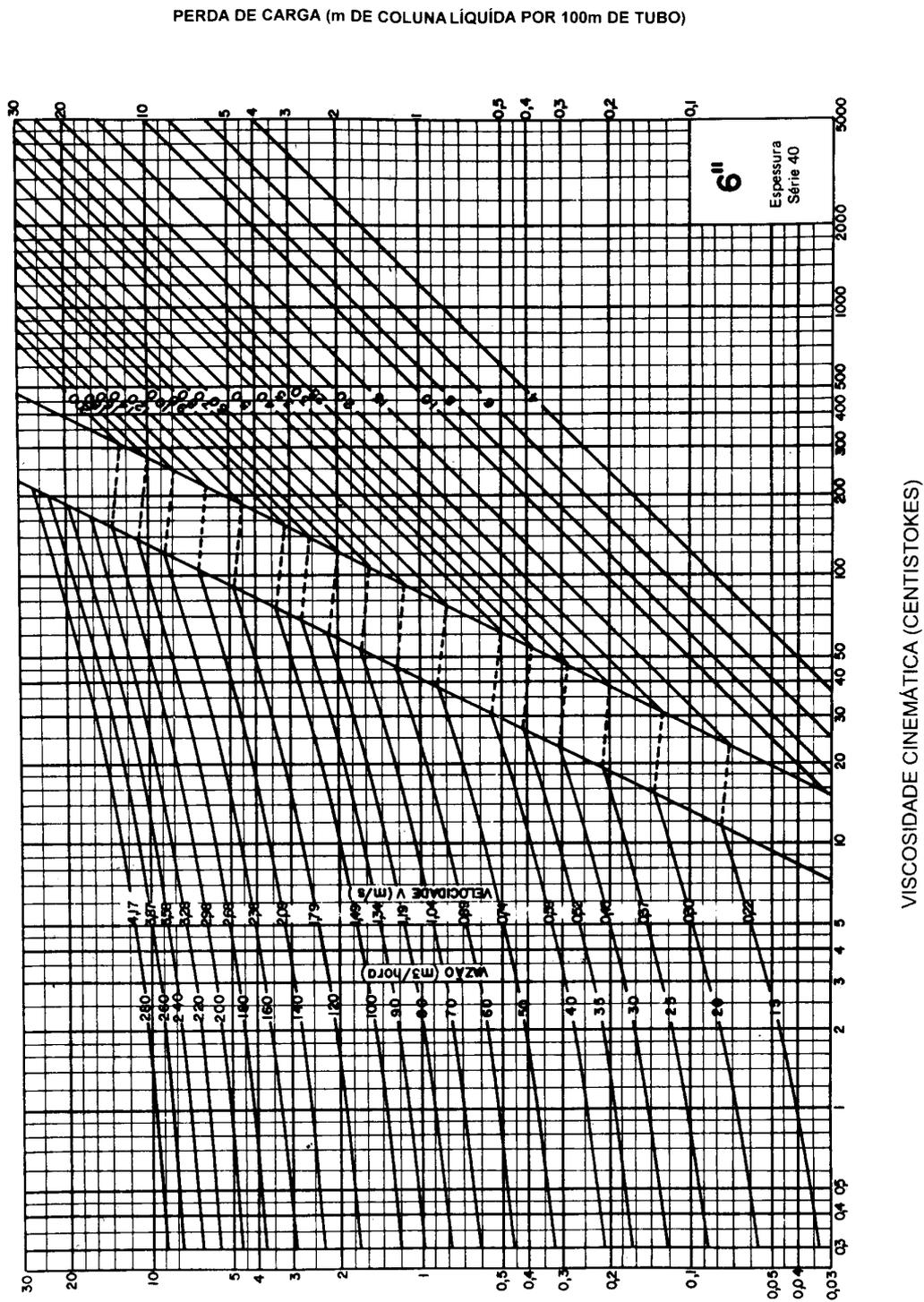
VISCOSIDADE CINEMÁTICA (CENTISTOKES)

ESTE GRÁFICO É DE PROPRIEDADE DA "SHELL INTERNATIONAL PETROLEUM MAATSCHAPPIJ B. V." - REPRODUZIDO COM PERMISSÃO

ANEXO 3 – Livro de Tabelas (pág. 34)

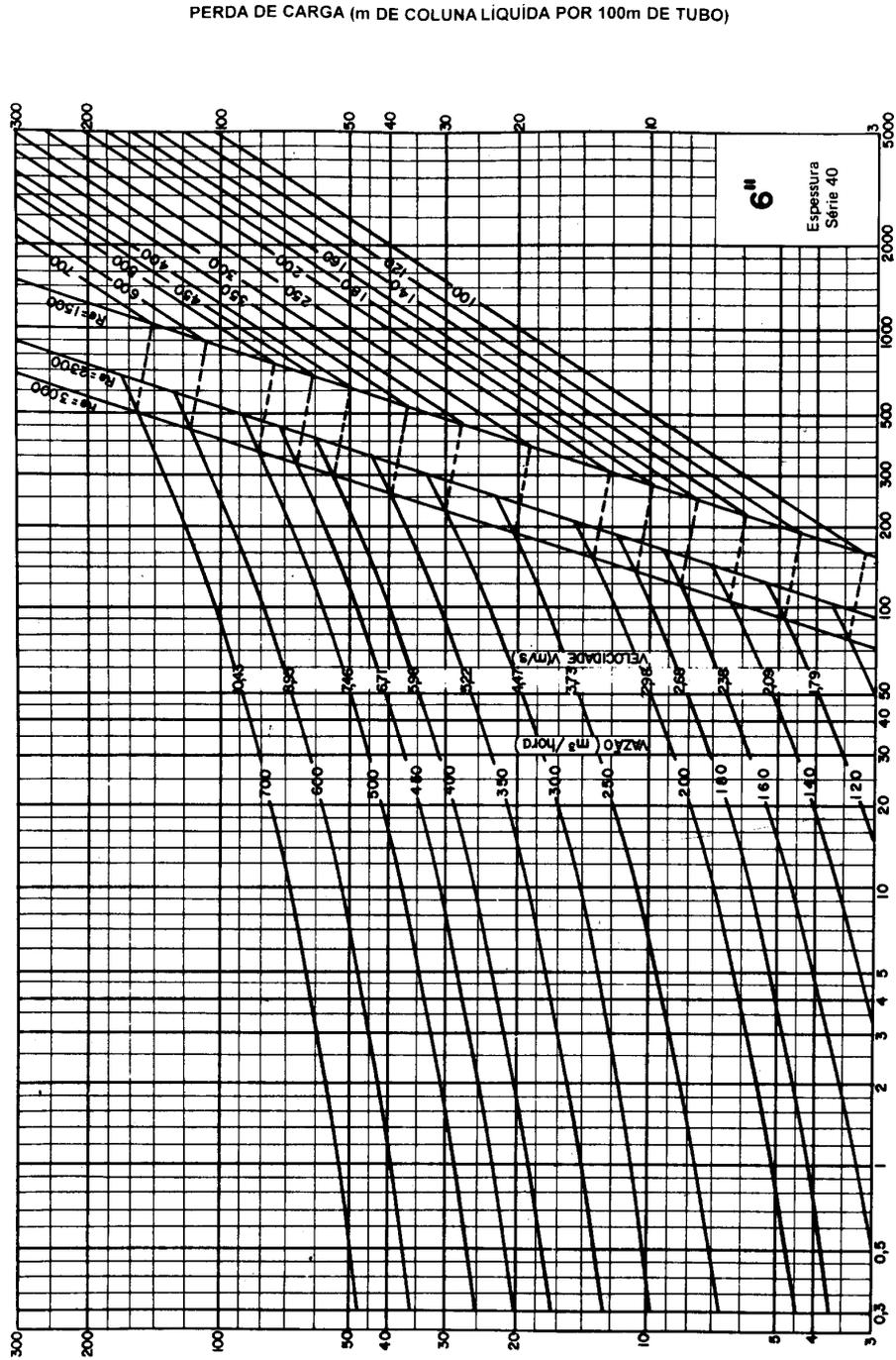
Folha 1 de 3

13. GRÁFICOS PARA CÁLCULO DA PERDA DE CARGA EM TUBOS PARA LÍQUIDOS  
(Aplicáveis para tubos novos de aço - qualquer tipo de aço)



ANEXO 3 – Livro de Tabelas (pág. 35)  
Folha 2 de 3

13. GRÁFICOS PARA CÁLCULO DA PERDA DE CARGA EM TUBOS PARA LÍQUIDOS  
(Aplicáveis para tubos novos de aço - qualquer tipo de aço)



VISCOSIDADE CINEMÁTICA (CENTISTOKES)

ESTE GRÁFICO É DE PROPRIEDADE DA "SHELL INTERNATIONAL PETROLEUM MAATSCHAPPIJ B. V." - REPRODUZIDO COM PERMISSÃO

**29. TENSÕES ADMISSÍVEIS PARA AÇOS PARA TUBOS**  
**29.1 De acordo com a norma ANSI/ASME B. 31.1, para Tubulações em Centrais de Vapor (continuação)**

(Para limites de temperatura veja Tabelas 27). (Veja Notas na pág. 87)

b) Tensões admissíveis em MPa (veja Nota 1) (Para tensões admissíveis em kg/cm<sup>2</sup>, veja pág. 86)

Tipo de material	Especificação de material e grau (de acordo com ASTM ou API)	Temperatura do metal (°C)																				
		38	93	149	204	260	316	343	371	399	427	454	482	510	538	566	593	621	649			
Aço-carbono (sem costura)	A - 53 Gr A	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	80,7	73,8	62,0							
	A - 106 Gr A	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	80,7	73,8	62,0							
	API - 5L Gr A	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	80,7	73,8	62,0							
	A - 53 Gr-B	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	99,3	89,6	74,5							
	A - 106 Gr B	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	99,3	89,6	74,5							
Aço-carbono (solda por resistência elétrica)	API - 5L Gr B	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	99,3	89,6	74,5							
	A - 120	74,5	73,1	70,3	67,5																	
Aço-carbono (solda elétrica por arco protegido) (v. nota 3)	A - 53 Gr A (ERW)	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	68,3	62,7	53,1							
	API - 5L Gr A (ERW)	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	70,3	66,3	62,7	52,4							
	A - 53 Gr B (ERW)	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	84,1	75,8	63,4							
	API - 5L Gr B (ERW)	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	88,2	84,1	75,8	63,4							
	A - 671 - CA 55	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	91,7	83,4	70,3							
Aços de baixa liga (sem costura)	A - 672 - A 55, C 55	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	91,7	83,4	70,3							
	A - 671 - CB 60, CC 60	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	99,3	89,6	74,5							
	A - 672 - B 60, C 60	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	99,3	89,6	74,5							
	A - 671 - CB 70, CC 70	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	114,4	102,0	82,7							
	A - 672 - B 70, C 70	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	114,4	102,0	82,7							
	API - 5L Gr A (EFW)	74,5	74,5	74,5	74,5	74,5	74,5	74,5	74,5	74,5	74,5	74,5	72,4	66,2	55,8							
	API - 5L Gr B (EFW)	93,1	93,1	93,1	93,1	93,1	93,1	93,1	93,1	93,1	93,1	93,1	89,6	80,1	66,9							
	A - 335 Gr P - 1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	93,1	90,3						
	A - 335 Gr P - 5	103,4	103,4	103,4	103,4	100,0	96,5	94,5	92,4	90,3	88,2	82,7	71,7	52,4	38,6	28,3	20,7	13,8	9,0			
	A - 335 Gr P - 7	103,4	103,4	103,4	103,4	100,0	96,5	94,5	92,4	90,3	86,2	79,3	65,5	48,3	34,5	24,1	17,2	12,4	8,3			
A - 335 Gr P - 9	103,4	103,4	103,4	103,4	100,0	96,5	94,5	92,4	90,3	88,2	86,2	82,7	74,5	58,6	37,9	22,7	15,2	10,3				
A - 335 Gr P - 11	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	102,0	103,4	102,0	97,9	90,3	75,8	45,5	28,3	19,3
A - 335 Gr P - 12	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	99,3	90,3	75,8	45,5	28,3	19,3
A - 335 Gr P - 22	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	99,3	90,3	75,8	45,5	28,3	19,3
Aços de baixa liga (solda elétrica por arco protegido)	A - 691 CM 65	112,3	112,3	112,3	112,3	112,3	112,3	112,3	112,3	112,3	112,3	112,3	112,3	111,7	108,9	105,5						
	A - 691 CM 70	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	117,9	116,5							
	A - 691 (1 ½ Cr)	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	100,7	95,8	75,8	47,6	31,7	19,3	
	A - 691 (2 ¼ Cr)	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	103,4	99,3	90,3	75,8	45,5	28,3	19,3	
	A - 691 (5 Cr)	103,4	103,4	103,4	103,4	100,0	96,5	94,5	92,4	90,3	88,2	82,7	71,7	52,4	38,6	28,9	21,4	13,8	8,9			

\* (veja Nota 3)

**29. TENSÕES ADMISSÍVEIS PARA AÇOS PARA TUBOS**  
**29.1 De acordo com a norma ANSI/ASME B. 31.1, para Tubulações em Centrais de Vapor (continuação)**

(Para limites de temperatura veja Tabelas 27) (Veja Notas na pág. 87)  
 b) Tensões admissíveis em MPa (veja Nota 1) (Para tensões admissíveis em kg/cm<sup>2</sup>, veja pág. 86)

Tipo de material	Especificação de material e grau (de acordo com ASTM)	Temperatura do metal (°C)																	
		38	93	149	204	260	316	343	371	399	427	454	482	510	538	566	593	621	649
Aços inoxidáveis (sem costura)	A - 312 TP 304, TP 304H	129,6	122,7	114,4	111,7	108,6	108,6	109,6	109,6	107,5	104,8	102,7	101,3	99,3	95,1	84,1	67,6	53,1	42,0
	A - 312 TP 304L	108,2	108,2	105,5	101,3	99,3	96,5	94,5	93,1	91,7	89,6								
	A - 312 TP 310	129,6	118,6	113,1	109,6	106,9	105,5	104,8	104,1	103,4	102,7	100,7	95,8	86,2	75,8	67,6	58,2	50,3	41,4
	A - 312 TP 316, TP 316H	129,6	129,6	126,9	124,8	124,1	117,2	115,1	112,4	111,0	109,6	108,2	107,5	106,2	105,5	100,0	85,5	67,6	51,0
	A - 312 TP 316L	108,2	108,2	108,2	106,9	99,3	93,1	91,0	88,9	86,9	85,5	83,4							
	A - 312 TP 321	129,6	126,9	119,3	117,9	117,9	113,1	111,0	108,9	108,2	106,9	106,2	105,5	104,8	96,1	66,2	47,6	34,5	24,8
Aços inoxidáveis (solda elétrica protegido)	A - 312 TP 347	129,6	123,4	113,1	106,9	102,7	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	100,7	96,5	83,4	62,7	42,0	30,3
	A - 268 TP 405, TP 430	103,4	98,6	95,1	91,7	88,9	85,5	84,8	83,4										
	A - 268 TP 410	103,4	98,6	95,1	91,7	88,9	85,5	84,8	83,4										
	A - 268 TP 446	120,7	111,0	111,0	107,5	103,4	100,0	98,6	97,2										
	A - 312 TP 304, TP 304H	110,3	104,1	97,2	95,1	93,1	93,1	93,1	93,1	91,0	88,9	87,6	86,2	84,1	80,7	71,7	57,2	45,5	35,8
	A - 312 TP 304L	91,7	91,7	89,6	86,2	84,8	82,0	80,7	79,3	77,9	76,5								
Aços inoxidáveis (solda elétrica protegido)	A - 312 TP 310	116,5	100,7	96,5	93,1	91,0	89,6	88,9	88,9	88,2	87,6	85,5	81,4	73,1	64,8	41,4			
	A - 312 TP 316, TP 316H	110,3	110,3	107,5	106,2	105,5	100,0	97,9	95,8	94,5	93,1	92,4	91,0	90,3	89,6	84,8	73,1	57,2	43,4
	A - 312 TP 316L	91,7	91,7	91,7	91,0	84,8	79,3	77,2	75,1	73,8	72,4	71,0							
	A - 312 TP 321	110,3	107,6	101,3	100,7	100,7	95,8	94,5	93,1	91,7	91,0	90,3	89,6	88,9	81,4	56,5	40,7	29,6	21,4
	A - 312 TP 347	110,3	104,8	96,5	91,0	87,6	86,2	86,2	86,2	86,2	86,2	86,2	86,2	85,5	82,0	71,0	53,8	35,8	26,2
	A - 268 TP 405, TP 410, TP 430	88,2	84,1	84,1	77,9	75,1	73,1	71,7	71,0										
A - 268 TP 446	102,7	97,9	94,5	91,7	88,2	84,8	84,1	82,7											

**29. TENSÕES ADMISSÍVEIS PARA AÇOS PARA TUBOS**  
**29.2 De acordo com a norma ANSI/ASME B. 31.3, para Tubulações em Indústrias Químicas e Refinarias de Petróleo**  
 (Veja Notas na pág. 94)  
 a) Tensões admissíveis em kg/cm<sup>2</sup> (veja Nota 1) (Para tensões admissíveis em MPa, veja pág. 92)

Tipo de material	Especificação de material e grau (de acordo com ASTM ou API)	Temperatura do metal (°C)															
		38	93	149	204	260	316	343	371	399	427	454	482	510	538	566	593
Aço-carbono (sem costura ou com costura)	A - 53 Gr A	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.040	1.019	1.012	752	654	555	457	316	176	112	70
	A - 106 Gr A	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.040	1.019	1.012	752	654	555	457	316	176	112	70
	API - 5L Gr A	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.040	1.019	1.012	752	654	555	457	316	176	112	70
	A - 135 Gr A	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.040	1.019	1.012	752	654	555	457	316	176	112	70
	A - 53 Gr B	1.406	1.406	1.406	1.406	1.329	1.216	1.195	1.160	914	759	611	457	316	176	112	70
	A - 106 Gr B	1.406	1.406	1.406	1.406	1.329	1.216	1.195	1.160	914	759	611	457	316	176	112	70
	API - 5L Gr B	1.406	1.406	1.406	1.406	1.329	1.216	1.195	1.160	914	759	611	457	316	176	112	70
	A - 135 Gr B	1.406	1.406	1.406	1.406	1.329	1.216	1.195	1.160	914	759	611	457	316	176	112	70
	A - 333 Gr 6	1.406	1.406	1.406	1.406	1.329	1.216	1.195	1.160	914	759	611	457	316	176	112	70
	API 5L x 42	1.406	1.406	1.406													
API 5L x 42	1.476	1.476	1.476														
API 5L x 52	1.547	1.547	1.547														
A - 134 (285 C)	1.174	1.153	1.125	1.083	1.026	935	921	914	787	675	569	457					
A - 134 (283 B)	963	914	872														
A - 120	844	801															
A - 671 - CA 55	1.286	1.286	1.244	1.209	1.139	1.040	1.019	1.012	850	717	590	457	316	176	112	70	
A - 672 - A 55, C 55	1.286	1.286	1.244	1.209	1.139	1.040	1.019	1.012	850	717	590	457	316	176	112	70	
A - 671 - CB 60, CC 60	1.406	1.371	1.329	1.286	1.216	1.111	1.090	1.083	914	759	611	457	316	176	112	70	
A - 672 - B 60, C 60	1.406	1.371	1.329	1.286	1.216	1.111	1.090	1.083	914	759	611	457	316	176	112	70	
A - 671 - CB 70, CC 70	1.638	1.624	1.582	1.525	1.441	1.314	1.294	1.286	1.040	844	654	457	316	176	112	70	
A - 672 - B 70, C 70	1.638	1.624	1.582	1.525	1.441	1.314	1.294	1.286	1.040	844	654	457	316	176	112	70	

\* (veja Nota 3)

**29. TENSÕES ADMISSÍVEIS PARA AÇOS PARA TUBOS**  
**29.2 De acordo com a norma ANSI/ASME B. 31.3, para Tubulações em Indústrias Químicas e Refinarias de Petróleo (continuação)**

(Veja Notas na pág. 94)

a) Tensões admissíveis em kg/cm<sup>2</sup> (veja Nota 1) (Para tensões admissíveis em MPa, veja pág. 92)

Tipo de material	Especificação de material e grau (de acordo com ASTM)	Temperatura do metal (°C)																								
		38	93	148	204	260	316	343	371	399	427	454	482	510	538	566	593	621	649	677	704	732	760	788	816	
Aços de baixa liga	A - 333 Gr 3 e Gr 7	1.526	1.378	1.378	1.315	1.251	1.181	1.146	1.090	977	801	633	457	316	176	112	70									
	A - 335 Gr P - 1	1.287	1.287	1.230	1.118	1.146	1.104	1.803	1.062	970	949	928	893	893	893	893	893									
	A - 335 Gr P - 5	1.406	1.273	1.223	1.209	1.202	1.181	1.167	1.146	928	900	851	766	562	408	295	204	141	91							
	A - 335 Gr P - 7	1.406	1.273	1.223	1.209	1.202	1.181	1.167	1.146	928	900	851	766	562	408	295	204	141	84							
	A - 335 Gr P - 9	1.406	1.273	1.223	1.209	1.202	1.181	1.167	1.146	928	900	851	801	745	520	351	232	155	105							
	A - 335 Gr P - 11	1.406	1.315	1.265	1.230	1.209	1.174	1.139	1.097	1.069	1.055	1.019	900	773	548	387	281	176	84							
	A - 335 Gr P - 12	1.406	1.315	1.265	1.230	1.209	1.174	1.139	1.097	1.069	1.055	1.019	900	773	527	351	197	112	70							
	A - 335 Gr P - 22	1.406	1.301	1.265	1.258	1.258	1.258	1.258	1.258	1.258	1.258	1.069	1.019	900	773	548	408	295	211	141						
	A - 691 CM 65	1.526	1.526	1.526	1.455	1.406	1.357	1.308	1.146	1.111	1.076	963	576	337												
	A - 691 CM 70	1.638	1.638	1.538	1.582	1.526	1.469	1.441	1.413	1.230	1.202	963	576	337												
Aços inoxidáveis	A - 691 (1/2 Cr)	1.406	1.406	1.406	1.385	1.328	1.287	1.265	1.237	1.216	1.181	1.146	1.055	773	485	323	197	148	84							
	A - 691 (2 1/2 Cr)	1.406	1.301	1.265	1.258	1.258	1.258	1.258	1.258	1.258	1.069	1.019	900	773	548	408	295	211	141							
	A - 691 (5 Cr)	1.406	1.273	1.223	1.209	1.202	1.181	1.167	1.146	928	900	851	766	562	408	295	204	141	91							
	A - 312 TP 304, 304 H	1.406	1.406	1.406	1.315	1.230	1.153	1.139	1.125	1.097	1.069	1.048	1.026	1.012	970	858	682	541	422	330	280	204	162	126	98	
	A - 312 TP 304 L	1.174	1.174	1.174	1.111	1.040	1.005	963	949	935	914	900	837	696	548	443	358	281	224	183	147	119	77	70	63	
	A - 312 TP 310	1.406	1.406	1.406	1.406	1.406	1.350	1.322	1.287	1.265	1.230	1.026	977	879	773	499	351	253	176	105	56	35	28	21	14	
	A - 312 TP 316, 316 H	1.406	1.406	1.406	1.357	1.258	1.195	1.174	1.146	1.132	1.118	1.104	1.090	1.083	1.076	1.005	872	699	520	386	288	218	162	119	91	
	A - 312 TP 316 L	1.174	1.174	1.174	1.090	1.012	949	928	907	886	872	851	830	808	787	759	717	619	450	330	246	176	126	91	70	
	A - 312 TP 321	1.406	1.406	1.406	1.308	1.230	1.153	1.132	1.111	1.104	1.090	1.076	1.069	1.062	970	875	685	551	429	309	232	154	105	84	63	
	A - 312 TP 347	1.406	1.406	1.406	1.406	1.399	1.357	1.308	1.301	1.287	1.083	1.048	1.005	984	851	640	429	309	232	154	105	84	63	56		
A - 268 TP 405	1.406	1.294	1.244	1.223	1.209	1.181	1.146	1.139	815	780	731	675	591	281												
A - 268 TP 410	1.406	1.294	1.244	1.223	1.209	1.181	1.146	1.139	815	780	731	675	591	281												
A - 268 TP 430	1.406	1.406	1.378	1.350	1.336	1.301	1.280	1.237	815	780	731	675	598	457	316											
A - 268 TP 446	1.638	1.638	1.505	1.434	1.364	1.294	1.265	1.230	1.188	1.139	1.062	914	478	316												

**29. TENSÕES ADMISSÍVEIS PARA AÇOS PARA TUBOS****29.2. De acordo com a norma ANSI/ASME B. 31.3, para Tubulações em Indústrias Químicas e Refinarias de Petróleo (conclusão)**

- Notas:
- Essas tensões admissíveis aplicam-se às tensões de tração e de flexão provenientes de cargas externas estáticas e permanentes (tensões primárias). Para outros tipos de tensões, veja a norma.
  - Para os tubos com costura os valores de tensões admissíveis já contém o fator de eficiência de solda, e portanto poderão ser empregados diretamente nos cálculos.
  - As tensões admissíveis das especificações A-671 e A-672 correspondem aos tubos de "Classe 12", isto é, sem tratamento térmico e com radiografia total da solda. Para a especificação A-691, as tensões admissíveis correspondem à "Classe 22", isto é, com tratamento térmico de alívio de tensões e com radiografia total da solda.
  - Para composição química, limites de temperatura, e outras propriedades dos materiais que constam nesta tabela, veja Tabelas 27.
  - Permite-se a interpolação para valores intermediários da temperatura.

**29.3. De acordo com a Norma ANSI B. 31.4, para Oleodutos**

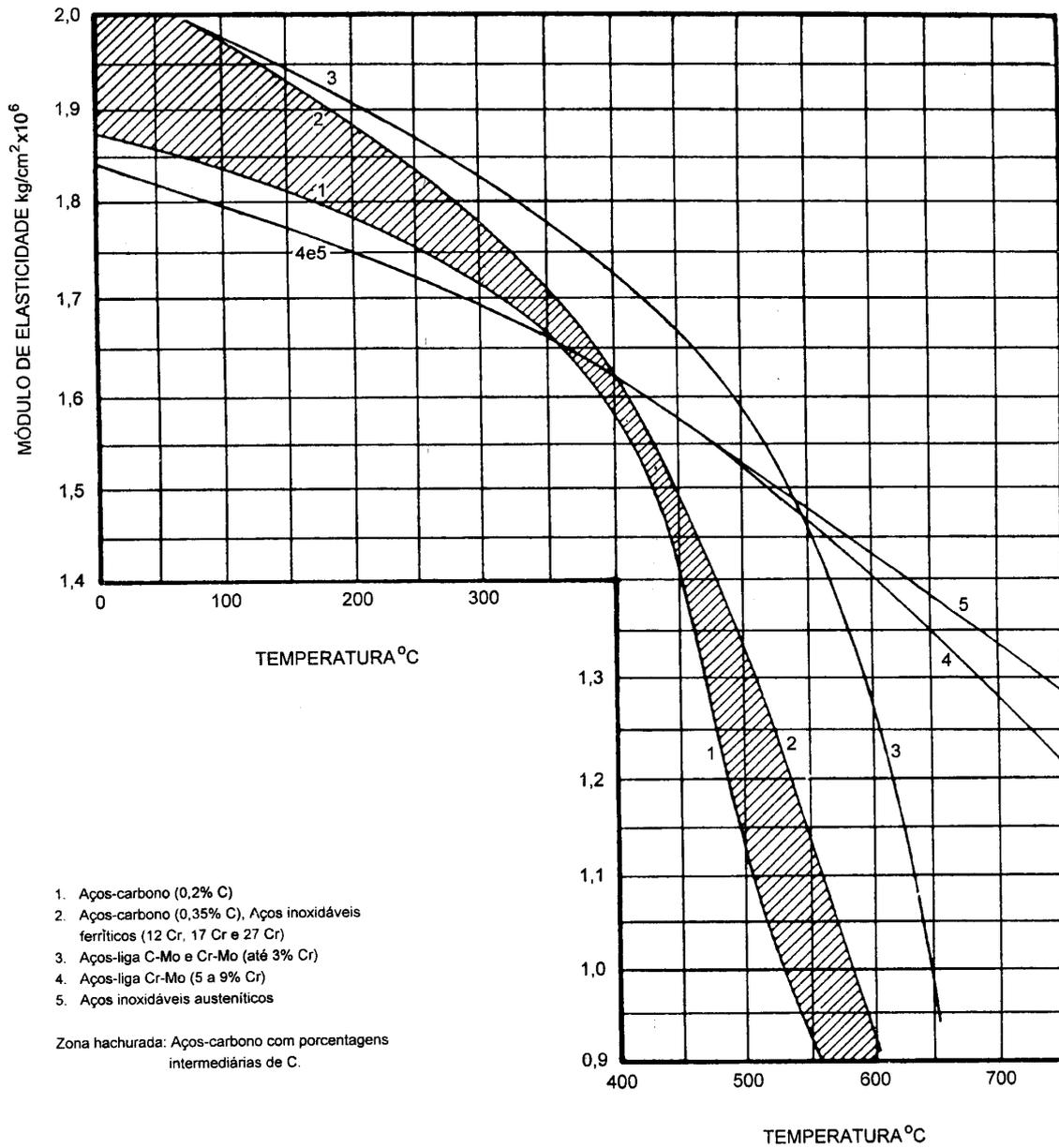
Especificação de material e grau (De acordo com ASTM ou API)	Tensões admissíveis	
	kg/cm <sup>2</sup>	MPa
A - 53 Gr A, A - 106 Gr A, API - 5L Gr A	1.519	148,9
A - 53 Gr B, A - 106 Gr B, API - 5L Gr B	1.772	173,8
API - 5LX Gr X42	2.127	208,6
API - 5LX Gr X46	2.327	228,2
API - 5LX Gr X52	2.633	258,2
API - 5LX Gr X56	2.833	277,8
API - 5LX Gr X60	3.037	297,8
API - 5LX Gr X65	3.290	322,6
API - 5LX Gr X70	3.544	347,5

- Notas:
- Essas tensões admissíveis aplicam-se aos tubos sem costura e aos tubos com costura obtidos por solda de resistência elétrica ou por solda de arco protegido.
  - Para os tubos com costura as tensões admissíveis já contém o fator de eficiência de solda, e portanto podem ser empregados diretamente nos cálculos.
  - Essas tensões admissíveis só podem ser empregados para temperatura até 120° C.

ANEXO 4 – Livro de Tabelas (pág. 94)

Folha 5 de 5

MÓDULO DE ELASTICIDADE DOS METAIS



# *AULA 10*

*Volume II do Livro Texto*

## **CONTEÚDO:**

- *Capítulo 4*

*Dilatação Térmica e Flexibilidade das Tubulações.*

- *Capítulo 5*

*Cálculo da Flexibilidade pelo Método da Viga em Balanço Guiada.*

## DILATAÇÃO TÉRMICA E FLEXIBILIDADE DAS TUBULAÇÕES

### 1 – Tensões Internas e Reações Provenientes da Dilatação Térmica

Supondo um tubo reto fixado nos dois extremos. Se ele sofrer um aumento de temperatura, como ele não pode dilatar, exercerá um empuxo sobre os pontos de fixação.

O valor deste empuxo será equivalente à força de compressão, capaz de comprimir um tubo de comprimento igual.

Pela expressão da Lei de Hooke, teremos:

$$\frac{P/A}{\delta/L} = E \quad \text{Onde:}$$

$P$  = Empuxo sobre os pontos de fixação  
 $A$  = Área de material da seção transversal do tubo  
 $\delta$  = Dilatação livre do tubo  
 $L$  = Comprimento do tubo  
 $E$  = Módulo de elasticidade do material

$P/A = S$  → Tensão interna

$\delta/L = e$  → Dilatação unitária que é função : →  $\Delta T$   
Material

Das relações acima, tem-se:

$S/e = E$ ,      ou       $S = Ee$       e também que:  $P = AS$

#### Exemplo

Tubo de aço carbono Ø 10" série 40, sendo aquecido de 0°C a 100°C

Para  $\Delta T$  de 100°C, temos:

$e = 1,083 \text{ mm/m}$ , ou       $e = 0,001083 \text{ mm/mm}$   
 $E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$

Como  $S = Ee$        $S = 200000 \text{ MPa} \times 0,001083 \text{ mm/mm}$        $S = 216,6 \text{ MPa}$       ou  
 $S \cong 2166 \text{ Kgf/cm}^2$

Sendo  $76,8 \text{ cm}^2$  o valor de  $A$ , temos:  
 $P = AS$        $P = 76,8 \text{ cm}^2 \times 2166 \text{ Kgf/cm}^2$        $P = 166132 \text{ Kgf}$   
 $P = 166 \text{ T}$

**NOTA :** A DILATAÇÃO UNITÁRIA DO AÇO CARBONO E DE OUTROS AÇOS FERRÍTICOS (*inclusive o inox.*) PODE SER TOMADA APROXIMADAMENTE COMO SENDO DE 1mm PARA CADA METRO DE COMPRIMENTO E A CADA 100°C ATÉ O LIMITE DE 500°C.  
 ASSIM UMA TUBULAÇÃO DE 30 m DE COMPRIMENTO A 400°C SOFRERÁ UMA DILATAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 120 mm.

## 2 – Meios de Controlar a Dilatação Térmica

1. Trajeto da tubulação afastando-se da linha reta.
2. Uso de elementos deformáveis intercalados na tubulação.
3. Pretensionamento

## 3 – Flexibilidade das Tubulações

A FLEXIBILIDADE DE UMA TUBULAÇÃO É DEFINIDA PELA SUA CAPACIDADE DE ABSORVER AS DILATAÇÕES TÉRMICAS POR MEIO DE SIMPLES DEFORMAÇÕES NOS SEUS DIVERSOS TRECHOS.

*Diz-se que uma tubulação é tanto mais flexível quanto menores forem as tensões provenientes dessas deformações.*

UMA TUBULAÇÃO TÊM FLEXIBILIDADE QUANDO AS TENSÕES RESULTANTES DAS DILATAÇÕES TÉRMICAS FOREM MENORES QUE OS VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS.

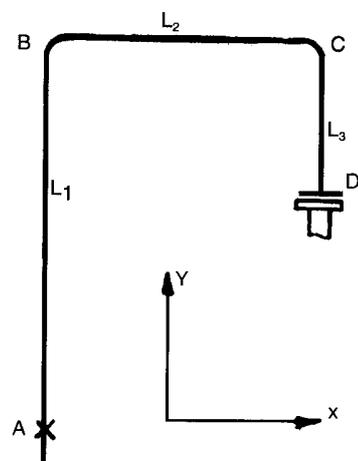
PARA QUALQUER TUBULAÇÃO, A FLEXIBILIDADE SERÁ TANTO MAIOR QUANTO MENOR FOR O MOMENTO DE INÉRCIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO TUBO.  
(Quanto menores forem o diâmetro e a espessura de parede do tubo)

## 4 – Movimentos de Pontos Extremos de uma Tubulação

OS MOVIMENTOS DOS PONTOS EXTREMOS PODEM AGRAVAR OU ATENUAR O EFEITO DA DILATAÇÃO TÉRMICA  
(É preciso analisar o efeito causado pelo movimento do bocal do equipamento juntamente com o cálculo das tensões resultantes)

No desenho ao lado, onde  $L_1$  é maior que  $L_3$ , em relação ao deslocamento do ponto **D**, temos:

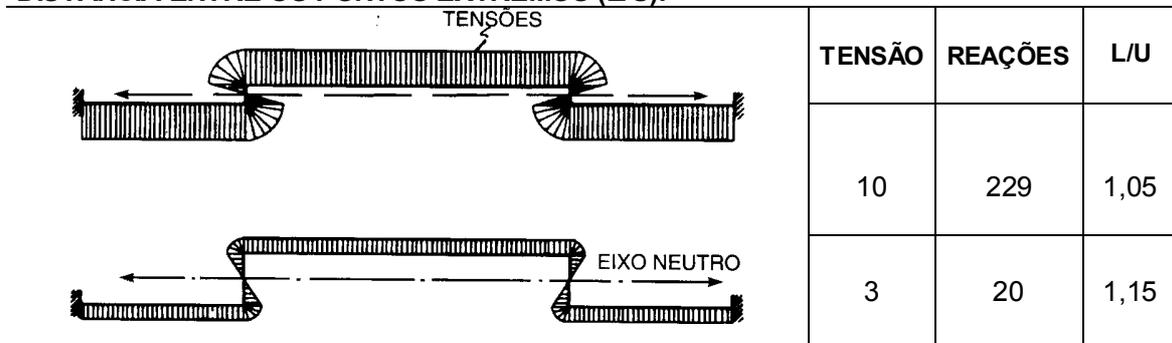
- Se o ponto **D** mover-se para cima, o seu deslocamento deverá ser subtraído da dilatação total na direção **y**.
- Se, pelo contrário, o ponto **D** mover-se para baixo, o valor desse deslocamento deverá ser somado à dilatação na direção de **y**.



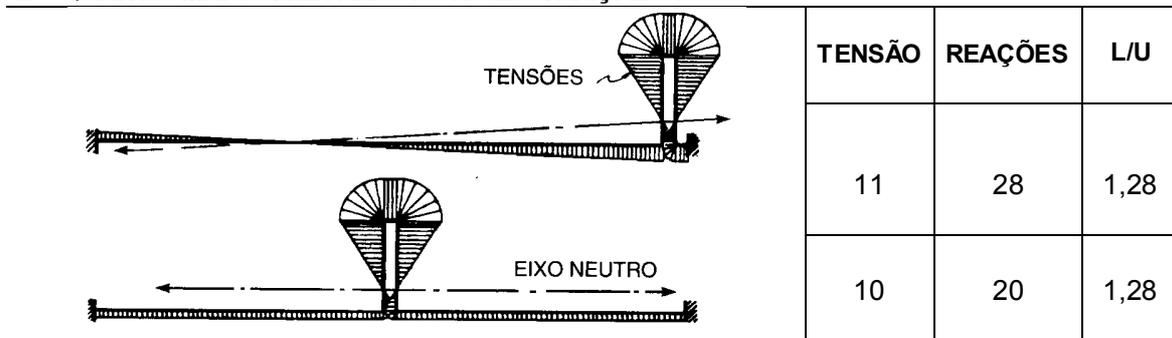
5 – Influência do Traçado na Flexibilidade das Tubulações

(Uma tubulação será mais flexível)

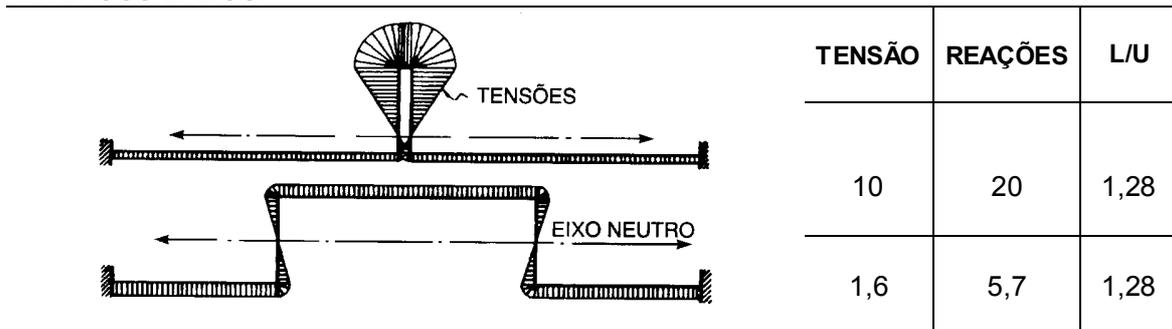
1 - QUANTO MAIOR FOR SEU COMPRIMENTO DESENVOLVIDO EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA ENTRE OS PONTOS EXTREMOS (L/U).



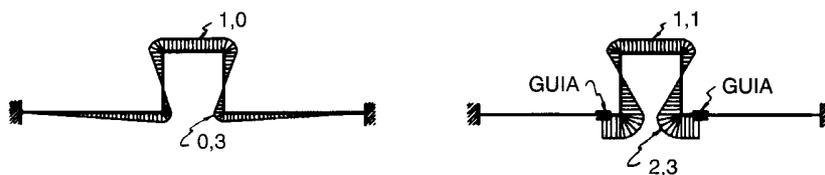
2 - QUANTO MAIS SIMÉTRICO FOR SEU TRAÇADO.



3 - QUANTO MENORES FOREM AS DESPROPORÇÕES ENTRE OS SEUS DIVERSOS LADOS.



4 – QUANTO MAIOR LIBERDADE HOUVER DE MOVIMENTOS



## 6 – Cálculo de Flexibilidade

É O CÁLCULO DAS TENSÕES INTERNAS E DAS REAÇÕES NOS PONTOS COM RESTRIÇÃO DE MOVIMENTOS, PROVENIENTES DAS DILATAÇÕES TÉRMICAS.

O CÁLCULO É FEITO SEPARADAMENTE PARA CADA TRECHO DE TUBULAÇÃO ENTRE DOIS PONTOS DE ANCORAGEM.

## 7 – Casos de Dispensa do Cálculo de Flexibilidade

1. Quando a tubulação for duplicata exata de outra já calculada ou existente
2. Quando a tubulação for semelhante e com condições mais favoráveis de flexibilidade. *(Por exemplo, uma tubulação de mesmo traçado geométrico de outra de maior diâmetro e de mesma temperatura, ou de outra de mesmo diâmetro com temperatura mais elevada.)*
3. Tubulações trabalhando em temperatura ambiente, não expostas ao sol e não sujeitas a lavagem com vapor.
4. Tubulações enterradas.

## 8 – Verificação e Melhoria da Flexibilidade das Tubulações

O CÁLCULO DA FLEXIBILIDADE É UM MÉTODO DE VERIFICAÇÃO E NÃO DE DIMENSIONAMENTO DIRETO, OU SEJA, DESENHA-SE UMA DETERMINADA CONFIGURAÇÃO E, EM SEGUIDA, VERIFICA-SE A FLEXIBILIDADE.

**Se as tensões ou as reações estiverem acima dos valores admissíveis, duas soluções podem ser tentadas, na seguinte ordem de preferência:**

1. SUPRIMIR OS DISPOSITIVOS DE RESTRIÇÃO DE MOVIMENTO QUE PUDEM SER DISPENSADOS, E/OU MODIFICAR O TIPO OU A LOCALIZAÇÃO DESTES DISPOSITIVOS.
2. ALTERAR A CONFIGURAÇÃO POR OUTRA MAIS FLEXÍVEL.

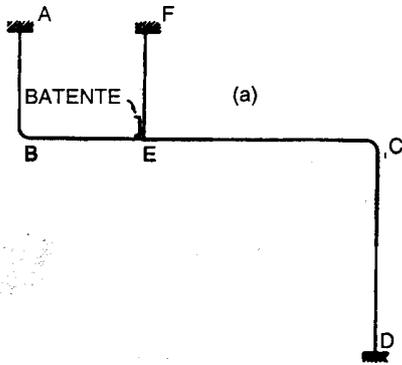
### EXEMPLOS DA SOLUÇÃO 1:

- Suprimir os dispositivos de restrição que não sejam realmente indispensáveis.
- Substituir uma ancoragem por uma guia ou um batente.
- Modificar a posição de uma ancoragem, uma guia ou um batente.
- Substituir um suporte móvel por um suporte fixo.

### EXEMPLOS DA SOLUÇÃO 2:

- Diminuir as desproporções entre os diversos lados.
- Melhorar a simetria do traçado.
- Aumentar o comprimento total da tubulação.

9 – Exemplos de Alguns Casos Particulares de Traçado



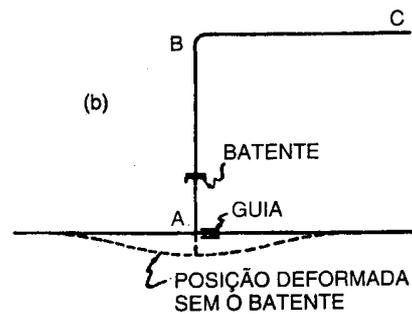
NOS TRECHOS CURTOS DE TUBOS, PODEM OCORRER TENSÕES EXCESSIVAS, MESMO QUANDO EXISTE FLEXIBILIDADE NA TUBULAÇÃO

Na figura ao lado, o trecho CD é bastante grande para absorver a dilatação do trecho BC. Entretanto, nos trechos AB e FE, em função da dilatação do trecho BC, podem ocorrer tensões excessivas conseqüentes do deslocamento para esquerda dos pontos B e E.

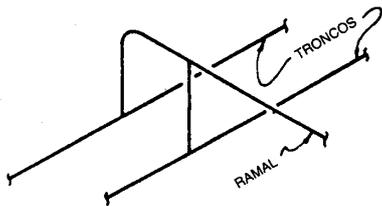
A solução para o caso poderá ser a colocação de um batente ao ponto E, para impedir o deslocamento do tubo para a esquerda.

NAS TUBULAÇÕES COM RAMAIS LONGOS PODEM OCORRER TENSÕES EXCESSIVAS CAUSADA PELA FLEXÃO DA LINHA DEVIDO A DILATAÇÃO DO RAMAL.

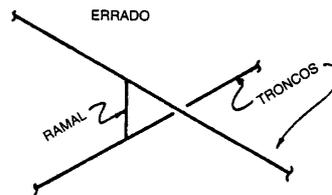
Na figura ao lado, mesmo que o trecho BC tenha comprimento para absorver a dilatação do trecho AB, poderá haver uma flexão exagerada da linha tronco. A solução pode ser a colocação de uma guia próxima do ponto A ou de um batente conforme indicado no desenho.



ERRADO

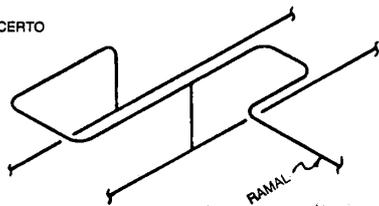


ERRADO

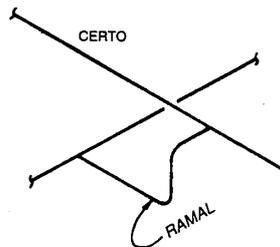


NOS RAMAIS LIGADOS A DUAS LINHAS TRONCOS É PRECISO TER CUIDADO COM A DILATAÇÃO DIFERENCIAL DAS LINHAS TRONCO.

CERTO



CERTO

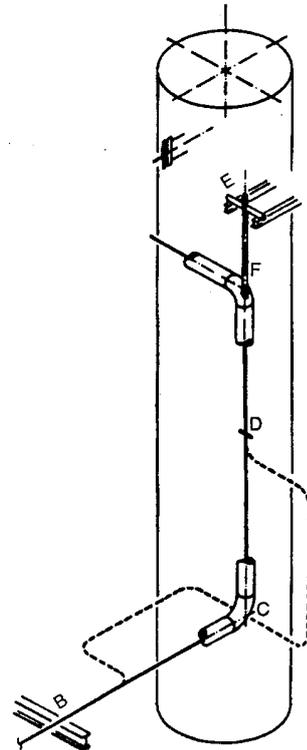


A figura ao lado mostra as modificações de traçado para melhorar a flexibilidade

LINHAS VERTICAIS AO LONGO DE VASOS EM TEMPERATURA ELEVADA.

**NA FIGURA AO LADO:**

- Se a altura do bocal não for muito grande, de forma que o peso da linha possa ficar sobre o bocal, a solução mais simples será ter um trecho horizontal BC capaz de absorver, por flexão, a dilatação do trecho vertical.
- Se o trecho BC precisar ser muito grande, ocasionando um peso excessivo no bocal, pode ser colocado um suporte de molas no ponto C.
- Se os pesos forem ainda maiores, poderá ser necessário colocar outros suportes de molas, no ponto D, por exemplo.
- Para dilatações maiores, conservando-se a posição do ponto B, pode ser dada maior flexibilidade modificando o traçado do trecho horizontal e/ou do trecho vertical, como mostram as linhas tracejadas da figura.
- No caso anterior, será preferível colocar uma ancoragem intermediária no próprio vaso ( próximo ao ponto C) para isolar os dois trechos, e fazer as curvas de expansão trabalharem independentemente.
- Se o peso total da tubulação não for muito grande, de forma a poder ser suportado por um único ponto, uma solução simples consistirá em colocar um suporte fixo, no ponto E, por exemplo.



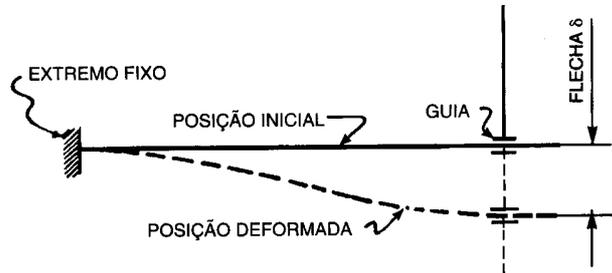
## CÁLCULO DA FLEXIBILIDADE PELO MÉTODO DA VIGA EM BALANÇO GUIADA

O MÉTODO DA VIGA EM BALANÇO GUIADA É APROXIMADO QUE PODE SER APLICADO PARA QUAISQUER CONFIGURAÇÕES, PLANAS OU ESPACIAIS, QUE SATISFAÇAM A TODAS AS SEGUINTESS CONDIÇÕES:

1. Todos os lados sejam retos e paralelos a uma das três direções ortogonais.
2. Todos os lados façam ângulos retos entre si.
3. Todos os lados sejam constituídos por tubos de mesmo material e mesmo momento de inércia (*Mesmo diâmetro e mesma espessura de parede*).
4. O sistema tenha somente dois pontos de fixação, situados em seus extremos, e nenhuma restrição intermediária.

### 1 – Hipóteses Simplificativas:

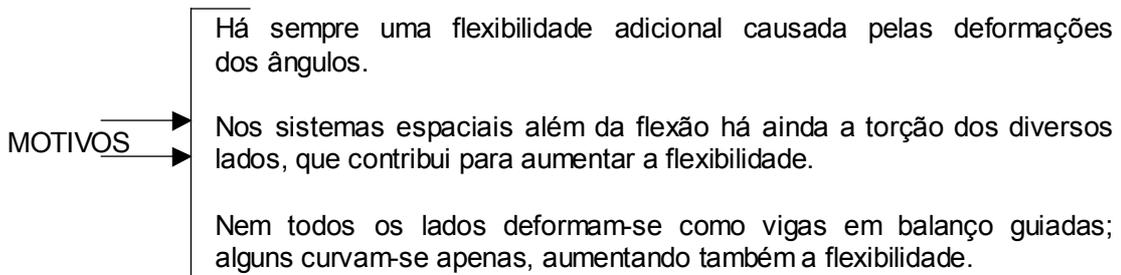
1. Todos os lados se deformam sem que haja deformações ou rotações nos ângulos, que permanecem retos com os lados paralelos. Isto é, os lados se deformam como se fossem vigas em balanço com os extremos guiados.



2. A dilatação total que se dá em cada uma das direções ortogonais, isto é a soma das dilatações dos lados paralelos a essa direção, é integralmente absorvida pela flexão dos lados paralelos às outras duas direções ortogonais.
3. Não são levadas em consideração as torções que se dão nos diversos lados de uma configuração tridimensional.

### 2 – Resultados do Método da Viga em Balanço Guiada

OS RESULTADOS OBTIDOS SÃO EM GERAL CONSERVATIVOS  
(Os valores obtidos são em geral superiores aos valores efetivos)

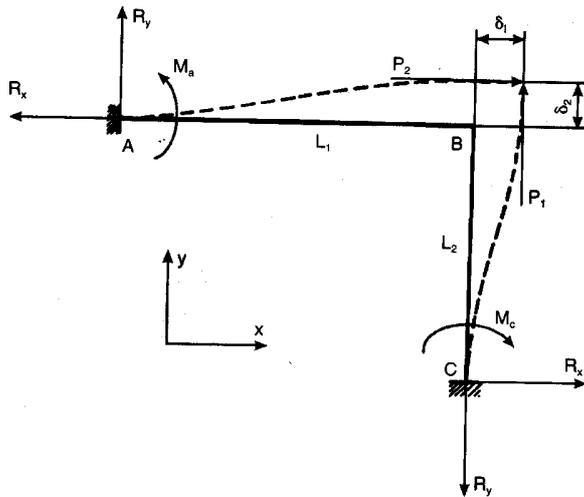


### 3 – Configuração Simples em L

CONSIDERANDO UMA TUBULAÇÃO EM L SIMPLES, ANCORADA NOS DOIS EXTREMOS.

COMO É SUPOSTO QUE NÃO EXISTE DEFORMAÇÃO NOS ÂNGULOS, A DILATAÇÃO DE UM LADO VAI PRODUZIR UMA FLEXÃO NO OUTRO LADO, CUJA FLECHA SERÁ A REFERIDA DILATAÇÃO.

(A flecha que cada lado é capaz de suportar é proporcional ao cubo de seu comprimento; assim, aumentando-se o comprimento em 10% a sua flexibilidade é aumentada em 33%)



Assim, a flecha a que o lado  $L_1$  estará submetido será a dilatação  $\delta_2$  do lado  $L_2$  e vice-versa.

A expressão da flecha em uma viga em balanço com o extremo guiado é:

$$\delta = \frac{PL^3}{12EI} \quad (1)$$

Onde:

$P$  = força aplicada no extremo da viga

$L$  = comprimento do lado

$E$  = módulo de elasticidade do material

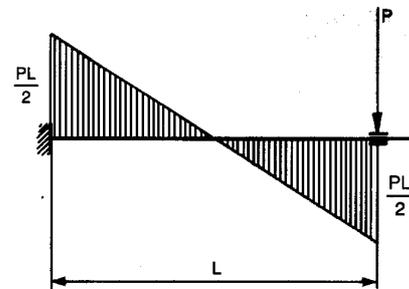
$I$  = momento de inércia do tubo

Do diagrama dos momentos mostrado na figura ao lado, temos que:

$$M = \frac{PL}{2} \quad (2)$$

Onde:

$M$  = momento fletor máximo



PARA TUBOS, SENDO  $J$  O MÓDULO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO E  $M$  O MOMENTO FLETOR, A TENSÃO  $S$  NA FIBRA EXTERNA DO MATERIAL SERÁ:

$$S = \frac{M}{J} \quad \text{e} \quad J = \frac{I}{\frac{D}{2}} ; \text{daí temos: } S = \frac{MD}{2I} \quad (3) \quad \text{e} \quad M = \frac{2SI}{D} \quad (4)$$

AJEITANDO (1) PARA CONTER (2) E (4), TEMOS:

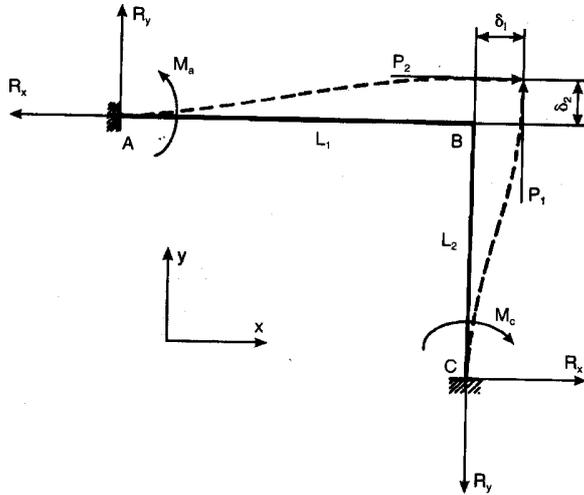
$$\delta = \frac{PL^3}{12EI} = \frac{\frac{PL}{2}L^2}{6EI} = \frac{ML^2}{6EI} = \frac{2SIL^2}{6EID} \longrightarrow \delta = \frac{SL^2}{3ED} \quad (5) \quad \text{OU} \quad S = \frac{3ED\delta}{L^2} \quad (6)$$

A EQUAÇÃO (6) DETERMINA A TENSÃO MÁXIMA  $S$  EM UM LADO DE COMPRIMENTO  $L$ , QUANDO SUBMETIDO À UMA FLECHA  $\delta$

COMO A NORMA ANSI/ASME B.31 ESTABELECE QUE OS CÁLCULOS DAS TENSÕES SEJA FEITO COM O MÓDULO DE ELASTICIDADE CORRESPONDENTE À TEMPERATURA MÍNIMA DO CICLO TÉRMICO, TEMOS:

$$S = \frac{3E_c D \delta}{L^2} \quad (6)$$

As tensões máximas  $S_1$  e  $S_2$  nos dois lados  $L_1$  e  $L_2$  serão:



$$S_1 = \frac{3E_c D \delta_2}{L_1^2} \quad S_2 = \frac{3E_c D \delta_1}{L_2^2}$$

Onde as dilatações  $\delta_1$  e  $\delta_2$  serão:

$$\delta_1 = eL_1 \quad \delta_2 = eL_2$$

em que  $e$  é o coeficiente de dilatação unitária do material para a variação de temperatura em questão.

Portanto:

$$S_1 = \frac{3E_c D e L_2}{L_1^2} \quad S_2 = \frac{3E_c D e L_1}{L_2^2}$$

Fazendo  $3E_c D e = K$ , temos:

$$S_1 = \frac{KL_2}{L_1^2} \quad S_2 = \frac{KL_1}{L_2^2}$$

A CONSTANTE  $K$  TEM OS SEGUINTE VALORES PRÁTICOS:

$$K = \frac{3E_c D e}{10^6} \quad \text{para} \quad \begin{array}{l} S \text{ e } E_c \text{ em MPa} \\ L \text{ em m} \end{array} \quad \begin{array}{l} D \text{ e } \delta \text{ em mm} \\ e \text{ em mm/m} \end{array}$$

$$K = \frac{3E_c D e}{10^4} \quad \text{para} \quad \begin{array}{l} S \text{ e } E_c \text{ em Kgf/cm}^2 \\ L \text{ em m} \end{array} \quad \begin{array}{l} D \text{ e } \delta \text{ em mm} \\ e \text{ em mm/m} \end{array}$$

$$K = \frac{E_c D e}{48} \quad \text{para} \quad \begin{array}{l} S \text{ e } E_c \text{ em psi} \\ L \text{ em pés} \end{array} \quad \begin{array}{l} D \text{ e } \delta \text{ em pol.} \\ e \text{ em pol./pés} \end{array}$$

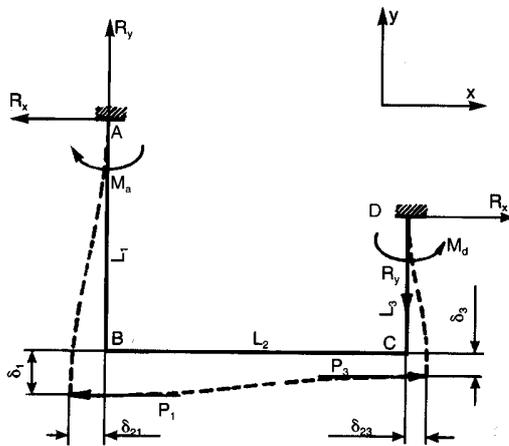
AS REAÇÕES  $R_x = |P_2|$  QUE ESTÁ FLETINDO O LADO  $L_2$  E  $R_y = |P_1|$  QUE ESTÁ FLETINDO O LADO  $L_1$ .

Dá equação (2), temos que  $P = \frac{2M}{L}$ , então  $R_x = P_2 = \frac{2M_c}{L_2}$  e  $R_y = P_1 = \frac{2M_a}{L_1}$

DA EQUAÇÃO (4) TEMOS QUE OS MOMENTOS DE REAÇÃO SERÃO:

$M_a = \frac{2IS_1}{D} \frac{E_h}{E_c}$	Fazendo $\frac{2I}{D} \frac{E_h}{E_c} = C$	$M_a = CS_1$	$C = \frac{20I}{D} \frac{E_h}{E_c}$	para	$M \text{ em m.N}$ $R \text{ em N}$ $I \text{ em cm}^4$
$M_c = \frac{2IS_2}{D} \frac{E_h}{E_c}$		$M_c = CS_2$	$C = \frac{I}{6D} \frac{E_h}{E_c}$		$M \text{ em m.Kgf}$ $R \text{ em Kgf}$ $I \text{ em cm}^4$
A norma ANSI B.31 Fixa o cálculo das reações com $E_c$					$M \text{ em pé.lbf}$ $R \text{ em lbf}$ $I \text{ em pol.}^4$

4 – Configuração em U



FLECHAS:

Lado  $L_1 = \delta_{21}$

Lado  $L_2 = \delta_1 - \delta_3 \Rightarrow e(L_1 - L_3)$

Lado  $L_3 = \delta_{23}$

ONDE:

$\delta_{21} + \delta_{23} = \delta_2$  E  $\delta_2 = eL_2$

(A distribuição da dilatação  $\delta_2$  se fará de acordo com a flexibilidade do lado, que é proporcional ao cubo de seu comprimento)

ASSIM:  $\frac{\delta_{21}}{\delta_{23}} = \frac{L_1^3}{L_3^3}$  (7)

DA EXPRESSÃO (7) TIRA-SE SUCESSIVAMENTE:

$\frac{\delta_{21} + \delta_{23}}{\delta_{21}} = \frac{L_1^3 + L_3^3}{L_1^3} \Rightarrow \frac{\delta_2}{\delta_{21}} = \frac{L_1^3 + L_3^3}{L_1^3} \Rightarrow \delta_{21} = \delta_2 \frac{L_1^3}{L_1^3 + L_3^3} \Rightarrow \delta_{21} = eL_2 \frac{L_1^3}{L_1^3 + L_3^3}$  (8)

ANALOGAMENTE TEM-SE

$\delta_{23} = eL_2 \frac{L_3^3}{L_1^3 + L_3^3}$  (9)

(As expressões (8) e (9) dão a distribuição da dilatação do lado  $L_2$  sobre cada um dos lados  $L_1$  e  $L_3$ )

SUBSTITUINDO OS VALORES DAS FLECHAS NA EXPRESSÃO (6) TEM-SE AS TENSÕES MÁXIMAS EM CADA LADO:

Lado  $L_1 \longrightarrow S_1 = \frac{3E_c D \delta_{21}}{L_1^2} = \frac{3E_c D e L_2 L_1}{L_1^2 + L_3^2} = K \frac{L_2 L_1}{L_1^2 + L_3^2}$

Lado  $L_2 \longrightarrow S_2 = \frac{3E_c D (\delta_1 - \delta_3)}{L_2^2} = \frac{3E_c D e (L_1 - L_3)}{L_2^2} = K \frac{L_1 - L_3}{L_2^2}$

Lado  $L_3 \longrightarrow S_3 = \frac{3E_c D \delta_{23}}{L_3^2} = \frac{3E_c D e L_2 L_3}{L_1^2 + L_3^2} = K \frac{L_2 L_3}{L_1^2 + L_3^2}$

PARA QUE O SISTEMA TENHA FLEXIBILIDADE DEVE-SE TER AS TENSÕES MÁXIMAS INFERIORES À TENSÃO ADMISSÍVEL  $S_a$ .

CÁLCULO DOS MOMENTOS E FORÇAS DE REAÇÃO:

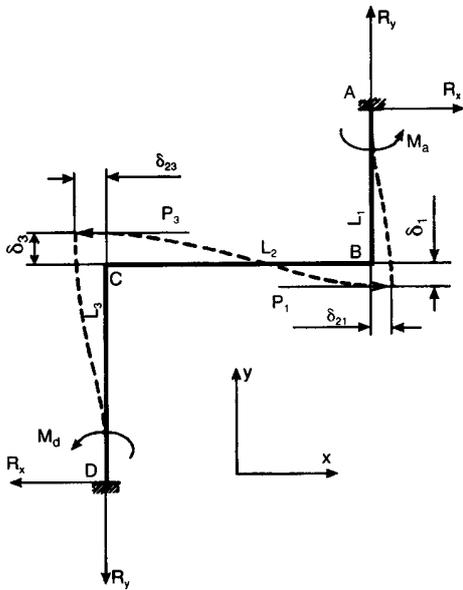
$M_a = \frac{2IS_1}{D} \frac{E_h}{E_c} = CS_1$	$R_{xa} = P_1 = \frac{2M_a}{L_1}$	$R_{xa} = R_{xd}$
$M_d = \frac{2IS_3}{D} \frac{E_h}{E_c} = CS_3$	$R_{xd} = P_3 = \frac{2M_d}{L_3}$	

As forças de reação  $R_y$  serão iguais, em valor absoluto, às forças que estão fletindo o lado  $L_2$

$\longrightarrow R_y = \frac{2CS_2}{L_2}$

5 – Configuração em Z

DE MANEIRA ANÁLOGA À CONFIGURAÇÃO EM “U” A DILATAÇÃO DO LADO  $L_2$  SERÁ DISTRIBUÍDA NOS LADOS  $L_1$  E  $L_3$  POREM, A FLECHA IMPOSTA AO LADO  $L_2$  É A SOMA DAS DILATAÇÕES DOS  $L_1$  E  $L_3$ :  $\delta_2 = \delta_1 + \delta_3$ .



AS TENSÕES MÁXIMAS DE CADA LADO SERÃO:

LADO  $L_1$   $S_1 = K \frac{L_2 L_1}{L_1^3 + L_3^3}$

LADO  $L_2$   $S_2 = K \frac{L_1 + L_3}{L_2^2}$

LADO  $L_3$   $S_3 = K \frac{L_2 L_3}{L_1^3 + L_3^3}$

MOMENTOS E REAÇÕES:

$M_a = CS_1$

$M_d = CS_3$

$R_x = \frac{2M_a}{L_1} = \frac{2M_d}{L_3}$

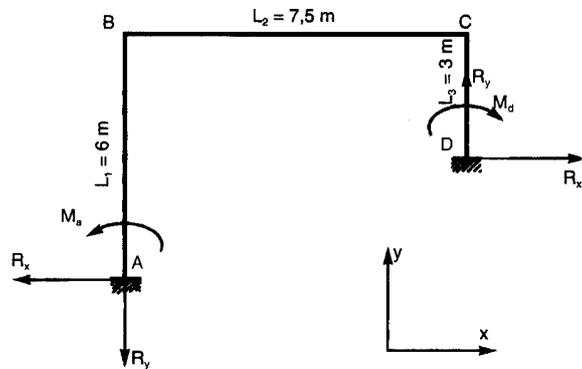
$R_y = \frac{2CS_2}{L_2}$

6 – Exemplo Numérico

VERIFICAR A FLEXIBILIDADE E CALCULAR AS REAÇÕES DA CONFIGURAÇÃO INDICADA AO LADO. (Considerar indústria química)

DADOS:

- Tubo: 6” série 40
- Material: Aço-carbono ASTM A-53 Gr.A
- Norma: ANSI/ASME B.31.3
- Temperatura de projeto: 360°C



DAS TABELAS APROPRIADAS TIRA-SE:

- Dilatação unitária:  $e = 4,6 \text{ mm/m}$  → ANEXO 1 DA AULA 10
- Módulo de Elasticidade: a 360 °C  $E_h = 1,74 \times 10^5 \text{ MPa}$   
a 40 °C  $E_c = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$  → ANEXO 5 DA AULA 9
- Diâmetro externo:  $D = 168,2 \text{ mm}$   
• Momento de inércia:  $I = 1170 \text{ cm}^4$  → ANEXO 1 DA AULA 1
- Tensão admissível: a 360 °C  $S_h = 99,3 \text{ MPa}$   
a 40 °C  $S_c = 110,3 \text{ MPa}$  → ANEXO 4 DA AULA 9

A TENSÃO ADMISSÍVEL SERÁ :

$$S_a = f(1,25S_c + 0,25S_h) \Rightarrow S_a = 1,0(1,25 \times 110,3 + 0,25 \times 99,3) = 162,7 \text{ MPa}$$

AS CONSTANTES PARA O CÁLCULO DAS TENSÕES E DAS REAÇÕES SERÃO:

$$K = \frac{3E_c D e}{10^6} \Rightarrow K = \frac{3 \times 2 \times 10^5 \times 168,2 \times 4,6}{10^6} = 464,2$$

$$C = \frac{20I}{D} \frac{E_h}{E_c} \Rightarrow C = \frac{20 \times 1170}{168,2} \frac{1,74 \times 10^5}{2 \times 10^5} = 121$$

### CÁLCULO DAS TENSÕES MÁXIMAS

$$\text{Lado } L_1 \quad \longrightarrow \quad S_1 = K \frac{L_2 L_1}{L_1^3 + L_3^3} = 464,2 \frac{7,5 \times 6}{6^3 + 3^3} = 85,9 \Rightarrow S_1 = 85,9 \text{ MPa}$$

$$\text{Lado } L_2 \quad \longrightarrow \quad S_2 = K \frac{L_1 - L_3}{L_2^2} = 464,2 \frac{6 - 3}{7,5^2} = 24,8 \Rightarrow S_2 = 24,8 \text{ MPa}$$

$$\text{Lado } L_3 \quad \longrightarrow \quad S_3 = K \frac{L_2 L_3}{L_1^3 + L_3^3} = 464,2 \frac{7,5 \times 3}{6^3 + 3^3} = 42,95 \Rightarrow S_3 = 42,95 \text{ MPa}$$

COMO TODAS AS TENSÕES MÁXIMAS SÃO INFERIORES À TENSÃO ADMISSÍVEL  $S_a$  SIGNIFICA QUE O SISTEMA TÊM FLEXIBILIDADE.

### CÁLCULO DOS MOMENTOS E FORÇAS DE REAÇÃO

$$M_a = CS_1 = 121,0 \times 85,9 = 10394 \Rightarrow M_a = 10.394 \text{ m.N}$$

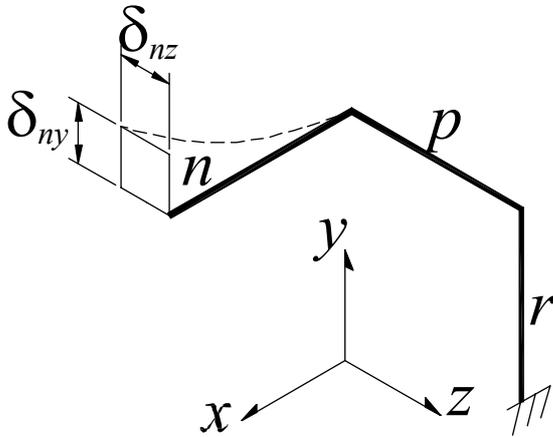
$$M_d = CS_3 = 121,0 \times 42,95 = 5197 \Rightarrow M_d = 5.197 \text{ m.N}$$

$$R_x = \frac{2M_a}{L_1} = \frac{2 \times 10.394}{6} = \frac{2M_d}{L_3} = \frac{2 \times 5197}{3} = 3465 \Rightarrow R_x = 3.465 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{2CS_2}{L_2} = \frac{2 \times 121,0 \times 24,8}{7,5} = 800 \Rightarrow R_y = 800 \text{ N}$$



7 – Caso Geral de Qualquer Configuração



CADA LADO DO SISTEMA ESTARÁ SUBMETIDO SIMULTANEAMENTE A DUAS FLEXÕES CUJAS FLECHAS SÃO PARALELAS ÀS DUAS DIREÇÕES ORTOGONAIS PERPENDICULARES À DIREÇÃO DO LADO CONSIDERADO.

ASSIM, UM LADO QUALQUER  $n$  PARALELO À DIREÇÃO  $x$ , ESTARÁ SUBMETIDO A DUAS FLECHAS, UMA  $\delta_{ny}$  NA DIREÇÃO  $y$  E UMA  $\delta_{nz}$  NA DIREÇÃO  $z$ .

AS FÓRMULAS QUE DÃO OS VALORES DAS FLECHAS SÃO:

LADO $n$	→	$\delta_{ny} = \frac{L_n^3 \Delta_y}{\sum L_x^3 + \sum L_z^3}$	e	$\delta_{nz} = \frac{L_n^3 \Delta_z}{\sum L_x^3 + \sum L_y^3}$
LADO $p$	→	$\delta_{px} = \frac{L_p^3 \Delta_x}{\sum L_y^3 + \sum L_z^3}$	e	$\delta_{py} = \frac{L_p^3 \Delta_y}{\sum L_x^3 + \sum L_z^3}$
LADO $r$	→	$\delta_{rx} = \frac{L_r^3 \Delta_x}{\sum L_y^3 + \sum L_z^3}$	e	$\delta_{rz} = \frac{L_r^3 \Delta_z}{\sum L_x^3 + \sum L_y^3}$

$$\begin{matrix} \sum L_x^3 \\ \sum L_y^3 \\ \sum L_z^3 \end{matrix}$$

CORRESPONDEM A VALORES ABSOLUTOS DOS SOMATÓRIOS DOS CUBOS DOS COMPRIMENTOS DE TODOS OS LADOS PARALELOS A CADA UMA DAS DIREÇÕES,  $x$ ,  $y$  E  $z$ , RESPECTIVAMENTE.

$$\begin{matrix} \Delta_x \\ \Delta_y \\ \Delta_z \end{matrix}$$

CORRESPONDEM AOS VALORES ABSOLUTOS DAS SOMAS ALGÉBRICAS DAS DILATAÇÕES LINEARES DOS LADOS PARALELOS A CADA UMA DAS DIREÇÕES,  $x$ ,  $y$  E  $z$ , COMBINADOS COM A SOMA ALGÉBRICA DOS MOVIMENTOS DOS PONTOS EXTREMOS NESSA MESMA DIREÇÃO, CASO EXISTAM.  
(A soma algébrica é feita comparando um sentido de fluxo com o sentido fixado pelas direções ortogonais)

SUBSTITUINDO OS VALORES DAS FLECHAS NA EXPRESSÃO (6), TEM-SE AS TENSÕES MÁXIMAS PARA CADA LADO:

$$\begin{array}{l}
 \text{LADO } n \longrightarrow \left[ \begin{array}{l}
 S_{ny} = \frac{3E_c D \delta_{ny}}{L_n^2} = \frac{3E_c D \Delta_y L_n}{\sum L_x^3 + \sum L_z^3} = K_y L_n \\
 S_{nz} = \frac{3E_c D \delta_{nz}}{L_n^2} = \frac{3E_c D \Delta_z L_n}{\sum L_x^3 + \sum L_y^3} = K_z L_n
 \end{array} \right. \\
 \\
 \text{LADO } p \longrightarrow \left[ \begin{array}{l}
 S_{py} = \frac{3E_c D \delta_{py}}{L_p^2} = \frac{3E_c D \Delta_y L_p}{\sum L_x^3 + \sum L_z^3} = K_y L_p \\
 S_{px} = \frac{3E_c D \delta_{px}}{L_p^2} = \frac{3E_c D \Delta_x L_p}{\sum L_y^3 + \sum L_z^3} = K_x L_p
 \end{array} \right. \\
 \\
 \text{LADO } r \longrightarrow \left[ \begin{array}{l}
 S_{rx} = \frac{3E_c D \delta_{rx}}{L_r^2} = \frac{3E_c D \Delta_x L_r}{\sum L_y^3 + \sum L_z^3} = K_x L_r \\
 S_{rz} = \frac{3E_c D \delta_{rz}}{L_r^2} = \frac{3E_c D \Delta_z L_r}{\sum L_x^3 + \sum L_y^3} = K_z L_r
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

ONDE:

$K_x = \frac{3E_c D \Delta_x}{\sum L_y^3 + \sum L_z^3}$	$K_y = \frac{3E_c D \Delta_y}{\sum L_x^3 + \sum L_z^3}$	$K_z = \frac{3E_c D \Delta_z}{\sum L_x^3 + \sum L_y^3}$
<i>Para utilizar as constantes acima é necessário fazer adequação das unidades, conforme demonstrado na folha 9 desta aula.</i>		

NA REALIDADE A TENSÃO MÁXIMA QUE ATUA EM CADA LADO SERÁ A RESULTANTE VETORIAL DAS DUAS TENSÕES ACIMA REFERIDA.

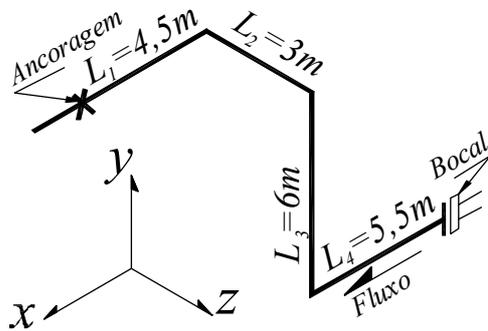
ASSIM, NO LADO  $n$  A TENSÃO RESULTANTE SERÁ:

$$S_n = \sqrt{S_{ny}^2 + S_{nz}^2}$$

NA PRÁTICA NÃO SE CALCULA A TENSÃO RESULTANTE PARA COMPENSAR O EFEITO DA TORÇÃO E DA FLEXIBILIDADE NAS MUDANÇAS DE DIREÇÃO DAS TUBULAÇÕES.

As fórmulas das configurações planas  $L$ ,  $U$  e  $Z$  são casos particulares das fórmulas acima

8 – Exemplo Numérico



Tubo: Ø 10 série 40  
 Material: Aço-carbono ASTM A-106 Gr. A  
 Norma: ANSI/ASME. B.31.3  
 Temperatura de projeto: 370°C

**Das tabelas tiramos:**

Dilatação unitária: 4,8 mm/m  
 Diâmetro externo: 273 mm  
 Módulo de elasticidade:  $E_c = 2 \times 10^5$  MPa  
 Tensões admissíveis:  $S_n = 99,3$  MPa  
 $S_c = 110,3$  MPa  
 $S_a = 162,7$  MPa

Podemos fazer o seguinte quadro:

Lado	Direção	Sentido	Comprimento L	$L^3$	Dilatação $\delta = eL$
$L_1$	x	+	4,5 m	91,1 m <sup>3</sup>	21,6 mm
$L_2$	z	-	3 m	27 m <sup>3</sup>	14,4 mm
$L_3$	y	+	6 m	216 m <sup>3</sup>	28,8 mm
$L_4$	x	+	5,5 m	166,4 m <sup>3</sup>	26,4 mm

Calculemos em seguida:

$$\sum L_x^3 = L_1^3 + L_4^3 = 91,1 + 166,4 = 257,5 m^3$$

$$\sum L_y^3 = L_3^3 = 216 m^3$$

$$\sum L_z^3 = L_2^3 = 27 m^3$$

Que resultará:

$$\sum L_x^3 + \sum L_y^3 = 473,5 m^3$$

$$\sum L_x^3 + \sum L_z^3 = 284,5 m^3$$

$$\sum L_y^3 + \sum L_z^3 = 243 m^3$$

Teremos para as dilatações totais:

$$\Delta x = 21,6 + 26,4 = 48 mm$$

$$\Delta y = 28,8 mm$$

$$\Delta z = 14,4 mm$$

Calculemos agora as constantes  $K_x, K_y, K_z$ :

$$K_x = \frac{3E_c D \Delta_x}{10^6 (\sum L_y^3 + \sum L_z^3)} \Rightarrow K_x = \frac{3 \times 2 \times 10^5 \times 273 \times 48}{10^6 \times 243} = 32,36 \frac{MPa}{m}$$

$$K_y = \frac{3E_c D \Delta_y}{10^6 (\sum L_x^3 + \sum L_z^3)} \Rightarrow K_y = \frac{3 \times 2 \times 10^5 \times 273 \times 28,8}{10^6 \times 284,5} = 16,58 \frac{MPa}{m}$$

$$K_z = \frac{3E_c D \Delta_z}{10^6 (\sum L_x^3 + \sum L_y^3)} \Rightarrow K_z = \frac{3 \times 2 \times 10^5 \times 273 \times 14,4}{10^6 \times 473,5} = 4,98 \frac{MPa}{m}$$

As tensões máximas serão então:

$$\text{Lado } L_1: \quad S_{1y} = K_y L_1 = 16,58 \frac{\text{MPa}}{\text{m}} \times 4,5\text{m} = 74,61\text{MPa}$$

$$S_{1z} = K_z L_1 = 4,98 \frac{\text{MPa}}{\text{m}} \times 4,5\text{m} = 22,41\text{MPa}$$

$$\text{Lado } L_2: \quad S_{2x} = K_x L_2 = 32,36 \frac{\text{MPa}}{\text{m}} \times 3\text{m} = 97,08\text{MPa}$$

$$S_{2y} = K_y L_2 = 16,58 \frac{\text{MPa}}{\text{m}} \times 3\text{m} = 49,74\text{MPa}$$

$$\text{Lado } L_3: \quad S_{3x} = K_x L_3 = 32,36 \frac{\text{MPa}}{\text{m}} \times 6\text{m} = 194,16\text{MPa}$$

$$S_{3z} = K_z L_3 = 4,98 \frac{\text{MPa}}{\text{m}} \times 6\text{m} = 29,88\text{MPa}$$

$$\text{Lado } L_4: \quad S_{4y} = K_y L_4 = 16,58 \frac{\text{MPa}}{\text{m}} \times 5,5\text{m} = 91,19\text{MPa}$$

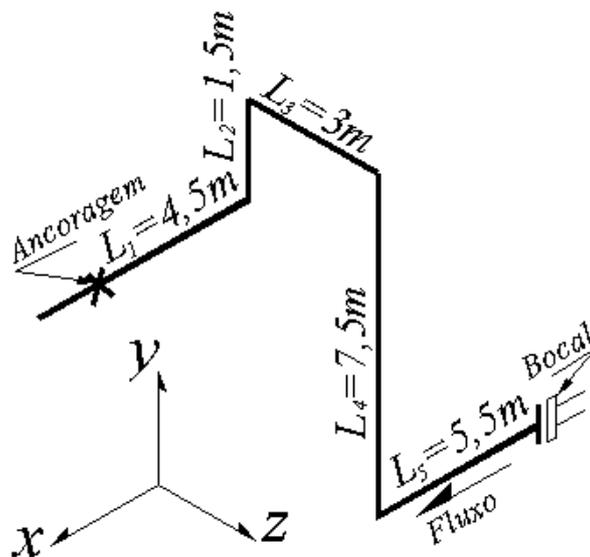
$$S_{4z} = K_z L_4 = 4,98 \frac{\text{MPa}}{\text{m}} \times 5,5\text{m} = 27,39\text{MPa}$$

Comparando os resultados acima com o valor da tensão admissível  $S_a$ , vemos que a tensão  $S_{3x}$  está superior a  $S_a$ . Isto significa que o lado  $L_3$  está sendo submetido a um esforço acima do admissível e que a configuração não tem flexibilidade.

NA PRÁTICA, NÃO HÁ NECESSIDADE DE SE CALCULAR  
TODAS AS TENSÕES MÁXIMAS;  
BASTA CALCULAR PARA CADA LADO A MAIOR TENSÃO,  
QUE SERÁ A CORRESPONDENTE AO MAIOR DOS DOIS VALORES DE  $K$   
RELATIVOS AO LADO EM QUESTÃO.

Modificando a configuração como mostrado na figura ao lado, temos um aumento do comprimento desenvolvido de 19 m para 22 m.

Repetindo os cálculos feitos, teremos:



Lado	Direção	Sentido	Comprimento L	L <sup>3</sup>	Dilatação δ = eL
L <sub>1</sub>	x	+	4,5 m	91,1 m <sup>3</sup>	21,6 mm
L <sub>2</sub>	y	-	1,5 m	3,4 m <sup>3</sup>	7,2 mm
L <sub>3</sub>	z	-	3 m	27 m <sup>3</sup>	14,4 mm
L <sub>4</sub>	y	+	7,5 m	421,8 m <sup>3</sup>	36 mm
L <sub>5</sub>	x	+	5,5 m	166,4 m <sup>3</sup>	26,4 mm

Calculemos em seguida:

$$\sum L_x^3 = L_1^3 + L_5^3 = 91,1 + 166,4 = 257,5 m^3$$

$$\sum L_y^3 = L_2^3 + L_4^3 = 3,4 + 421,8 = 425,2 m^3$$

$$\sum L_z^3 = L_3^3 = 27 m^3$$

Que resultará:

$$\sum L_x^3 + \sum L_y^3 = 682,7 m^3$$

$$\sum L_x^3 + \sum L_z^3 = 284,5 m^3$$

$$\sum L_y^3 + \sum L_z^3 = 452,2 m^3$$

Teremos para as dilatações totais:

$$\Delta x = 21,6 + 26,4 = 48 mm$$

$$\Delta y = -7,2 + 36 = 28,8 mm$$

$$\Delta z = 14,4 mm$$

$$K_x = \frac{3E_c D A_x}{10^6 (\sum L_y^3 + \sum L_z^3)} \Rightarrow K_x = \frac{3 \times 2 \times 10^5 \times 273 \times 48}{10^6 \times 452,2} = 17,39 \frac{MPa}{m}$$

$$K_y = \frac{3E_c D A_y}{10^6 (\sum L_x^3 + \sum L_z^3)} \Rightarrow K_y = \frac{3 \times 2 \times 10^5 \times 273 \times 28,8}{10^6 \times 284,5} = 16,58 \frac{MPa}{m}$$

$$K_z = \frac{3E_c D A_z}{10^6 (\sum L_x^3 + \sum L_y^3)} \Rightarrow K_z = \frac{3 \times 2 \times 10^5 \times 273 \times 14,4}{10^6 \times 682,7} = 3,45 \frac{MPa}{m}$$

Calculando apenas a maior tensão para cada lado, teremos:

$$S_{1y} = K_y L_1 = 16,58 \frac{MPa}{m} \times 4,5 m = 74,6 MPa$$

$$S_{2x} = K_x L_2 = 17,39 \frac{MPa}{m} \times 1,5 m = 26,1 MPa$$

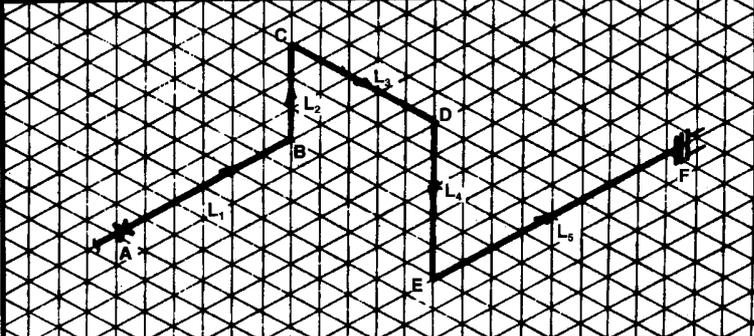
$$S_{3x} = K_x L_3 = 17,39 \frac{MPa}{m} \times 3 m = 52,2 MPa$$

$$S_{4x} = K_y L_2 = 17,39 \frac{MPa}{m} \times 7,5 m = 130,4 MPa$$

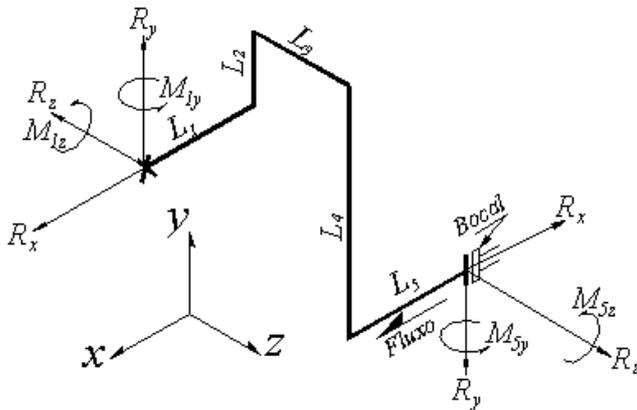
$$S_{5y} = K_x L_3 = 16,58 \frac{MPa}{m} \times 5,5 m = 91,2 MPa$$

Temos agora todas as tensões máximas inferiores 162,7 MPa que é o valor da tensão admissível S<sub>a</sub>, onde se conclui que a configuração tem flexibilidade.

O formulário abaixo mostra os cálculos da configuração anterior com os valores nas unidades do sistema inglês.

FLEXIBILIDADE DE UMA CONFIGURAÇÃO QUALQUER MÉTODO DA VIGA EM BALANÇO GUIADA (UNIDADES INGLESAS)						OBRA:	
						DES. Nº:	
						LINHA:	
						DATA:	REV.:
						POR:	
							
DIÂM. NOM. e ESPESS.	109" Série 40	DIÂM. EXT. (D)	10,75 pol	MOD. ELAST. a frio	$E_c = 29 \times 10^6$ psi		
MATERIAL	ASTM A 106 Gr. A	TENSÃO ADMISSÍVEL	22.915 psi	MOD. ELAST. a q*	$E_t = 21,5 \times 10^6$ psi		
TEMP. DE PROJETO	700 °F	$S_y = f(1,25 S_c + 0,25 S_u)$		$C = \frac{I}{6D} \frac{E_t}{E_c}$	$\frac{161}{6 \times 10,75} \times \frac{21,5}{29} = 1,85$		
DILAT. UNITÁRIA (e)	0,056 pol/pol	MOM. DE INÉRCIA (I)	161 pol <sup>4</sup>				
CÁLCULO DAS TENSÕES MÁXIMAS							
LADO	DIREÇÃO	SENTIDO	L (pés)	L <sup>3</sup>	DILATAÇÃO $\delta = eL$ (pol)	TENSÕES MÁXIMAS (psi)	
						$S = KL$	$S = KL$
L <sub>1</sub>	x	+	15	3.375	+ 0,84	$S_{1y} = K L_1 = 11.670$	$S_{1x} = K L_1 = 2.190$
L <sub>2</sub>	z	+	5	125	+ 0,28	$S_{2z} = K L_2 = 3.580$	
L <sub>3</sub>	y	+	10	1.000	+ 0,56	$S_{3y} = K L_3 = 7.160$	
L <sub>4</sub>	z	-	25	15.625	- 1,40	$S_{4z} = K L_4 = 17.900$	
L <sub>5</sub>	x	+	18	5.842	+ 1,01	$S_{5x} = K L_5 = 12.816$	$S_{5y} = K L_5 = 2.638$
L <sub>6</sub>	-						
L <sub>7</sub>	-						
L <sub>8</sub>	-						
			$\Delta_x = 0,84 + 1,01 = 1,85$	$\Delta_y = 0,56$	$\Delta_z = 1,40 - 0,28 = 1,12$		
			$\Sigma L_x^3 = 3.375 + 5.842 = 9.217$	$\Sigma L_y^3 = 1.000$	$\Sigma L_z^3 = 125 + 15.625 = 15.750$		
			$\Sigma L_x^3 + \Sigma L_y^3 = 10.217$	$\Sigma L_y^3 + \Sigma L_z^3 = 16.750$	$\Sigma L_z^3 + \Sigma L_x^3 = 24.967$		
			$K_x = \frac{E_c \cdot D \cdot \Delta_x}{48(\Sigma L_x^3 + \Sigma L_y^3)}$	$K_y = \frac{E_c \cdot D \cdot \Delta_y}{48(\Sigma L_y^3 + \Sigma L_z^3)}$	$K_z = \frac{E_c \cdot D \cdot \Delta_z}{48(\Sigma L_z^3 + \Sigma L_x^3)}$		
			$\frac{29 \times 10^6 \times 10,75 \times 1,85}{48 \times 16.750} = 716$	$\frac{29 \times 10^6 \times 10,75 \times 0,56}{48 \times 24.967} = 146$	$\frac{29 \times 10^6 \times 10,75 \times 1,12}{48 \times 10.217} = 712$		
CÁLCULO DAS REAÇÕES NOS EXTREMOS							
PONTOS EXTREMOS	MOMENTOS FLETORES (ft. lbs)		FORÇAS DE REAÇÃO (lbs.)		MOM. LADO ADJAC.	FORÇA DE REAÇÃO	
	M = CS	M = CS	R = 2M <sub>1</sub>	R = 2M <sub>1</sub>	M = CS	R = 2M <sub>1</sub>	
A	$M_{1y} = CS_{1y} = 21.589$	$M_{1x} = CS_{1x} = 4.051$	$R_{1y} = \frac{2M_{1y}}{L_1} = 540$	$R_{1x} = \frac{2M_{1x}}{L_1} = 2.878$	$M_{2y} = CS_{2y} = 6.623$	$R_{1z} = \frac{2M_{1z}}{L_2} = 2.649$	
q	$M_{5x} = CS_{5x} = 23.709$	$M_{5y} = CS_{5y} = 4.880$	$R_{5x} = \frac{2M_{5x}}{L_5} = 542$	$R_{5y} = \frac{2M_{5y}}{L_5} = 2.812$	$M_{6x} = CS_{6x} = 33.115$	$R_{5z} = \frac{2M_{5z}}{L_5} = 2.649$	

9 – Cálculo das Reações nos Extremos



Vamos utilizar o exemplo numérico resolvido anteriormente.

O CÁLCULO DAS REAÇÕES PELO MÉTODO DA VIGA EM BALANÇO GUIADA É MUITO GROSSEIRO, E DEVE SER UTILIZADO COMO UMA INDICAÇÃO APROXIMADA.

Os momentos de reação são calculados da mesma maneira já vista anteriormente, em função das tensões máximas desenvolvidas no primeiro e último lados.

Então:

$$\begin{aligned}
 M_{1y} &= \frac{2IS_{1z}}{D} \frac{E_h}{E_c} & M_{1y} &= CS_{1z} & C &= \frac{20I}{D} \frac{E_h}{E_c} \\
 M_{1z} &= \frac{2IS_{1y}}{D} \frac{E_h}{E_c} & M_{1z} &= CS_{1y} & \text{onde: para} & \\
 M_{2y} &= \frac{2IS_{2x}}{D} \frac{E_h}{E_c} & M_{2y} &= CS_{2x} & M \text{ em } m.N & \\
 & & & & R \text{ em } N & \\
 & & & & I \text{ em } cm^4 & \\
 & & & & \Rightarrow & \\
 & & & & R_y &= \frac{2M_{1z}}{L_1} \\
 & & & & R_z &= \frac{2M_{1y}}{L_1} \\
 & & & & R_x &= \frac{2M_{2y}}{L_2}
 \end{aligned}$$

Considerando os dados do exemplo numérico e as tabelas, tiramos:

Momento de Inércia:  $I = 6.692,9 \text{ cm}^4$

Módulo de Elasticidade a 370°C:  $E_h = 1,65 \times 10^5 \text{ MPa}$

$S_{1y} = 74,6 \text{ MPa}$  ;  $S_{1z} = 15,5 \text{ MPa}$  ;  $S_{2x} = 26,1 \text{ MPa}$

Teremos então:

$C = \frac{20 \times 6.692,9 \text{ cm}^4}{273 \text{ mm}} \frac{1,65 \times 10^5 \text{ MPa}}{2,0 \times 10^5 \text{ MPa}} = 404,5$	$M_{1y} = CS_{1z} = 404,5 \times 15,5 = 6270 \text{ m.N}$ $M_{1z} = CS_{1y} = 404,5 \times 74,6 = 30176 \text{ m.N}$ $M_{2y} = CS_{2x} = 404,5 \times 26,1 = 10557 \text{ m.N}$
--	---

$$R_y = \frac{2M_{1z}}{L_1} = \frac{2 \times 30176}{4,5} = 13412 \text{ N}$$

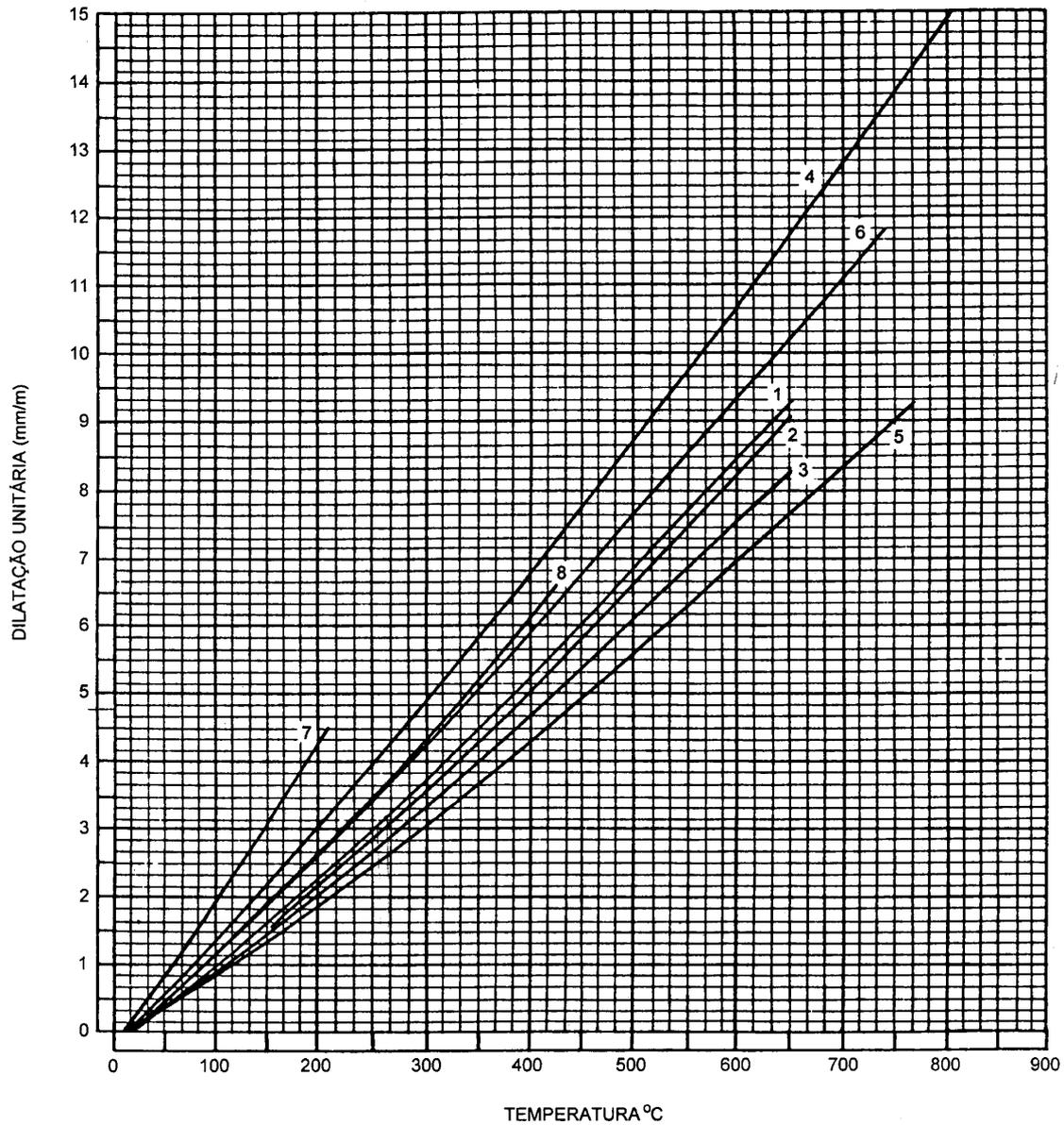
$$R_z = \frac{2M_{1y}}{L_1} = \frac{2 \times 6270}{4,5} = 2787 \text{ N}$$

$$R_x = \frac{2M_{2y}}{L_2} = \frac{2 \times 10557}{1,5} = 14076 \text{ N}$$

# AULA 10

Referente aos Capítulos 4 e 5 do Livro Texto - Vol. II

## DILATAÇÃO LINEAR UNITÁRIA DOS METAIS



## MATERIAIS:

- 1- AÇO CARBONO; AÇOS-LIGA C-1/2 Mo e 1/2 Cr-1/2Mo
- 2- AÇOS-LIGA 1 a 3 Cr-1/2 Mo
- 3- AÇOS-LIGA 4 a 10 Cr- 1/2 a 1 Mo
- 4- AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS 16 a 18 Cr-8 a 10 Ni
- 5- AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS 12, 17 E 27 Cr
- 6- COBRE
- 7- ALUMÍNIO
- 8- METAL MONEL

ANEXO 1 – Livro de Tabelas (pág. 95)

Folha 1 de 1